

Berechnung der Stickoxidemissionen auf der A12 nach HBEFA4.1 und Aktualisierung der Zukunftsszenarien 2020 - 2023

Dr. Jürg Thudium
Dr. Carine Chélala
06.05.2020 / 5846.00 V2

Oekoscience AG

Postfach 452
CH - 7001 Chur

Telefon: +4181 250 3310
Thudium@oekoscience.ch

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Berechnung der Stickoxid-Emissionen auf der A12 bei Vomp, der A10 bei Hallein und der schweizerischen A2 bei Reiden nach dem HBEFA4.1, 2009-2019	2
2.1. Verkehrsaufkommen	2
2.2. Euroklassenverteilung der SNF und Busse	4
2.3. Emissionsfaktoren (EFA) für NO _x und NO ₂	5
2.4. Verlauf der NO _x -Emissionen und -Immissionen bei Vomp A12 von 2009 bis 2019	8
2.5. Gegenüberstellung der NO _x -Emissionen und -Immissionen auf den Autobahnen A12, A10 und CH-A2 von 2009 bis 2019	9
2.6. Vergleich des Verlaufs der NO ₂ -Immissionen und -Emissionen	12
3. Effekt des HBEFA4.1 auf die Sonntagsabsenkung	14
4. Effekt des Lockdowns im März/April 2020 auf den A12/A13-Verkehr	18
5. Aktualisierung der Zukunfts-Szenarien für den Zeitraum 2017-2023	19
5.1. Szenarien und Maßnahmen	19
5.2. Ergebnisse der Zukunftsszenarien für 2020-2023	22
6. Zusammenfassung	28
7. Dokumentation der Ergebnisse der Szenarien 2020-2023	30

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Jahresmittelwerte (in % bzgl. 2009 = 100%) je Fahrzeuggruppe (Pkw, Lfw und SNF (Lkw+SLZ)) auf der A12 bei Vomp, der A10 bei Hallein und der CH-A2 bei Reiden, 2009-2019. Man beachte die unterschiedlichen Skalen.	3
Abbildung 2.2: Anteil an EuroV- und EuroVI-Fahrzeugen bei den SoloLkw und SLZ für die drei Autobahnen A12, A10 und CH-A2, 2009-2019.	4
Abbildung 2.3: EFA für NO _x je Fahrzeugkategorie nach HBEFA3.3 und HBEFA4.1, 2009-2019.	6
Abbildung 2.4: Verhältnis der NO _x -EFA HBEFA4.1/HBEFA3.3 je Fahrzeugkategorie, 2009-2019.	7
Abbildung 2.5: Monatsmittel der Emissionen und Immissionen an NO _x für 2009-2019 bei Vomp A12.	8
Abbildung 2.6: Emissionen und Immissionen von NO _x für 2009-2019 bei Vomp A12, Hallein A10 und Reiden A2.	10
Abbildung 2.7: Trendlinien der Emissionen und Immissionen von NO _x für 2009-2019 bei Vomp A12, Hallein A10 und Reiden A2.	11
Abbildung 2.8: Verhältnis der NO _x -Emissionen: Werte nach HBEFA4.1 / Werte nach HBEFA3.3, Vomp A12, Hallein A10 und Reiden A2, 2009-2019.	12
Abbildung 2.9: Emissionen und Immissionen von NO ₂ für 2009-2019 bei Vomp A12, Hallein A10 und Reiden A2.	13
Abbildung 3.1: Absenkung der NO _x -Immissionen und -Emissionen an Sonntagen (10-17 h ganzes Jahr) bei Vomp A12, Hallein A10 und Reiden A2, 2009-2019.	15
Abbildung 3.2: Absenkung der NO _x -Immissionen und -Emissionen an Sonntagen (0-24 h ganzes Jahr) bei Vomp A12, Hallein A10 und Reiden A2, 2009-2019.	16
Abbildung 4.1: Verkehr auf der A12, Vomp 1.2. – 31.3.2020, Lockdown ab 15.3.2020.	18
Abbildung 5.1: NO ₂ -Jahresmittel bei Vomp A12: BAU-Szenarien 2017-2023.	23
Abbildung 5.2: NO ₂ -Jahresmittel bei Vomp A12: Maßnahmen-Szenarien 2017-2023.	24

Abbildung 5.3: Wirkung zusätzlicher Maßnahmen auf die NO ₂ -Immissionen bei Vomp A12, 2020 - 2023.	26
---	----

Abbildung 5.4: Tagesgang der mittleren Windgeschwindigkeit bei Vomp A12, 2017 – 2019.	27
---	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Absenkung der NO _x -Emissionen und -Immissionen bei Vomp A12 für Sonn- und Feiertage, Samstage sowie Montage im Vergleich zu den Werktagen Mo-Fr.	17
---	----

Tabelle 5.1: Zuwachsraten des Verkehrs auf der A12, 2017-2023. LV: Leichtverkehr; SV: Schwerverkehr.	19
--	----

Tabelle 5.2: Geplante Maßnahmen auf der A12 im Zeitraum 2019-2023, Stand 3.7.2019. Quelle: Land Tirol.	21
--	----

Tabelle 5.3: Durchschnittlicher jährlicher Anteil von EuroVld-Fahrzeugen an der Gesamtflotte auf der A12, 2020-2023:	22
--	----

Tabelle 7.1: Dokumentation zu den Zukunftsszenarien 2020 – 2023, BAU-Szenarien, EFA-Variante 'HB 41'.	30
---	----

Tabelle 7.2: Dokumentation zu den Zukunftsszenarien 2020 – 2023, BAU-Szenarien, EFA-Variante 'EFAadapt'.	31
--	----

Tabelle 7.3: Dokumentation zu den Zukunftsszenarien 2020 – 2023, Maßnahmen-Szenarien, EFA-Variante 'HB 41'.	32
---	----

Tabelle 7.4: Dokumentation zu den Zukunftsszenarien 2020 – 2023, Maßnahmen-Szenarien, EFA-Variante 'EFAadapt'.	33
--	----

1. Einleitung

Die Stickoxidemissionen (NO_x und NO_2) der A12 sind von elementarer Bedeutung für das Verständnis der bisherigen Entwicklung der Stickoxidimmissionen im Bereich der A12 und für die Abschätzung der zukünftigen Situation. Die bisherigen aktuellsten Betrachtungen beruhen auf den Emissionsfaktoren (EFA) gem. HBEFA3.3. Nun liegt das HBEFA4.1 vor, wodurch sich die NO_x - und NO_2 -EFA stark geändert haben, auch im zeitlichen Verlauf.

Die EFA gem. HBEFA3.3 zeigten Probleme, indem Emissionsverläufe (über die Jahre oder nach Wochentag) auch an straßennahen Standorten nicht kongruent mit den entsprechenden Immissionsverläufen waren. Die prognostizierten Verringerungen der EFA stellten sich als zu optimistisch heraus. Aus diesem Grunde wurde in Zukunftsszenarien mit zwei Varianten von EFA gearbeitet: Nach HBEFA3.3 und empirisch korrigiert aufgrund der Immissionsverläufe.

Nun sollen die NO_x -EFA neu bestimmt werden gem. HBEFA4.1. Darauf aufbauend werden die NO_x - und NO_2 -Emissionen neu bestimmt und mit dem Immissionsverlauf verglichen. Es stellt sich die Frage, ob weiterhin zweite Variante von EFA aufgrund des Abgleichs mit den Immissionen nötig ist.

Es ist wichtig, dass diese Betrachtungen nicht nur für Vomp A12 gemacht werden, damit nicht nur etwa ein Spezialfall behandelt wird. In diesem Sinne werden auch die Stationen Hallein A10 und Reiden CH-A2 untersucht.

Im Weiteren werden die neuesten Szenarien der Entwicklung bei Vomp A12 (Stand Juli 2019) ebenfalls aktualisiert.

2. Berechnung der Stickoxid-Emissionen auf der A12 bei Vomp, der A10 bei Hallein und der schweizerischen A2 bei Reiden nach dem HBEFA4.1, 2009-2019

Die Stickoxidemissionen (NO_x und NO_2) wurden für jede Stunde von 2009-2019 (neu) berechnet. Dabei wurde die Emission jeder Fahrzeugkategorie durch Multiplikation des Verkehrsaufkommens mit dem mittleren Emissionsfaktor (EFA) in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit in dieser Stunde nach HBEFA4.1 bestimmt. Die Verkehrssituation war Autobahn Österreich (Vomp, Hallein) bzw. Autobahn Schweiz (Reiden), Referenzgeschwindigkeit des Leichtverkehrs 120 km/h, Land, flüssiger Verkehr.

2.1. Verkehrsaufkommen

Das verwendete Verkehrsaufkommen entstammt den Zählungen der Asfinag in den 8 Fahrzeugkategorien Pkw, Lfw (Lieferwagen), MR (Motorräder), Busse, SoloLkw und SLZ (Sattel- und Lastenzüge) sowie PkwA (Pkw mit Anhänger). Im Falle von Reiden (CH) stammen die Zählungen vom ASTRA in den gleichen Kategorien. Für Vomp hat der Vergleich mit Mautdaten ergeben, dass die Zählung der Asfinag zu viele SoloLkw auf Kosten der SLZ erfasst. Dies ist weiterhin berücksichtigt worden. Die Immissionsmessstelle 'Vomp A12' liegt am Abschnitt Vomp-Schwaz der A12, dessen Verkehrsaufkommen durch die Zählstelle 'Schwaz' erfasst wird.

Der Verkehr hat von 2009-2019 auf allen drei betrachteten Autobahnen generell zugenommen, am meisten bei den Lfw (+35% bis +45%) und bei den SNF (schwere Nutzfahrzeuge = SoloLkw + SLZ) auf der A12 (+30%).

Die jährlichen Wachstumsraten auf der A12 für 2009-2019 betragen damit +0.6% bei den Pkw, +3.0% bei den Lfw und +2.5% bei den SNF.

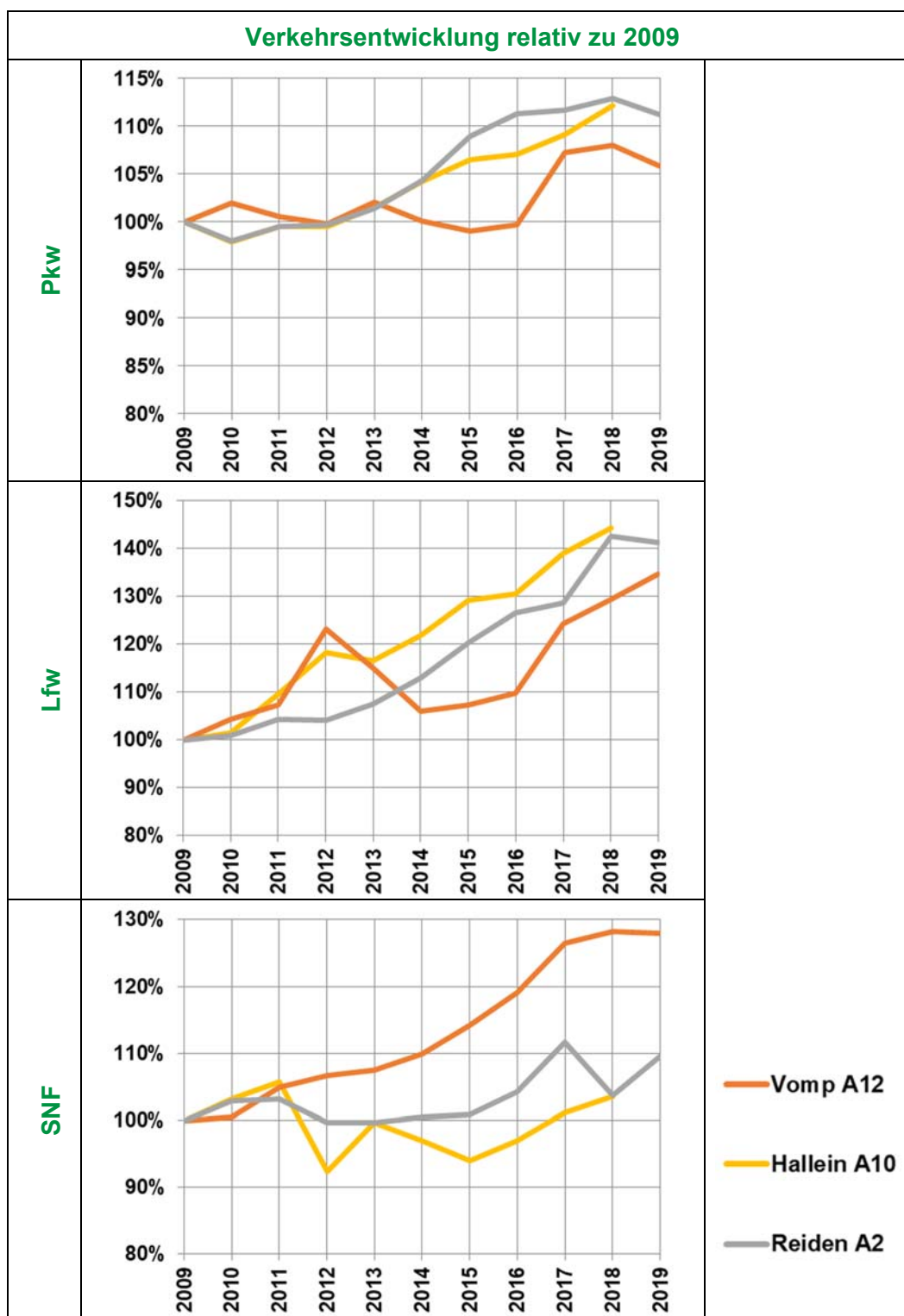


Abbildung 2.1: Jahresmittelwerte (in % bzgl. 2009 = 100%) je Fahrzeuggruppe (Pkw, Lfw und SNF (Lkw+SLZ)) auf der A12 bei Vomp, der A10 bei Hallein und der CH-A2 bei Reiden, 2009-2019. Man beachte die unterschiedlichen Skalen.

