

Verifizierung von NOx-Emissions- faktoren auf Autobahnen anhand von Lockdown-Effekten auf A12 und A13

Dr. Jürg Thudium
18.08.2020 / 5848.00

Oekoscience AG

Postfach 452
CH - 7001 Chur

Telefon: +4181 250 3310
Thudium@oekoscience.ch

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
2. Methodik	7
3. Rekapitulation: Langzeitlicher Verlauf der Emissionen und Immissionen an NOx	8
3.1. Verlauf der NOx-Emissionen und -Immissionen bei Vomp A12 von 2009 bis 2019	8
3.2. Gegenüberstellung der NOx-Emissionen und -Immissionen auf den Autobahnen A12, A10 und CH-A2 von 2009 bis 2019	9
4. Effekt des Lockdowns im März/April 2020 auf den Verkehr der A12 und A13	13
5. Effekt des Lockdowns im März/April 2020 auf die NOx-Immissionen und -Emissionen bei der A12 und A13	15
6. Korrektur der NOx-Emissionsfaktoren zur Anpassung des I/E-Verlaufs im Lockdown	18
7. Effekt des HBEFA4.1 auf die Sonntagsabsenkung	21
8. Zusammenfassung	24

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: Monatsmittel der Emissionen und Immissionen an NO _x für 2009-2019 bei Vomp A12/Schwaz.	8
Abbildung 3.2: Emissionen (nach HBEFA4.1 und HBEFA3.3 normiert auf 2009) und Immissionen von NO _x für 2009-2019 bei Vomp A12/Schwaz, Hallein A10 und Reiden CH-A2.	10
Abbildung 3.3: Trendlinien der Emissionen (nach HBEFA4.1) und Immissionen von NO _x für 2009-2019 bei Vomp A12/Schwaz, Hallein A10 und Reiden CH-A2.	11
Abbildung 4.1: Tagesmittel des Verkehrs auf der A12 bei Schwaz bzw. A13 bei Gärberbach 2018, 2019 und 2020, jeweils 1.2. ñ 30.4., Lockdown im 2020 ab 15.3.2020.	14
Abbildung 5.1: Tagesmittel der NO _x -Emissionen und ñImmissionen an der A12 bei Vomp/Schwaz bzw. A13 bei Mutters/Gärberbach 2018, 2019 und 2020, jeweils 1.2. ñ 30.4., Lockdown im 2020 ab 15.3.2020.	16
Abbildung 5.2: Gleitende 7-Tagemittel des Faktors τ ($=I_{NOx}/E_{NOx}$ mit Berücksichtigung eines NO _x -Hintergrundes von 5 ppb, während Lockdown von 4 ppb) an der A12 bei Vomp/Schwaz bzw. A13 bei Mutters/Gärberbach 2018, 2019 und 2020, jeweils 1.2. ñ 30.4., Lockdown im 2020 ab 15.3.2020.	17
Abbildung 6.1: Gleitende 7-Tagemittel des Faktors τ ($=I_{NOx}/E_{NOx}$ mit Berücksichtigung eines NO _x -Hintergrundes von 5 ppb, während Lockdown von 4 ppb) an der A12 bei Vomp/Schwaz (oben) bzw. A13 bei Mutters/Gärberbach (Mitte) 2018, 2019 und 2020 sowie 2020 mit korrigierten NO _x -EFA, jeweils 01.02. ñ 30.04., Lockdown im 2020 ab 15.03.2020. Unten: Tagesinversionshäufigkeit beim TP Radfeld 01.02.-30.04.2020.	19
Abbildung 7.1: Absenkung der NO _x -Immissionen und -Emissionen (nach HBEFA4.1) an Sonn- und Feiertagen (10-17 h ganzes Jahr) bei Vomp A12/Schwaz, 2009-2019.	22
Abbildung 7.2: Absenkung der NO _x -Immissionen und -Emissionen (nach HBEFA4.1) an Sonn- und Feiertagen (0-24 h ganzes Jahr) bei Vomp A12/Schwaz, 2009-2019.	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 6.1: Anpassung der NO _x -Emissionsfaktoren für Autobahnen an die Erkenntnisse aus dem Lockdown auf A12 und A13, ausgehend vom HBEFA4.1.	20
Tabelle 7.1: Absenkung (A) der NO _x -Emissionen und -Immissionen bei Vomp A12/Schwaz für Sonn- und Feiertage im Vergleich zu den Werktagen Montag-Freitag und Diskrepanz A(E)-A(I) für HBEFA4.1 und Variante 'EFAadapt', 2017-2019.	23