2.2. Euroklassenverteilung der SNF und Busse

Die Euroklassenverteilungen der SLZ, SoloLkw und Busse wurden den Mauterhebungen der Asfinag für Vomp A12 (Zählstelle Schwaz) bzw. für Hallein A10 bis 2017 entnommen, extrapoliert für spätere Jahre (nicht-linear). Bei CH-A2 Reiden ergab sich die Euroklassenverteilung als Mix aus der Verteilung Schweiz Inland (Alpifret) und dem Transit (LSVA-Erhebung). Bei den Bussen wurde auf das HBEFA4.1 abgestellt.

Die folgende Abbildung zeigt den Anteil an EuroV- und EuroVI-Fahrzeugen bei den SoloLkw und SLZ für die drei Autobahnen.

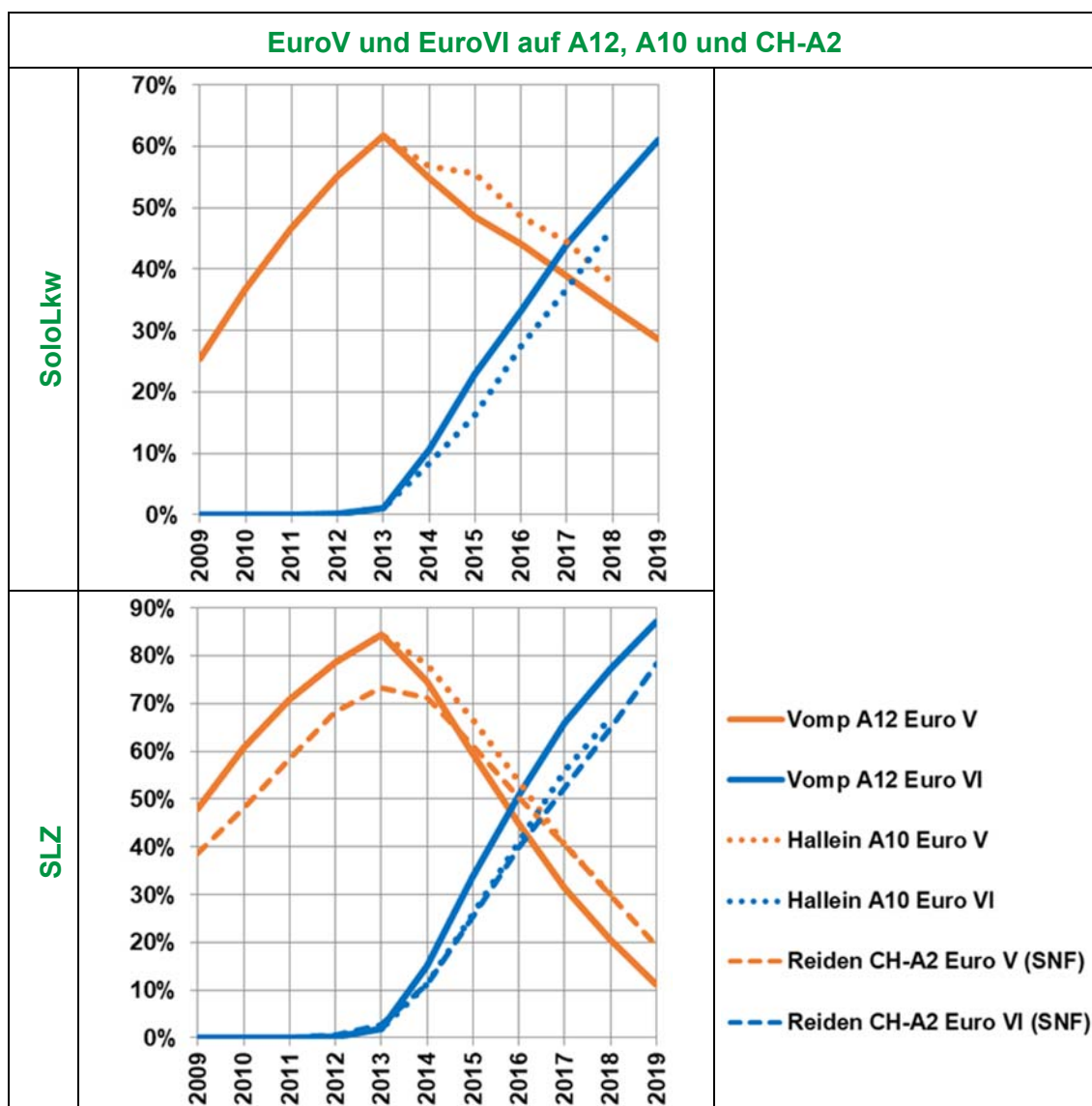


Abbildung 2.2: Anteil an EuroV- und EuroVI-Fahrzeugen bei den SoloLkw und SLZ für die drei Autobahnen A12, A10 und CH-A2, 2009-2019.

Die modernste Flotte bei den SLZ und den SoloLkw fährt auf der A12.

2.3. Emissionsfaktoren (EFA) für NO_x und NO₂

Die EFA für NO_x und NO₂ basieren grundsätzlich auf den HBEFA4.1. Dabei wurden die folgenden Spezifikationen ausgeführt:

- Pkw und Lfw: Modellberechnungen der TU Graz hatten ergeben, dass die Flotte der Pkw auf der A12 etwa 1 Jahr moderner ist als im Österreichschnitt, was die Euroklassenverteilung betrifft. Allerdings ändern sich die EFA je Euroklasse im Laufe der Zeit, besonders stark bei den Diesel Euro6-Fahrzeugen: 2023 betragen sie noch 51% bzw. 54% des Wertes von 2017 für Pkw bzw. Lfw, und davon sind natürlich auch die Fahrzeuge auf der A12 betroffen. Die EFA der Pkw auf der A12 in einem bestimmten Jahr ergeben sich also aus der Euroklassenverteilung 1 Jahr moderner (als im HB) aber mit den EFA je Euroklasse des bestimmten Jahres. Für die Lfw wurde das gleiche Prozedere durchgeführt. *Für die Szenarien 2020-2023 wurde postuliert, dass die Pkw und Lfw ein halbes Jahr moderner als im Österreichschnitt mit den entsprechenden EFA je Euroklasse sind.* Dies gilt für Vomp und Hallein; für Reiden (CH) wurden die EFA gemäß HBEFA4.1 direkt verwendet.
- SoloLkw und SLZ: Euroklassenverteilungen gemäß Mauterhebung Asfinag für Vomp bzw. für Hallein bis 2017, extrapoliert für spätere Jahre (nicht-linear). EFA je Euroklasse gemäß HBEFA4.1, lediglich für SLZ EuroVI wurden die hohen Laufleistungen der SLZ auf der A12 bzw. A10 berücksichtigt (große Abhängigkeit der EFA von der Laufleistung). Reiden (CH): Euroklassenverteilung als Mix aus Verteilung Schweiz Inland (Alpifret) und Transit (LSVA-Erhebung).
- Busse: Euroklassenverteilungen gemäß Mauterhebung Asfinag für Vomp bzw. für Hallein bis 2017, extrapoliert für spätere Jahre (nicht-linear). EFA je Euroklasse gemäß HBEFA4.1.
- MR: EFA gemäß HBEFA4.1.

Die EFA der Stickoxide haben sich vom HBEFA3.3 auf das HBEFA4.1 deutlich geändert, und zwar unterschiedlich je Jahr. Die folgenden Abbildungen dokumentieren dies.

Mit Ausnahme von Bussen und Motorrädern sind die EFA mit dem neuen HB durchwegs höher, vor allem bei den Pkw und Lfw und bei den SNF (SLZ und Lkw) ab 2018.

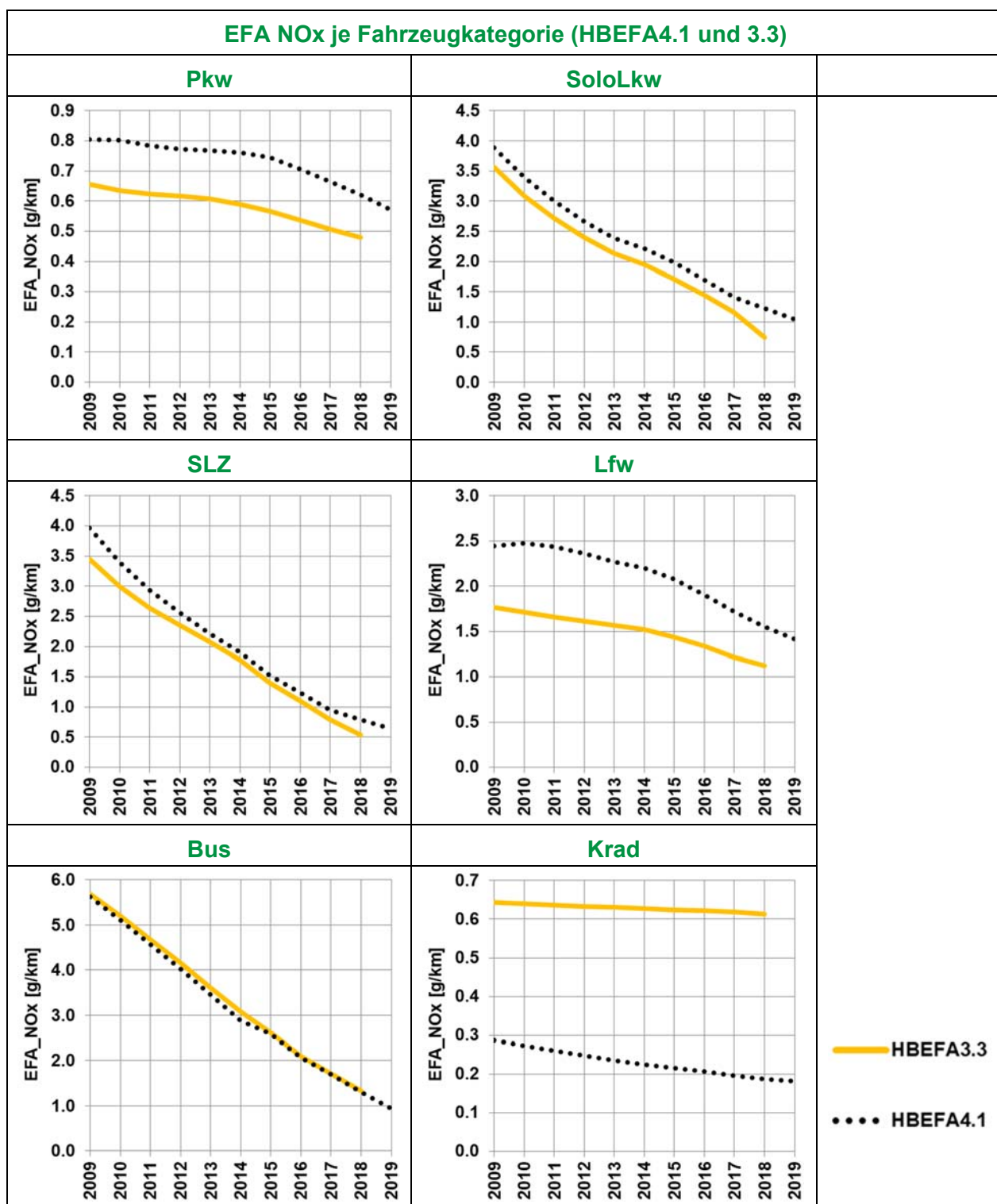


Abbildung 2.3: EFA für NOx je Fahrzeugkategorie nach HBEFA3.3 und HBEFA4.1, 2009-2019.

Die nächste Abbildung zeigt die EFA-Änderungen zusammengefasst.

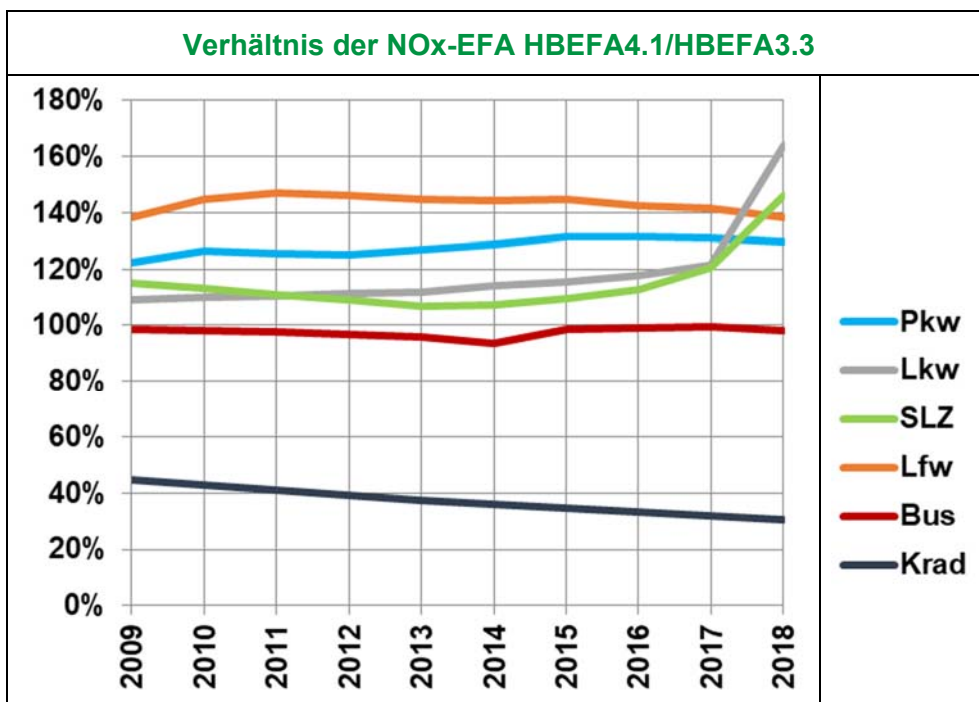


Abbildung 2.4: Verhältnis der NO_x-EFA HBEFA4.1/HBEFA3.3 je Fahrzeugkategorie, 2009-2019.

Es wurden die EFA auch von älteren Euroklassen – ohne neue Messungen – geändert.

2.4. Verlauf der NO_x-Emissionen und -Immissionen bei Vomp A12 von 2009 bis 2019

Die nach HBEFA4.1 berechneten NO_x-Emissionen werden im Monatsverlauf den gemessenen NO_x-Immissionen gegenübergestellt.

Die abnehmende Tendenz der Emissionen und Immissionen ist klar ersichtlich. Im Hochwinter (Dezember/Januar) kommen die geringsten jährlichen Emissionen und zugleich die höchsten Immissionen vor.

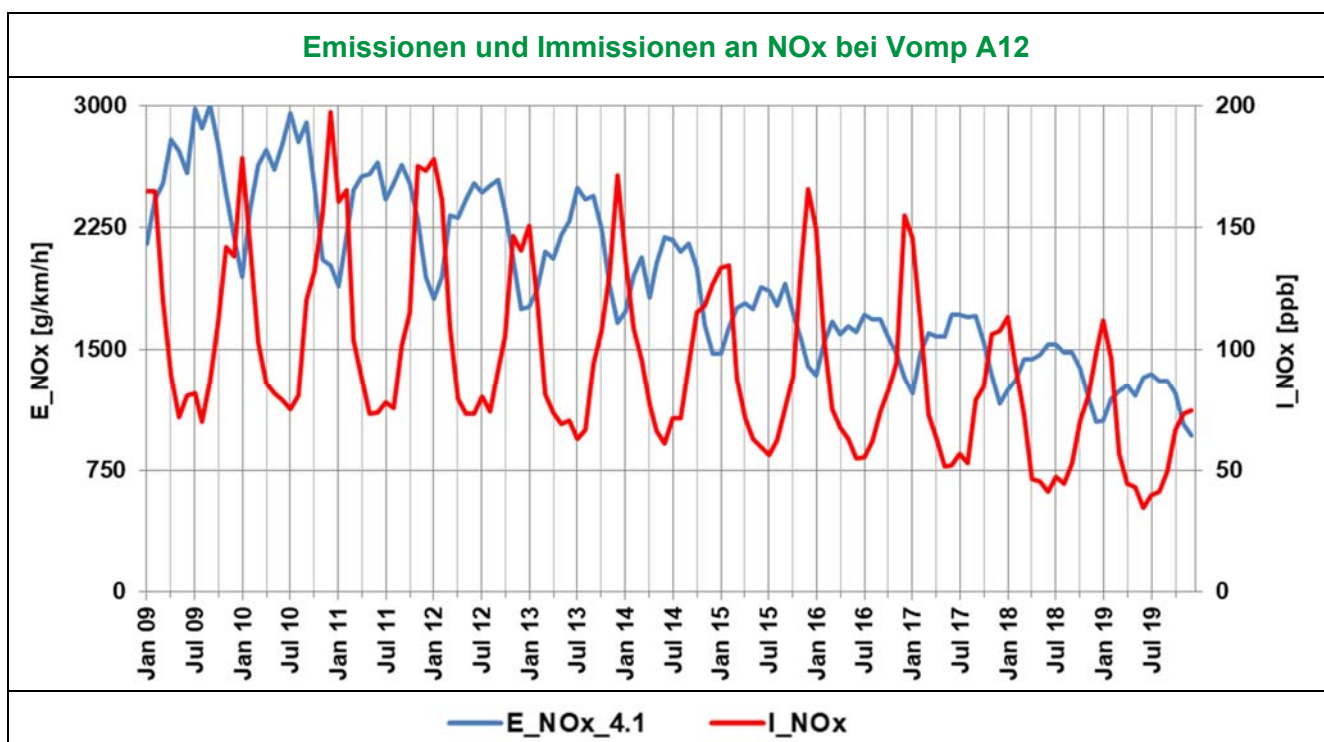


Abbildung 2.5: Monatsmittel der Emissionen und Immissionen an NO_x für 2009-2019 bei Vomp A12.

2.5. Gegenüberstellung der NO_x-Emissionen und -Immissionen auf den Autobahnen A12, A10 und CH-A2 von 2009 bis 2019

Grundsätzlich ist zu erwarten, dass der zeitliche Verlauf der NO_x-Immissionen parallel zu den NO_x-Emissionen erfolgt, da die Emissionen der wenige Meter an der Messstation vorbeiführenden Autobahn hochgradig dominant für die gesamten Immissionen an der Messstelle sind. Nach dem neuen HBEFA4.1 verlaufen die NO_x-Emissionen nun akzeptabel parallel zu den NO_x-Immissionen. Die Immissionskurve schwankt aufgrund meteorologischer Gegebenheiten, so dass zufällige Schwankungen auch des linearisierten Verlaufs (Trendlinie) auftreten.

Die folgenden Abbildungen zeigen den Verlauf der NO_x-Immissionen und der -Emissionen nach HBEFA4.1 und nach HBEFA3.3 für die drei Stationen.

Die Skalen der folgenden Abbildungen wurden so gewählt, dass die Emissions- und Immissionswerte bei 2009 grafisch nahe beieinander liegen.

Die Immissionskurve (rot) zeigt die zu erwartenden Schwankungen aufgrund der meteorologischen Gegebenheiten, die auch auf die Jahresmittel durchschlagen. Die Emissionskurve gem. HBEFA 4.1 (blau) verläuft erstaunlich linear und eben nahe bei der Immissionskurve. Die Emissionskurve gem. HBEFA 3.3 (grün), normiert auf den Wert von 2009 (die Emissionen gemäß HBEFA3.3 sind deutlich tiefer, mit der Normierung wurden die Werte für 2009 egalisiert für diese grafische Darstellung) weist mehr Distanz zur Immissionskurve auf im Falle von Vomp und Hallein, bei Reiden sind die beiden Emissionskurven praktisch aufeinander.

Der langzeitliche Verlauf der beiden Größen NO_x-Emissionen und -Immissionen verläuft also akzeptabel parallel. Bis 2017 war die Diskrepanz zwischen Immission und Emission nach HBEFA3.3 größer, nun haben die Immissionswerte von 2018 und 2019 die Immissionstrendlinie ein Stück weit 'nach unten gezogen'. Allerdings waren die Ausbreitungsverhältnisse im 2018 und 2019 vor allem im Winter günstiger als 2017 (s. dazu Kap. zu den Szenarien).

Die Achse für die Immissionen startet beim kleinen Hintergrund aus anderen Quellen, Reste von früheren Emissionen etc. (5 bzw. 2 ppb).

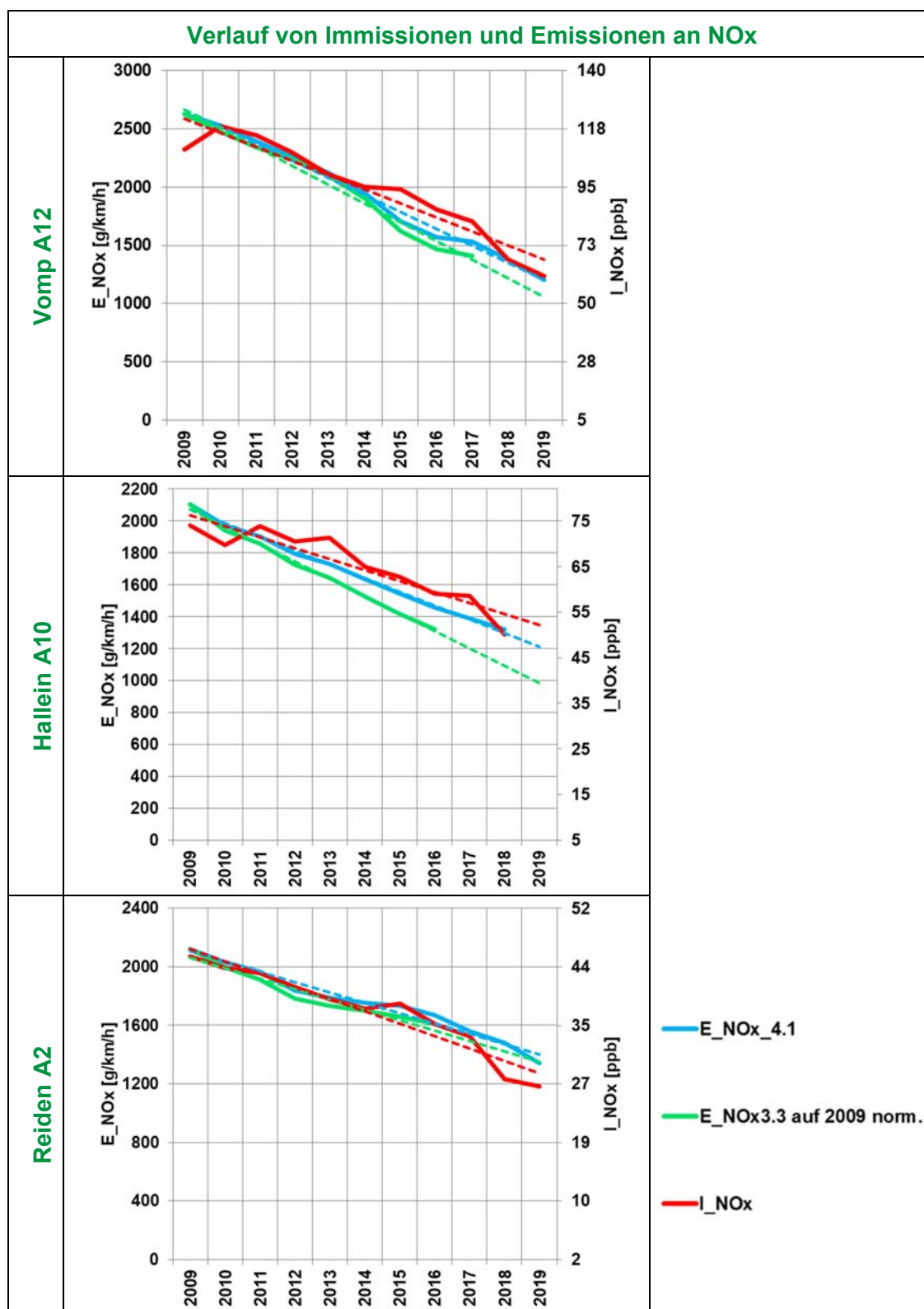


Abbildung 2.6: Emissionen und Immissionen von NOx für 2009-2019 bei Vomp A12, Hallein A10 und Reiden A2.