1. Einleitung

Im Zuge der Implementierung des HBEFA4.1 in die Berechnung der Stickoxidemissionen auf der A12 hat sich gezeigt, dass diese Emissionen langfristig nun gut zusammen mit den entsprechenden Immissionen verlaufen, dass aber immer noch sonntags, wenn die Lkw weitgehend fehlen, die Immissionen mehr zurückgehen als die berechneten Emissionen, was auf eine Unterschätzung der realen Lkw-Emissionen hinweist (inkl. Manipulationen und Defekte).

Um mehr Einsicht in die Relation der NOx-Emissionen des Leicht- und des Schwerverkehrs zu erhalten, wurde der Effekt des Lockdowns nach Mitte März 2020 auf den Verkehr auf der A12/A13 näher betrachtet: Der SNF-Verkehr hat sich während des Lockdowns wenig verringert, der Pkw-Verkehr ist nahezu vollständig eingebrochen. Die Werktage nach dem 15. März 2020 sind also quasi 'Anti-Sonntage', mit werktäglichem Lkw-Verkehr und wenigen Pkw und auch weniger Lkw als normal. Diese außerordentliche Situation wurde zur Untersuchung der Relation zwischen Leichtverkehrs- und Lkw-Emissionen an NOx verwendet.

Die Immissionsmessstelle **Vomp A12** liegt am Abschnitt Vomp-Schwaz der A12, dessen Verkehrsaufkommen durch die Zählstelle **Schwaz** erfasst wird. Die Immissionsmessstelle **Mutters** liegt an der A13, das entsprechende Verkehrsaufkommen wird durch die Zählstelle **Gärberbach** erfasst.

2. Methodik

Eine direkte Immissionsbetrachtung ist allerdings nicht zielführend bei der Frage der Leichtverkehrs- und Lkw-Emissionen an NO_x: Die Umsetzung der Emissionen in Immissionen hängt stark von den atmosphärischen Gegebenheiten ab. Nun ist es so, dass eine Emissionseinheit im Mittel im Januar zu den höchsten Immissionen führt, im Februar nicht viel weniger, die tiefsten Immissionen werden im Mittel im Mai erreicht, im April nicht viel höher. Von Februar bis April findet sich also natürlicherweise eine starke Abnahme der Immission pro Emissionseinheit (des Faktors τ [Tau]), währenddem die erneute Zunahme sich über viele Monate Zeit lassen kann.

Zur Frage ob die ermittelte Emissionsabnahme nach dem Lockdown korrekt ist (die NO_x-Emissionen der Lkw im Verhältnis zum Leichtverkehr also in korrekter Relation stehen), wurde ein Vergleich mit den Vorjahren angestellt. Dazu wurden für den Zeitraum Februar bis ca. Mitte April der Jahre 2018, 2019 und 2020 für jeden Tag die Verhältnisse I/E ('Tau') von NO_x gebildet (unter Berücksichtigung eines in jedem Jahr gleichen Immissions-Hintergrundes an NO_x). Die Tau-Werte müssen plausibel vor dem Hintergrund der meteorologischen Bedingungen sein. Wenn nicht, sind die EFA (Emissionsfaktoren) der Lkw so zu erhöhen, dass sie zumindest plausibel erscheinen. Diese Erhöhung konnte also nur eine Schätzung sein. Dabei mussten die EFA der Pkw und Lfw so verringert werden, dass die Gesamtemissionen konstant blieb, denn diese zeigen nun mit dem HBEFA4.1 langfristig einen Gleichlauf mit den Immissionen (s. Kap. 3).

Solche EFA-Erhöhen der SoloLkw und der SLZ würden als Variante Eingang finden in Szenarienberechnungen (nicht Gegenstand dieses Projektes), um die Sensitivität der Szenarien auf EFA-Variabilität zu erfassen. Hingegen wird im Rahmen dieses Projektes der Einfluss solcher EFA-Erhöhen auf die Sonntagsdiskrepanz geprüft.