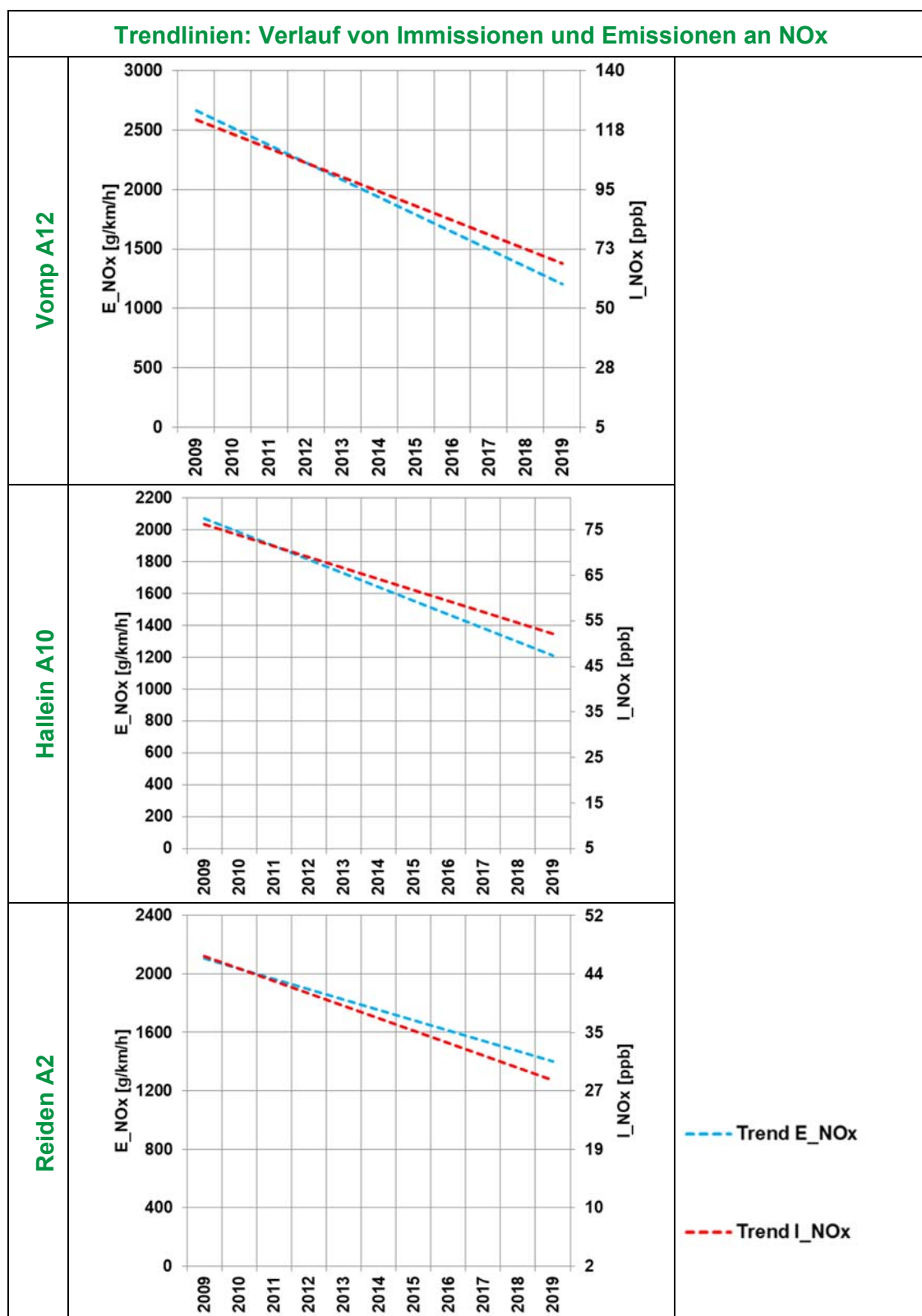


Abbildung 2.7: Trendlinien der Emissionen und Immissionen von NOx für 2009-2019 bei Vomp A12, Hallein A10 und Reiden A2.

Betrachtet man nur die Trendlinien der NO_x-Immissionen und -Emissionen gem. HBEFA4.1, so wird augenfällig, dass diese Trendlinien praktisch aufeinanderliegen und sich nur zufällig unterscheiden.

Die NO_x-Emissionen des Autobahnverkehrs sind mit dem HBEFA4.1 im Vergleich zum HBEFA3.3 höher, und zwar zunehmend mit den Jahren. In Österreich dürften sie heute etwa 30-40% höher als gemäß HBEFA3.3 sein. Im Innerortsverkehr in Österreich beträgt die Zunahme etwa 50% ("Vergleich HBEFA4.1 mit HBEFA3.3 für Innerorts-Verkehr in Österreich", Oekoscience, im Auftrag der Vorarlberger Landesregierung, Jan. 2020).

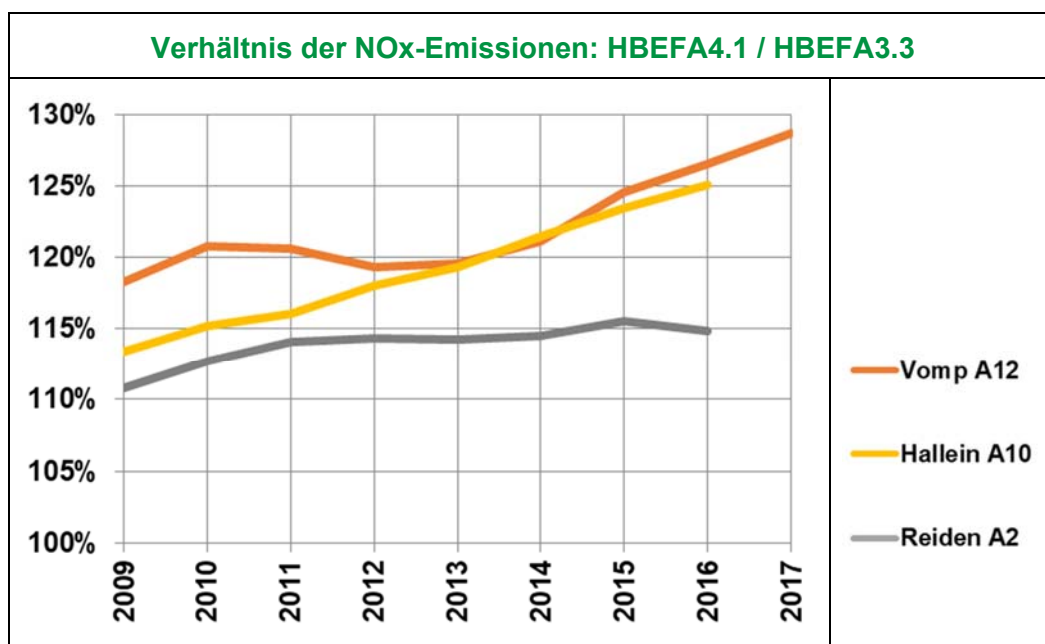


Abbildung 2.8: Verhältnis der NO_x-Emissionen: Werte nach HBEFA4.1 / Werte nach HBEFA3.3, Vomp A12, Hallein A10 und Reiden A2, 2009-2019.

2.6. Vergleich des Verlaufs der NO₂-Immissionen und -Emissionen

Beim NO₂ kann nicht grundsätzlich ein paralleler Verlauf der Emissionen und Immissionen erwartet werden, da ein Teil der NO₂-Immission in der Atmosphäre durch Konversion des NO zu NO₂ mit Ozon gebildet wird. Dennoch sind die Verläufe recht parallel, nur in Reiden gar nicht; ob dies mit dem in der Schweiz geringeren Dieselanteil zu tun hat, kann im Rahmen dieser Studie nicht evaluiert werden.

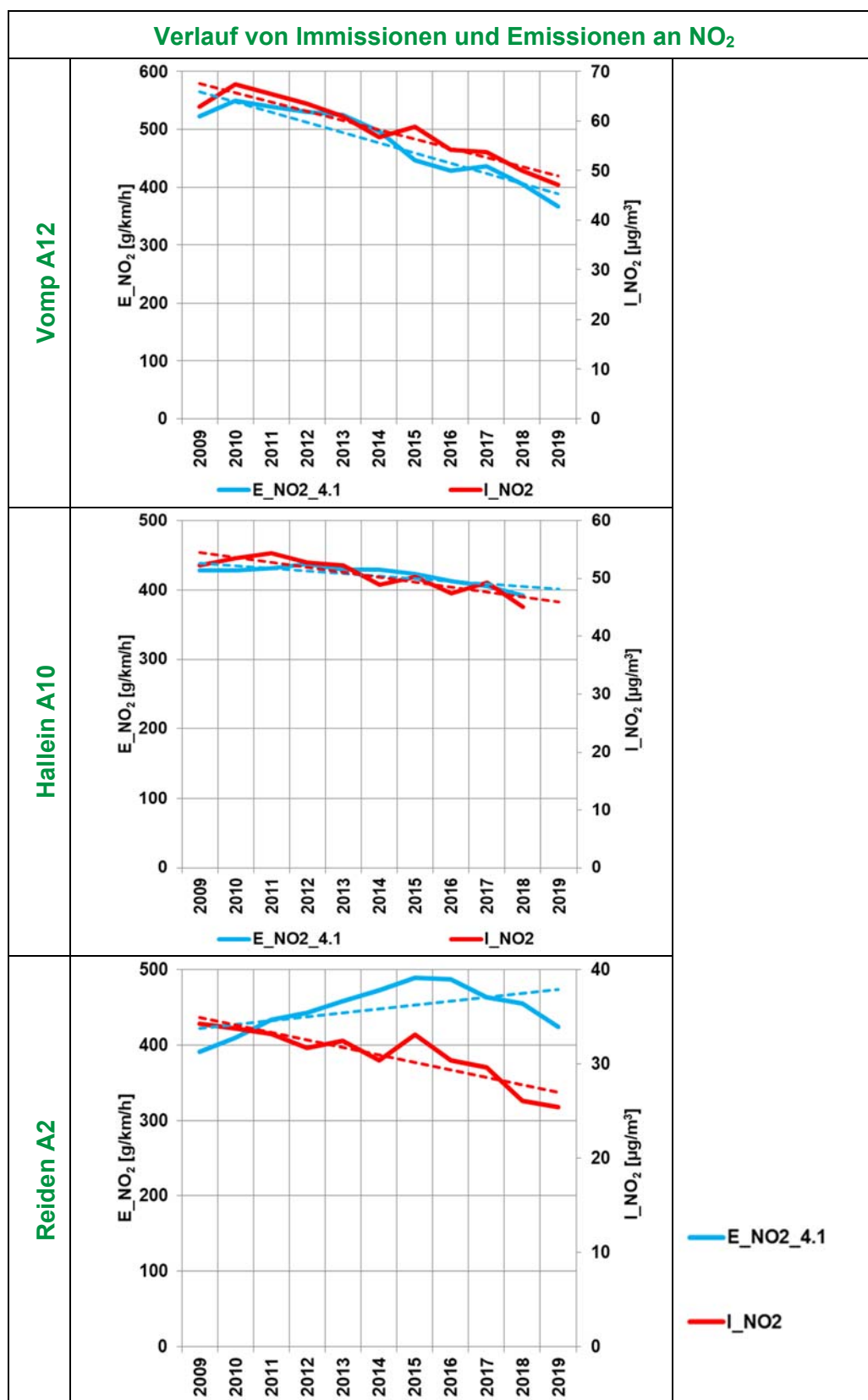


Abbildung 2.9: Emissionen und Immissionen von NO₂ für 2009-2019 bei Vomp A12, Hallein A10 und Reiden A2.

3. Effekt des HBEFA4.1 auf die Sonntagsabsenkung

An Sonn- und Feiertagen gibt es eine Absenkung der NO_x-Emissionen der Straße (z.B. A12) und auch der Immissionen gegenüber werktags, weil dann die Lkw weitgehend fehlen. Typischerweise war bisher diese Absenkung zumindest an Autobahnen und Schnellstraßen mit erhöhter Geschwindigkeit bei den NO_x-Immissionen deutlich größer als bei den NO_x-Emissionen.

Zunächst sollen ein paar Definitionen festgelegt werden:

- Sonntags-Absenkung: Prozentuale Verminderung der Straßenemissionen bzw. der Immissionen an Sonn- und Feiertagen verglichen mit den Werktagen Mo-Fr. Verminderung der Immissionsbelastung aufgrund geringerer Emissionsaktivitäten v.a. der nahen Straße an Sonn- und Feiertagen
- Sonntags-Diskrepanz: Differenz zwischen den beiden Absenkungen an Sonn- und Feiertagen bei den Emissionen und Immissionen.
- Hintergrund: Immission an straßennaher Messstelle, welche nicht von dieser Straße stammt (aber durchaus von anderen Straßen, Feuerungen, Gewerbe ...).

Die 'Absenkung' der Immissionen und Emissionen an Sonn- und Feiertagen ist ein relativer Wert, der sich wie folgt berechnen lässt:

$$A = \frac{W_S - W_W}{W_W}$$

Mit A : Absenkung;
 W_S : Wert am Sonn- bzw. Feiertag;
 W_W : Wert am Werktag Mo-Fr.

Für die 'Sonntags-Diskrepanz' kann es grundsätzlich zwei Gründe geben:

- Die Lkw emittieren durchschnittlich mehr als gemäß HBEFA4.1 (das würde bedeuten, in Wahrheit senken sich die Emissionen an Sonn- und Feiertagen mehr ab).

und/oder

- Der Hintergrund senkt sich am Wochenende prozentual stärker ab als die Gesamtimmissionen.

Der **Einfluss des Hintergrundes** (wie oben definiert) an der Messstelle Vomp ist sehr klein, was bereits in einem früheren Bericht evaluiert wurde.

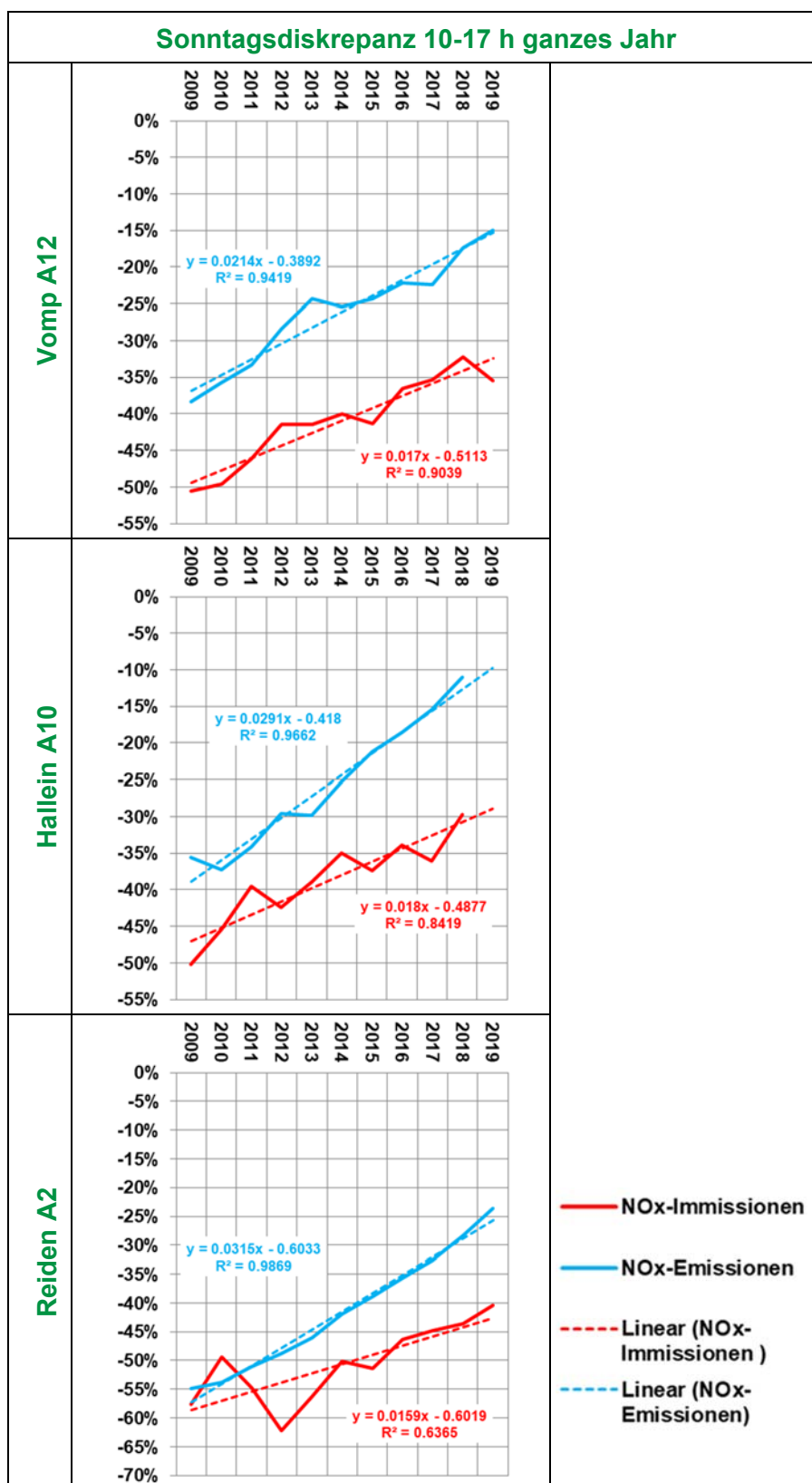


Abbildung 3.1: Absenkung der NOx-Immissionen und -Emissionen an Sonntagen (10-17 h ganzes Jahr) bei Vomp A12, Hallein A10 und Reiden A2, 2009-2019.

Die bereits mit den früheren HB-Versionen festgestellte Sonntagsdiskrepanz besteht auch mit dem HBEFA4.1 immer noch, wenn auch in einem geringeren Ausmaß. Dabei wurde nur auf das Tageszeitfenster von 10-17 Uhr abgestellt, ohne Nacht und ohne am Sonntag fehlende Rush-Hours.

Doch auch wenn die gesamte Zeit von 0-24 Uhr verwendet wird, ergibt sich eine prozentual geringere Diskrepanz, wobei die einzelnen Absenkungen größer sind als beim Zeitfenster von 10-17 Uhr.

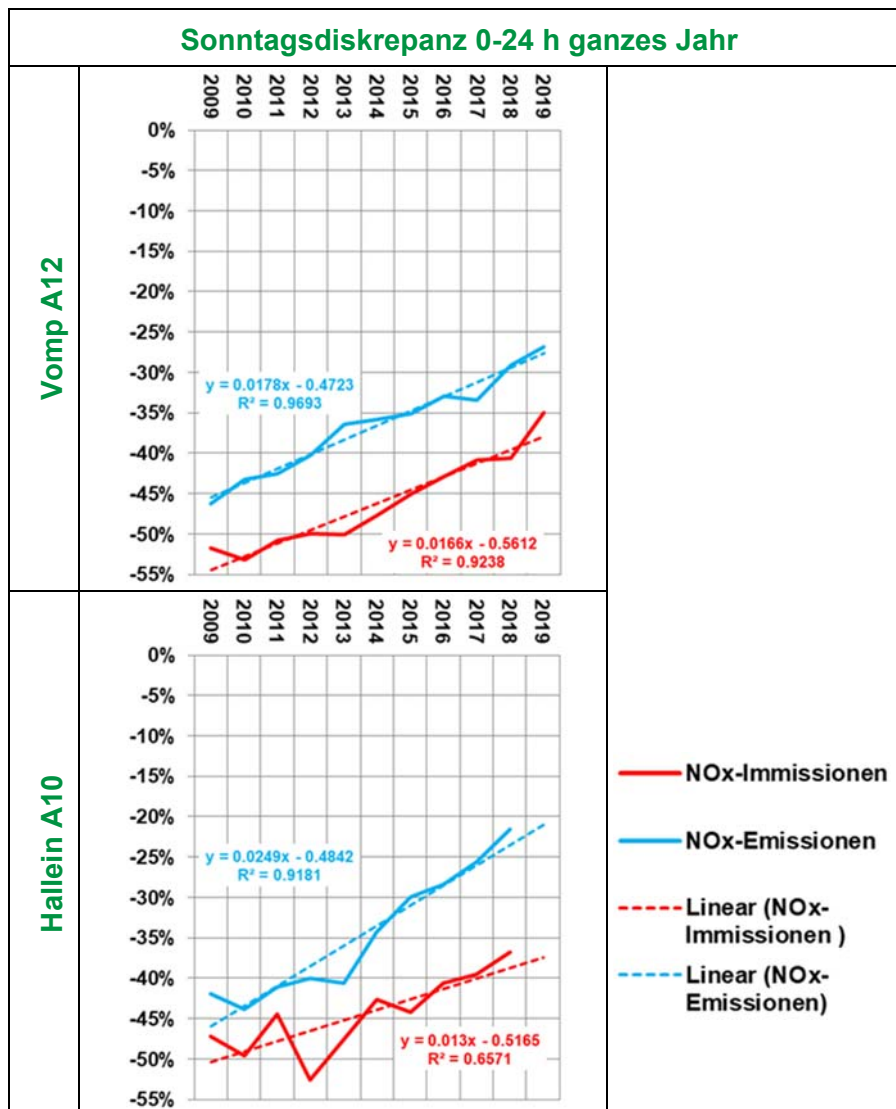


Abbildung 3.2: Absenkung der NOx-Immissionen und -Emissionen an Sonntagen (0-24 h ganzes Jahr) bei Vomp A12, Hallein A10 und Reiden A2, 2009-2019.

Die Sonntagsdiskrepanz verändert sich über die Jahre wenig, beträgt bei Vomp im Mittel 15% (ganzes Jahr, 10:00-16:30 Uhr). Einerseits verlaufen die Emissionen nun parallel zu den Immissionen 2009-2019, andererseits senken sie sich sonntags viel weniger ab als die gemessenen NOx-Immissionen.

Für **Vomp A12** wurden verschiedene Varianten von Absenkungen gegenüber dem Mittel der Werktage durchgerechnet:

Tabelle 3.1: Absenkung der NO_x-Emissionen und -Immissionen bei Vomp A12 für Sonn- und Feiertage, Samstage sowie Montage im Vergleich zu den Werktagen Mo-Fr.

Absenkung Sonn- und Feiertage 2009-2019			
	A (I_NO_x)	A(E_NO_x)	Diskrepanz
Ganzes Jahr 10:00-16:30	-41%	-26%	15%
Ganzes Jahr 0-24 h	-46%	-37%	10%
Mai-Sep 10:00-16:30	-37%	-21%	17%

Absenkung Samstage 2009-2019			
	A (I_NO_x)	A(E_NO_x)	Diskrepanz
Ganzes Jahr 10:00-16:30	-24%	-10%	14%
Ganzes Jahr 0-24 h	-20%	-17%	3%
Mai-Sep 10:00-16:30	-28%	-14%	13%

Absenkung Montage 2009-2019			
	A (I_NO_x)	A(E_NO_x)	Diskrepanz
Ganzes Jahr 10:00-16:30	-9%	-10%	0%
Ganzes Jahr 0-24 h	-8%	-7%	1%

Der Montag zeigt keine Diskrepanz (Immissionen und Emissionen müssen grundsätzlich zusammenpassen, und die sauberere Luft vom Sonntag hallt nicht nach).

Mit dem HBEFA4.1 passt nun der zeitliche Verlauf der NO_x-Emissionen mit demjenigen der NO_x-Immissionen zusammen, aber die Sonntagsdiskrepanz besteht immer noch. Da die Sonntagsdiskrepanz nicht eine so prägnante Evidenz aufweist wie beim HBEFA3.3 der Zeitverlauf über mehrere Jahre, erscheint eine Anpassung der EFA nur auf dieser Basis schwierig. Auf jeden Fall muss die Gesamtemission an NO_x für jedes Jahr unverändert bleiben, denn der Zeitverlauf stimmt ja eben mit den Immissionen überein.

Nun hat sich auf der A12 eine neue Vergleichsmöglichkeit aufgetan (s. nächstes Kapitel).

4. Effekt des Lockdowns im März/April 2020 auf den A12/A13-Verkehr

Mitte März 2020 wurde auch in Österreich ein allgemeiner Lockdown ausgerufen. In der Folge hat sich der SNF-Verkehr wenig verringert, der Pkw-Verkehr ist stark eingebrochen.

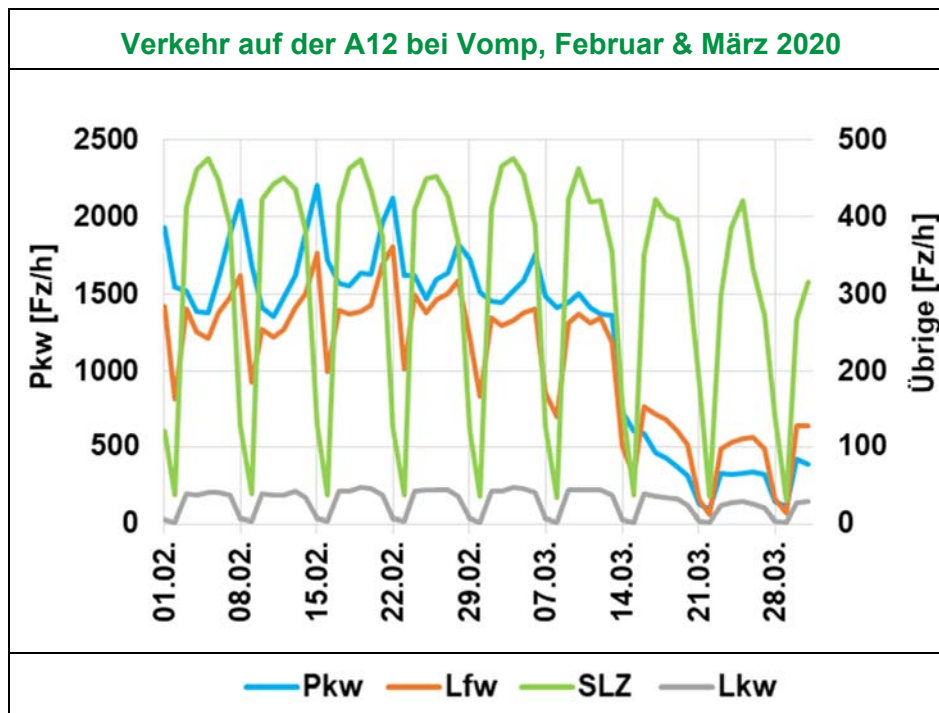


Abbildung 4.1: Verkehr auf der A12, Vomp 1.2. – 31.3.2020, Lockdown ab 15.3.2020.

Die Werktage nach dem 15. März 2020 sind also quasi 'Anti-Sonntage', mit werktäglichem Lkw-Verkehr und sehr wenigen Pkw und wenigen Lfw. Dies wurde verwendet, um die neu berechneten NO_x-Emissionen gemäß HBEFA4.1 kritisch zu hinterfragen (**s. dazu ein separater Bericht**). Es ergaben sich Diskrepanzen zwischen dem Verhalten der NO_x-Immissionen und der NO_x-Emissionen; um dies aufzulösen, mussten die NO_x-EFA der SoloLkw um +0.2 g/km, der SLZ um +0.3 g/km erhöht werden. In der Folge waren die EFA der Pkw und Lfw so zu vermindern, dass die Gesamtemissionen gleichbleiben, denn diese passen in ihrem Verlauf ja zu den Immissionen.