3. Rekapitulation: Langzeitlicher Verlauf der Emissionen und Immissionen an NOx

Dieses Kapitel wird aus dem Bericht "Berechnung der Stickoxidemissionen auf der A12 nach HBEFA4.1 und Aktualisierung der Zukunftsszenarien 2020 ñ 2023", Oekoscience, Mai 2020 übernommen. Es präsentiert die langzeitlichen Verläufe der NOx-Emissionen und ñImmissionen an straßennahen Messstationen. Ausgehend von diesen Erkenntnissen wurden die Effekte des Lockdowns im März/April 2020 untersucht.

3.1. Verlauf der NOx-Emissionen und -Immissionen bei Vomp A12 von 2009 bis 2019

Die nach HBEFA4.1 berechneten NOx-Emissionen werden im Monatsverlauf den gemessenen NOx-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.

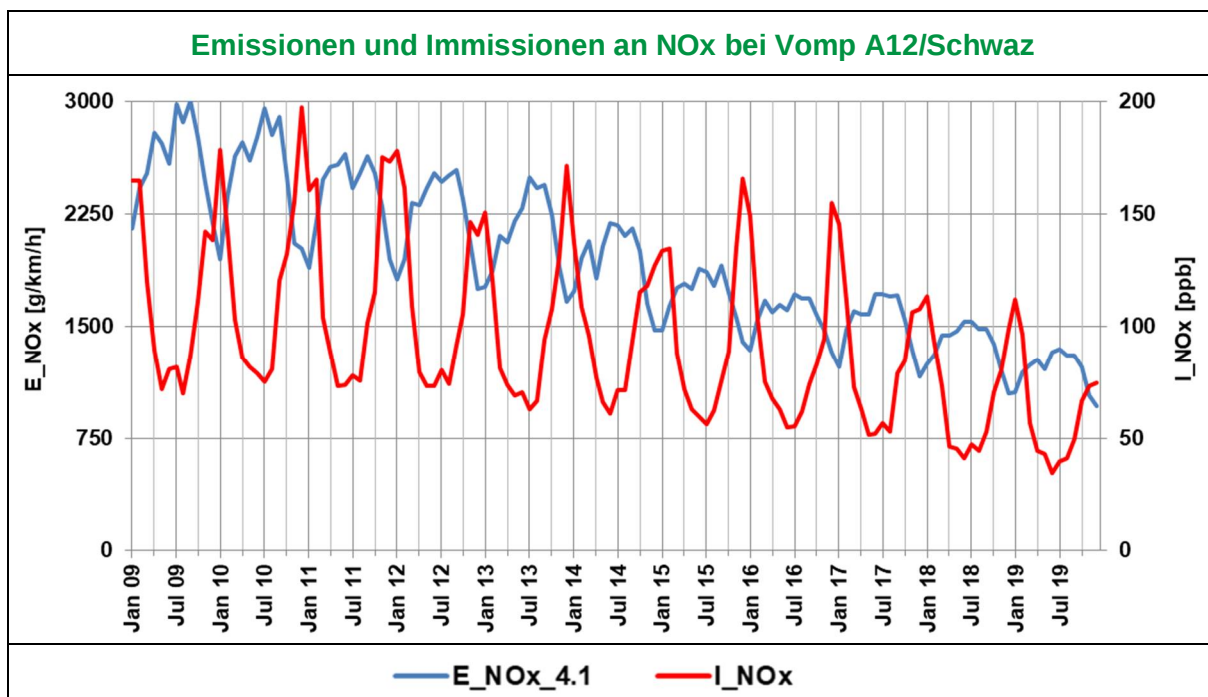


Abbildung 3.1: Monatsmittel der Emissionen und Immissionen an NOx für 2009-2019 bei Vomp A12/Schwaz.

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

Grundsätzlich ist zu erwarten, dass der zeitliche Verlauf der NOx-Immissionen parallel zu den NOx-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 NOx-Emissionen nun akzeptabel parallel zu den NOx-Immissionen. Die Immissionskurve schwankt aufgrund meteorologischer Gegebenheiten, so dass zufällige Schwankungen auch des linearisierten Verlaufs (Trendlinie) auftreten.

Die folgenden Abbildungen zeigen den Verlauf der NOx-Immissionen und der -Emissionen nach HBEFA4.1 und nach HBEFA3.3 für drei Autobahnstationen.