Aus diesen Untersuchungen ergab sich bei den NO_x- und NO₂-EFA die Variante 'EFAadapt' (nebst HBEFA4.1), bei welcher die EFA um die oben erwähnten Beträge verändert wurden (bei den NO₂-EFA um die proportionalen Beträge), bei Erhaltung der Gesamtemission.

5. Aktualisierung der Zukunfts-Szenarien für den Zeitraum 2017-2023

Vorbemerkung: Bei der ersten Fassung dieser Szenarien beruhten die Emissionsberechnungen auf dem HBEFA3.3 ("Zukunftsszenarien der Stickoxidimmissionen an der A12 bis 2023. Stand der Maßnahmenplanung 3.7.2019", Oeko-science, August 2019). Hier liegt nun die Aktualisierung dieser Szenarien auf Basis des HBEFA4.1 vor. Damit wurden die Emissionsfaktoren für NO_x und NO₂ je Euroklasse aller Fahrzeugkategorien geändert; zusätzlich wurde auch die Flottenzusammensetzung des Leichtverkehrs geändert. Beim Schwerverkehr (SLZ, SoloLkw und Busse) wurde nach wie vor auf die auf der A12 erhobene Flottenzusammensetzung abgestellt (Mauterhebung Asfinag). Durch das HBEFA4.1 haben sich auch die (Wechsel-)Wirkungen von Euroklassenverboten, Nachtfahrverbot und sektorialem Fahrverbot mit ihren Ausnahmen verändert.

5.1. Szenarien und Maßnahmen

Basisjahr für alle Szenarien war das Jahr 2017. Die meteorologischen Bedingungen dieses Jahr sollen sich jedes Jahr bis 2023 wiederholen. Das Jahr 2017 war lufthygienisch eher günstig, d.h. es könnten auch Bedingungen herrschen, welche zu erhöhten Immissionen führen, z.B. länger anhaltende Hochdrucklagen im Winter. Solche Dinge wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt.

Es wurden drei Wachstumsszenarien bzgl. des zukünftigen Verkehrsaufkommens postuliert. Mit einer Verkehrsabnahme ist derzeit nicht zu rechnen, und ein Nullwachstum, wie man es bei Erstellung des Maßnahmenprogramms noch erwarten konnte, erscheint aufgrund der Verkehrsdaten der letzten Jahre nicht mehr realistisch.

Tabelle 5.1: Zuwachsraten des Verkehrs auf der A12, 2017-2023. LV: Leichtverkehr; SV: Schwerverkehr.

Verkehrsszenarium	Zuwachs 2017-2020	Zuwachs 2020-2023
V1	+1%/Jahr LV, +3%/Jahr SV	+1%/Jahr für alle Kategorien
V2	+2%/Jahr LV, +5%/Jahr SV	+1%/Jahr für alle Kategorien
V3	+3%/Jahr LV, +7%/Jahr SV	+1%/Jahr für alle Kategorien

Nachdem sich von 2016 auf 2017 noch deutliche Verkehrssteigerungen in allen Kategorien außer Motorrädern eingestellt hatten, bewegte sich der Verkehr auf der A12 im Unterinntal ab 2017 im Bereich des Verkehrsszenariums V1 (s. auch Grafiken S. 3). Dies kann auch den offiziell veröffentlichten Verkehrsdaten des Landes Tirol (Sachgebiet Verkehrsplanung) entnommen werden; dabei ist zu beachten, dass die Zählstelle 'Schwaz' den Verkehr im A12-Abschnitt Vomp-Schwaz erfasst, an welchem die Immissionsmessstelle 'Vomp A12' liegt. Die Zählstelle 'Vomp' erfasst den Abschnitt Vomp-Wattens.

Es wurden zwei Hauptszenarien mit jeweils 6 Varianten berechnet. Die 6 Varianten bestehen aus den 3 Verkehrsvarianten V1, V2 und V3, jeweils mit den beiden EFA-Varianten 'HB 41' und 'EFAadapt'.

Die beiden Hauptszenarien sind:

- **BAU:** Keine weiteren Maßnahmen. Die Situation auf der A12 wird durch das Verkehrswachstum und die von Tirol nicht weiter beeinflusste Flottenmodernisierung bestimmt.

Bemerkungen zum BAU-Szenarium: Wegen der starken Flottenmodernisierung ändern sich nicht nur die EFA stark, sondern auch die Wirkung von **bestehenden Maßnahmen** ändert sich. Je höher der Anteil an EuroVI-Fahrzeugen ist, desto weniger wirken SFV (sektorales Fahrverbot) und NFV in der heutigen Form.

Vom SFV in der heutigen Form sind praktisch nur SLZ betroffen; es wurde postuliert, dass die 22'000 eingesparten SLZ-Fahrten 2017 infolge SFV mit zunehmender EuroVI-Durchdringung wieder zurück auf die Straße gehen, auch dem Wachstum V1...V3 unterworfen.

Die Änderungen bei der Wirkung des NFV bedeuten eine Änderung in den tageszeitlichen Unterschieden in der Euroklassenverteilung, vor allem aber eine Änderung im Tagesgang des Fahrzeugaufkommens, abhängig vom Anteil an EuroVI-Fahrzeugen. Ab dem Zeitpunkt, zu welchem die SLZ nur noch aus EuroVI bestehen, verteilen sie sich über den Tag wieder so wie im Jahr 2000 vor Einführung des NFV.

- **Maßnahmen-Szenarium:** Aufbauend auf dem BAU-Szenarium wurden die vom Land Tirol beschlossenen Maßnahmen auf der A12 mit Stand 3.7.2019 in der entsprechenden Zeitabfolge abgebildet. Die folgende Tabelle gibt den Überblick.

Tabelle 5.2: 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)

Stand 3. Juli 2019

Bemerkungen zum Maßnahmen-Szenarium: Ein NFV für alle Lkw im Transit (über alle Euroklassen) führt im Szenarium zu einer tageszeitlichen Verteilung des SLZ- und SoloLkw-Aufkommens (im Transit) wie auf der A2/CH. Davon sind bei Vomp 2/3 aller Lkw betroffen. Für das andere Drittel (Ziel-/Quellverkehr) gilt immer noch eine Ausnahme für EuroVI, d.h. die Bemerkungen zum NFV im letzten Abschnitt gelten auch für diesen Fall.

Lkw mit Erstzulassung nach 1.9.2018 bleiben vom verschärften sektoralen Fahrverbot ausgenommen. Dabei handelt es sich ganz überwiegend um EuroVIa-Fahrzeuge: Die TU Graz hat aus den Vorgaben der Verordnung (EU) 2016/1718 die Neuzulassungen von EuroVIa für 2018 zu einem Drittel und ab 2019 zu 100% geschätzt; offensichtlich machten die Neuzulassungen von EuroVIc nach Einführung von EuroVIa-Fahrzeugen ab dem 1.9.2018 nur einen kleinen Teil der Erstzulassungen aus und es kann davon ausgegangen werden, dass die vom verschärften sektoralen Fahrverbot ausgenommene Flotte weitgehend der EuroVIa-Flotte entspricht.

Für die neuen Szenarien musste folglich auch eine Abschätzung der Flottendurchdringung mit EuroVld-Lkw gemacht werden. Sie treten seit September 2018 auf und sollen sich in ihrer Häufigkeit auf der A12 gleich entwickeln wie sich die EuroVla-c entwickelt haben. Ihr durchschnittlicher jährlicher Anteil an der Gesamtflotte ergibt sich demnach wie folgt:

Tabelle 5.3: Durchschnittlicher jährlicher Anteil von EuroVld-Fahrzeugen an der Gesamtflotte auf der A12, 2020-2023:

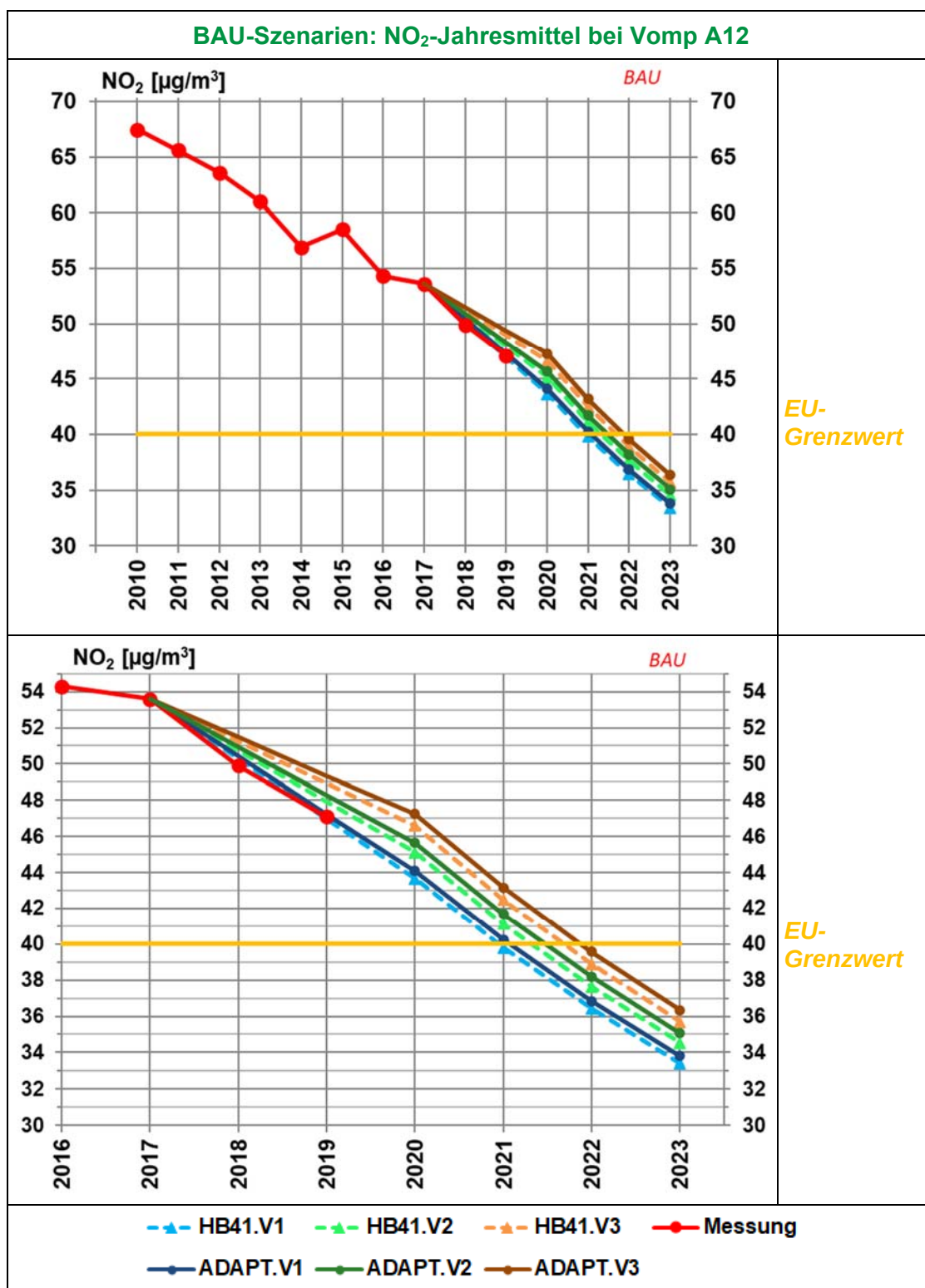
	SoloLkw	SLZ
2020	20.4%	32.0%
2021	31.1%	48.0%
2022	41.4%	61.8%
2023	52.8%	72.8%

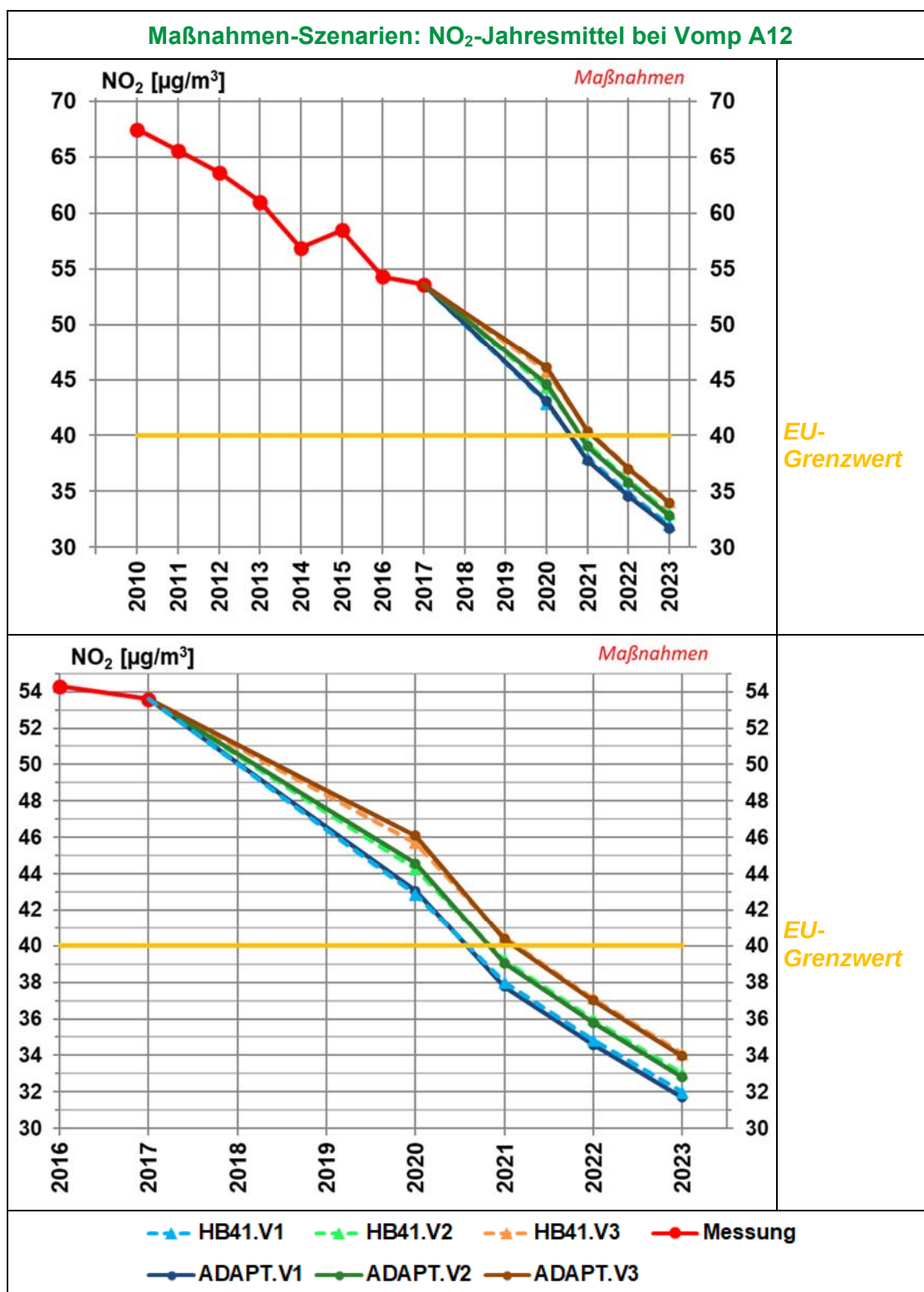
Diese Anteile gelten für die A12 und sind etwas höher als sie von der TU Graz für Gesamtösterreich geschätzt wurden ("Studie EURO VI: Identifizierung, Flottendurchdringung und Unterschiede", Aug. 2018). Die A12-Flotte ist generell moderner als die Durchschnittsflotte Österreichs infolge der höheren Fahrleistungen.

5.2. Ergebnisse der Zukunftsszenarien für 2020-2023

Die Szenarien-Ergebnisse unterscheiden sich erkennbar je nach gewähltem Verkehrswachstum (V1, V2, V3). Die Anpassung der EFA infolge der Lockdown-Auswertung (EFAadapt) führt bei den BAU-Szenarien zu leicht höheren NO₂-Immissionen (bis max. 0.7 µg/m³). Bei den Maßnahmen-Szenarien unterscheiden sich die Varianten 'HB41' und 'EFAadapt' kaum, weil die Maßnahmen bei 'EFAadapt' stärker wirken und die höheren Ausgangsimmissionen beim BAU-Szenarium kompensieren.

Für eine Grenzwerteinhaltung sollte eine Reserve von ca. 2 µg/m³ einberechnet werden, welche wegen meteorologischer Bedingungen, Stau, Restbeständen alter Euroklassen (ev. mit Genehmigungen) notwendig werden könnte. Das Referenzjahr 2017 war meteorologisch für die Luftthygiene eher günstig.

Abbildung 5.1: NO₂-Jahresmittel bei Vomp A12: BAU-Szenarien 2017-2023.

Abbildung 5.2: NO₂-Jahresmittel bei Vomp A12: Maßnahmen-Szenarien 2017-2023.

Die Szenarienergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- In jedem Szenarium ist der NO₂-Grenzwert ab dem Jahr 2022 erfüllt, auch ohne zusätzliche Maßnahmen, allerdings auch ohne Reserve.
- Bei kleinem und mittlerem Verkehrswachstum wird der NO₂-Grenzwert im Maßnahmen-Szenarium bereits im Jahr 2021 erfüllt.
- Mit den postulierten Maßnahmen wird der Grenzwert etwa ein Jahr früher erfüllt als ohne weitere Maßnahmen (BAU).
- Die Maßnahmen sorgen für eine Entlastung bis zu 2 µg/m³ NO₂ ('HB 41') bzw. 2.7 µg/m³ ('EFAadapt').

Mit einer Sicherheitsreserve von 2 µg/m³ NO₂ wird der Grenzwert ohne weitere Maßnahmen im Jahr 2023 erreicht, mit zusätzlichen Maßnahmen ein Jahr früher 2022.

Die Wirkung der zusätzlichen Maßnahmen gem. Tabelle 5.2 hängt deutlich vom Jahr und von der EFA-Variante ab, etwas auch vom Verkehrswachstum (V1, V2, V3).

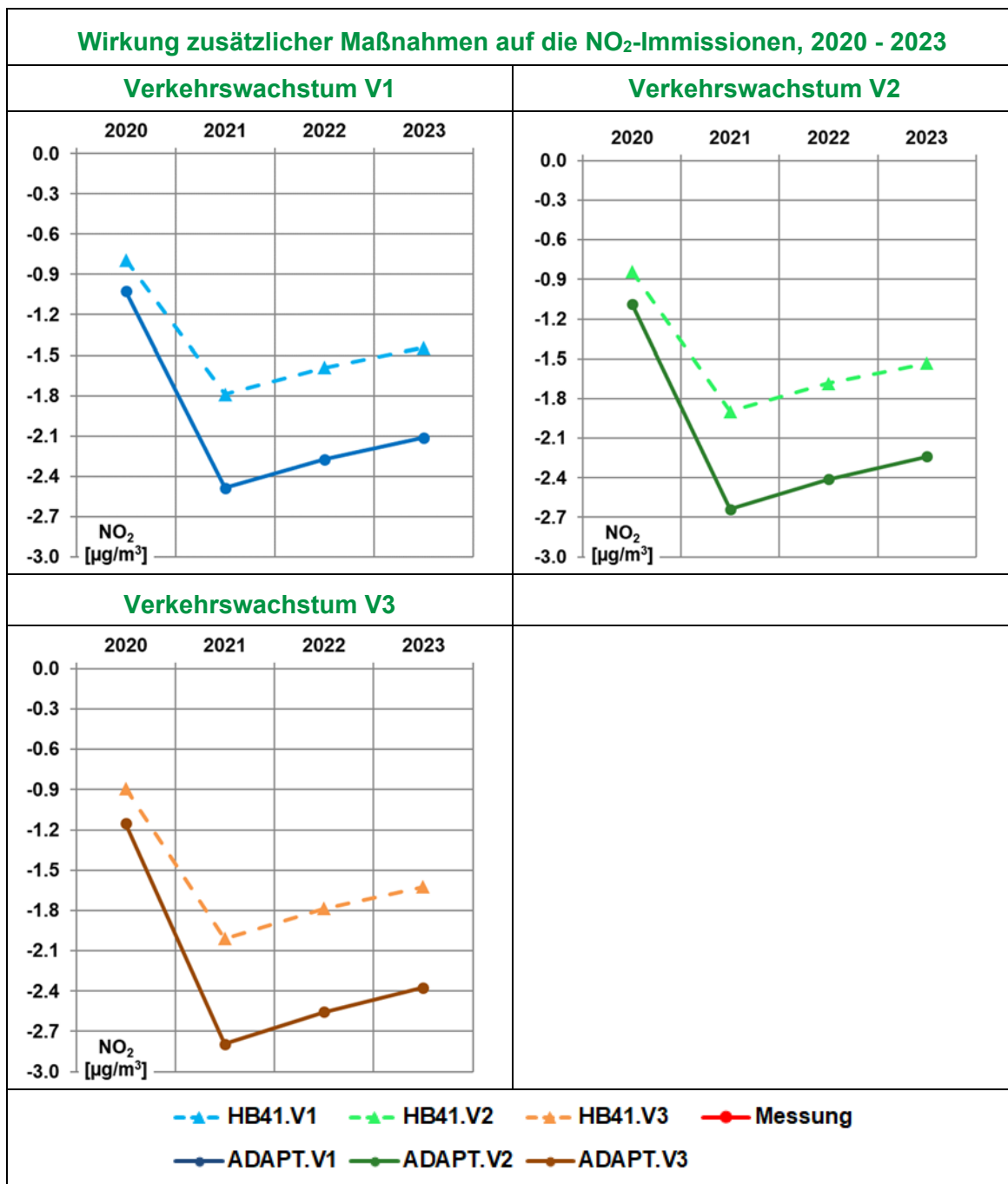


Abbildung 5.3: Wirkung zusätzlicher Maßnahmen auf die NO₂-Immissionen bei Vomp A12, 2020 - 2023.

In die Grafik der BAU-Szenarien wurden auch die gemessenen NO₂-Jahresmittel bei Vomp A12 für 2018 und 2019 eingetragen. Werte von 2018 und 2019 sind in keiner Weise in die Szenarienberechnungen eingegangen. Die NO₂-Jahresmittel 2018 und 2019 liegen am unteren Rand des 'Szenarientrichters'. Sie entsprechen dem Verkehrsszenarium V1, was ja nur knapp erreicht wurde von 2017-2019.

Im Weiteren gibt es Hinweise, dass die meteorologischen Ausbreitungsbedingungen im Herbst und Winter 2018 und 2019 günstiger gewesen sein könnten als im Jahr 2017. Im Winter war die Windgeschwindigkeit 2018 ganztags höher als 2017 (also bessere Durchmischung und damit quellennah geringere Immissionen), im 2019 während der morgendlichen Rush-Hour bis 9 Uhr. Im Herbst war die Geschwindigkeit im 2018 und 2019 von 9-24 Uhr im Mittel höher als 2017. Die Inversionshäufigkeit im Inntal war im Winter 2018 geringer als 2017 (2019 noch nicht ausgewertet).

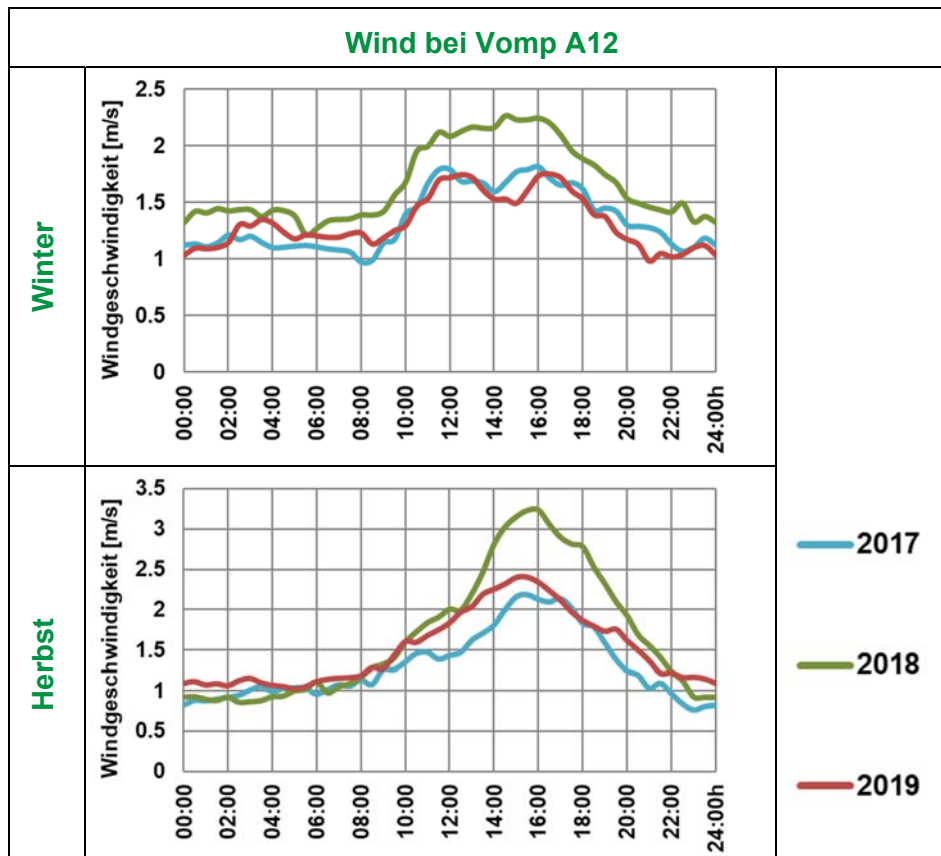


Abbildung 5.4: Tagesgang der mittleren Windgeschwindigkeit bei Vomp A12, 2017 – 2019.

Die NO₂-Jahresmittel 2018 und 2019 hätten also leicht auch etwas höher ausfallen können; von daher erscheint die postulierte Sicherheits-Reserve von 2 µg/m³ NO₂ gegenüber dem Grenzwert als angemessen.

6. Zusammenfassung

Emissionsberechnung Die Stickoxidemissionen (NO_x und NO₂) wurden für jede Stunde von 2009-2019 nach dem Handbuch HBEFA4.1 berechnet. Dabei wurde die Emission jeder Fahrzeugkategorie durch Multiplikation des Verkehrsaufkommens mit dem mittleren Emissionsfaktor (EFA) nach HBEFA4.1 in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit in dieser Stunde bestimmt. Dabei wurden drei Autobahnabschnitte betrachtet: Vomp (A12), Hallein (A10) und Reiden (CH-A2).

Verkehrsentwicklung Der Verkehr hat von 2009-2019 auf allen drei betrachteten Autobahnen generell zugenommen, am meisten bei den Lfw (+35% bis +45%) und bei den SNF auf der A12 (+30%).

Euroklassen Die EFA hängen stark von der Fahrzeugkategorie und dort von der Euroklasse ab. Modernere Fahrzeuge haben in der Regel (aber nicht immer) tiefere EFA. Die Euroklassenverteilungen der SLZ, SoloLkw und Busse wurden den Mauterhebungen der Asfinag für Vomp A12 bzw. für Hallein A10 bis 2017 entnommen, extrapoliert für spätere Jahre (nicht-linear). Für den Leichtverkehr (Pkw, Lieferwagen und Motorräder) wurden die Euroklassen dem HBEFA4.1 entnommen.

Emissionsfaktoren Die EFA der Stickoxide haben sich vom HBEFA3.3 auf das HBEFA4.1 deutlich geändert, und zwar unterschiedlich je Jahr. Mit Ausnahme von Bussen und Motorrädern sind die EFA mit dem neuen HB durchwegs höher, vor allem bei den Pkw und Lfw und bei den SNF (SLZ und Lkw) ab 2018.

NO_x-Emissionen Nach dem neuen HBEFA4.1 verlaufen die NO_x-Emissionen von 2009-2019 nun akzeptabel parallel zu den NO_x-Immissionen. Die NO_x-Emissionen des Autobahnverkehrs sind mit dem HBEFA4.1 im Vergleich zum HBEFA3.3 höher, und zwar zunehmend mit den Jahren. In Österreich dürften sie heute etwa 30-40% höher als gemäß HBEFA3.3 sein. Im Innerortsverkehr in Österreich beträgt die Zunahme etwa 50%.

Sonntagsdiskrepanz Die bereits mit den früheren HB-Versionen festgestellte Sonntagsdiskrepanz besteht auch mit dem HBEFA4.1 immer noch, wenn auch in einem geringeren Ausmaß. Der Montag hingegen zeigt keine Diskrepanz (Immissionen und Emissionen müssen grundsätzlich zusammenpassen, und die saubere Luft vom Sonntag hält nicht nach).

Variante EFA

Mitte März 2020 wurde auch in Österreich ein allgemeiner Lock-down ausgerufen. In der Folge hat sich der SNF-Verkehr auf der A12 wenig verringert, der Pkw-Verkehr ist stark eingebrochen. Die Werktage nach dem 15. März 2020 sind also quasi 'Anti-Sonntage', mit werktäglichem Lkw-Verkehr und sehr wenigen Pkw und wenigen Lfw. Dies wurde verwendet, um die neu berechneten NO_x-Emissionen gemäß HBEFA4.1 kritisch zu hinterfragen. Es ergaben sich Diskrepanzen zwischen dem Verhalten der NO_x-Immissionen und der NO_x-Emissionen; dies führte zu einer Variante bei den EFA für NO_x und NO₂, welche in der Aktualisierung der Szenarien für die A12 zur Anwendung kam.

Zukunftsszenarien

Die Zukunftsszenarien für Vomp A12 von 2020-2023 wurden auf Basis des HBEFA4.1 aktualisiert. Dabei geht es um die NO₂-Entwicklung ohne weitere Maßnahmen (BAU) und bei zusätzlichen Maßnahmen im Bereich von Euroklassenverboten, Nachtfahrverbot und sektorialem Fahrverbot für den schweren Güterverkehr (Stand Juli 2019).

Reserve zum Grenzwert

Für eine Grenzwerteinhaltung des NO₂-Jahresmittels sollte eine Reserve von ca. 2 µg/m³ einberechnet werden, welche wegen unterschiedlicher meteorologischer Bedingungen, Stau, Restbeständen alter Euroklassen etc. notwendig werden könnte.

Szenarienergebnisse

- In jedem Szenarium ist der NO₂-Grenzwert ab dem Jahr 2022 erfüllt, auch ohne zusätzliche Maßnahmen, allerdings auch ohne Reserve.
- Bei kleinem und mittlerem Verkehrswachstum wird der NO₂-Grenzwert im Maßnahmen-Szenarium bereits im Jahr 2021 erfüllt.
- Die postulierten Maßnahmen auf der A12 erlauben die Grenzwerteinhaltung schon rund ein Jahr früher und bringen eine Reduktion des NO₂-Jahresmittels bis zu 2.7 µg/m³.
- Mit einer Sicherheitsreserve von 2 µg/m³ NO₂ wird der Grenzwert ohne weitere Maßnahmen im Jahr 2023 erreicht, mit zusätzlichen Maßnahmen ein Jahr früher 2022.

7. Dokumentation der Ergebnisse der Szenarien 2020-2023

Tabelle 7.1: Dokumentation zu den Zukunftsszenarien 2020 – 2023, BAU-Szenarien, EFA-Variante 'HB 41'.

SzeName	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Diff zu GSze	Diff zu GSze	Diff zu GSze	Diff zu GSze
BAU HB41	g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m ³	g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m ³
<i>Messung</i>			81.7	53.6				
G1.17.H41.00	1'448.0	406.9	81.7	53.6	0.0	0.0	0.0	0.0
BAU.20.H41.V1	1'078.2	330.0	62.1	43.7	-369.9	-76.9	-19.6	-9.9
BAU.21.H41.V1	961.4	299.5	55.8	39.8	-486.6	-107.4	-25.9	-13.8
BAU.22.H41.V1	869.1	272.0	50.9	36.4	-578.9	-134.9	-30.8	-17.2
BAU.23.H41.V1	787.6	247.2	46.5	33.4	-660.5	-159.7	-35.2	-20.2
BAU.20.H41.V2	1'116.7	341.2	64.3	45.1	-331.3	-65.7	-17.4	-8.5
BAU.21.H41.V2	995.7	309.7	57.8	41.1	-452.3	-97.2	-23.9	-12.5
BAU.22.H41.V2	900.4	281.4	52.6	37.6	-547.7	-125.5	-29.1	-16.0
BAU.23.H41.V2	816.2	255.9	48.1	34.5	-631.9	-151.0	-33.6	-19.1
BAU.20.H41.V3	1'156.3	352.6	66.5	46.6	-291.8	-54.3	-15.2	-7.0
BAU.21.H41.V3	1'030.9	320.2	59.8	42.5	-417.1	-86.7	-21.9	-11.1
BAU.22.H41.V3	932.5	291.0	54.4	38.9	-515.6	-115.9	-27.3	-14.7
BAU.23.H41.V3	845.5	264.8	49.8	35.7	-602.5	-142.1	-31.9	-17.9

Tabelle 7.2: Dokumentation zu den Zukunftsszenarien 2020 – 2023, BAU-Szenarien, EFA-Variante 'EFAadapt'.

SzeName	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Diff zu GSze	Diff zu GSze	Diff zu GSze	Diff zu GSze
BAU EFAadapt	g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m ³	g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m ³
<i>Messung</i>			81.7	53.6				
G1.17.H41.00	1'450.5	400.6	81.7	53.6	0.0	0.0	0.0	0.0
BAUada.20.H41.V1	1'087.3	324.6	63.3	44.1	-363.2	-75.9	-18.4	-9.5
BAUada.21.H41.V1	970.9	294.0	57.2	40.2	-479.5	-106.5	-24.5	-13.4
BAUada.22.H41.V1	878.8	266.5	52.3	36.9	-571.7	-134.1	-29.4	-16.7
BAUada.23.H41.V1	797.4	241.7	47.9	33.8	-653.1	-158.9	-33.8	-19.8
BAUada.20.H41.V2	1'129.5	336.2	65.7	45.6	-321.0	-64.4	-16.0	-8.0
BAUada.21.H41.V2	1'009.0	304.7	59.4	41.7	-441.5	-95.9	-22.3	-11.9
BAUada.22.H41.V2	913.8	276.3	54.3	38.2	-536.7	-124.3	-27.4	-15.4
BAUada.23.H41.V2	829.8	250.8	49.8	35.1	-620.7	-149.8	-31.9	-18.5
BAUada.20.H41.V3	1'172.9	348.0	68.2	47.3	-277.5	-52.5	-13.5	-6.3
BAUada.21.H41.V3	1'048.1	315.6	61.6	43.2	-402.4	-85.0	-20.1	-10.4
BAUada.22.H41.V3	949.9	286.4	56.4	39.6	-500.6	-114.2	-25.3	-14.0
BAUada.23.H41.V3	863.2	260.1	51.8	36.3	-587.3	-140.4	-29.9	-17.3

Tabelle 7.3: Dokumentation zu den Zukunftsszenarien 2020 – 2023, Maßnahmen-Szenarien, EFA-Variante 'HB 41'.

SizeName	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Diff zu GSze	Diff zu GSze	Diff zu GSze	Diff zu GSze
Maßnahmen HB 41	g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m ³	g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m ³
<i>Messung</i>			81.7	53.6				
G1.17.H41.00	1'448.0	406.9	81.7	53.6	0.0	0.0	0.0	0.0
SFV.20.H41.V1	1'053.3	325.1	60.6	42.9	-394.8	-81.8	-21.1	-10.7
SFV.21.H41.V1	933.1	294.9	52.7	38.0	-515.0	-112.0	-29.0	-15.6
SFV.22.H41.V1	848.9	268.6	48.3	34.8	-599.1	-138.3	-33.4	-18.8
SFV.23.H41.V1	771.8	244.8	44.2	32.0	-676.2	-162.1	-37.5	-21.6
SFV.20.H41.V2	1'090.3	335.9	62.7	44.3	-357.7	-70.9	-19.0	-9.3
SFV.21.H41.V2	965.7	304.9	54.5	39.2	-482.3	-102.0	-27.2	-14.4
SFV.22.H41.V2	879.0	277.8	49.9	36.0	-569.1	-129.1	-31.8	-17.6
SFV.23.H41.V2	799.5	253.3	45.7	33.0	-648.6	-153.5	-36.0	-20.6
SFV.20.H41.V3	1'128.3	347.1	64.8	45.7	-319.7	-59.8	-16.9	-7.9
SFV.21.H41.V3	999.2	315.1	56.3	40.5	-448.9	-91.8	-25.4	-13.1
SFV.22.H41.V3	909.8	287.3	51.6	37.1	-538.2	-119.6	-30.1	-16.5
SFV.23.H41.V3	827.9	262.1	47.2	34.1	-620.2	-144.8	-34.5	-19.5

Tabelle 7.4: Dokumentation zu den Zukunftsszenarien 2020 – 2023, Maßnahmen-Szenarien, EFA-Variante 'EFAadapt'.

SzeName	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Diff zu GSze	Diff zu GSze	Diff zu GSze	Diff zu GSze
Maßnahmen EFAadapt	g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m ³	g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m ³
<i>Messung</i>			81.7	53.6				
G1.17.H41.00	1'450.5	400.6	81.7	53.6	0.0	0.0	0.0	0.0
SFVada.20.H41.V1	1'054.4	318.4	61.3	43.1	-396.1	-82.2	-20.4	-10.5
SFVada.21.H41.V1	936.3	288.4	52.9	37.8	-514.2	-112.1	-28.8	-15.8
SFVada.22.H41.V1	853.6	262.3	48.6	34.6	-596.8	-138.2	-33.1	-19.0
SFVada.23.H41.V1	777.8	238.7	44.6	31.7	-672.6	-161.9	-37.1	-21.9
SFVada.20.H41.V2	1'094.6	329.5	63.6	44.6	-355.9	-71.0	-18.1	-9.0
SFVada.21.H41.V2	972.3	298.7	54.9	39.0	-478.2	-101.8	-26.8	-14.5
SFVada.22.H41.V2	887.2	271.9	50.4	35.8	-563.3	-128.7	-31.3	-17.8
SFVada.23.H41.V2	809.1	247.6	46.3	32.8	-641.4	-153.0	-35.4	-20.8
SFVada.20.H41.V3	1'136.0	341.0	66.0	46.1	-314.5	-59.6	-15.7	-7.5
SFVada.21.H41.V3	1'009.2	309.3	56.9	40.4	-441.2	-91.3	-24.8	-13.2
SFVada.22.H41.V3	921.7	281.7	52.2	37.0	-528.8	-118.8	-29.5	-16.6
SFVada.23.H41.V3	841.2	256.7	48.0	34.0	-609.2	-143.8	-33.7	-19.6