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 NOx-Emissionen (nach HBEFA4.1) 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.

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

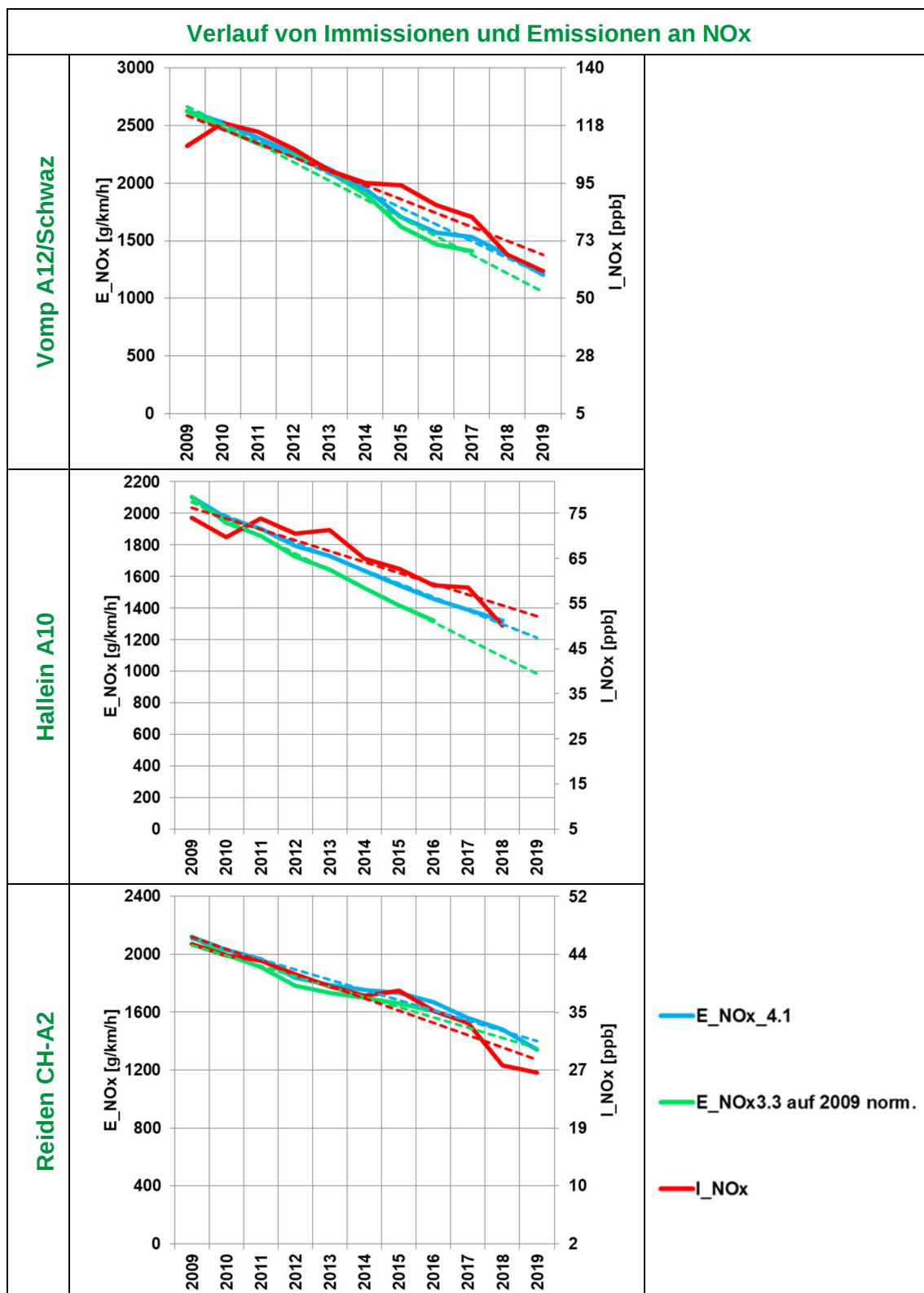


Abbildung 3.2: Emissionen (nach HBEFA4.1 und HBEFA3.3 normiert auf 2009) und Immissionen von NOx für 2009-2019 bei Vomp A12/Schwarz, Hallein A10 und Reiden CH-A2.

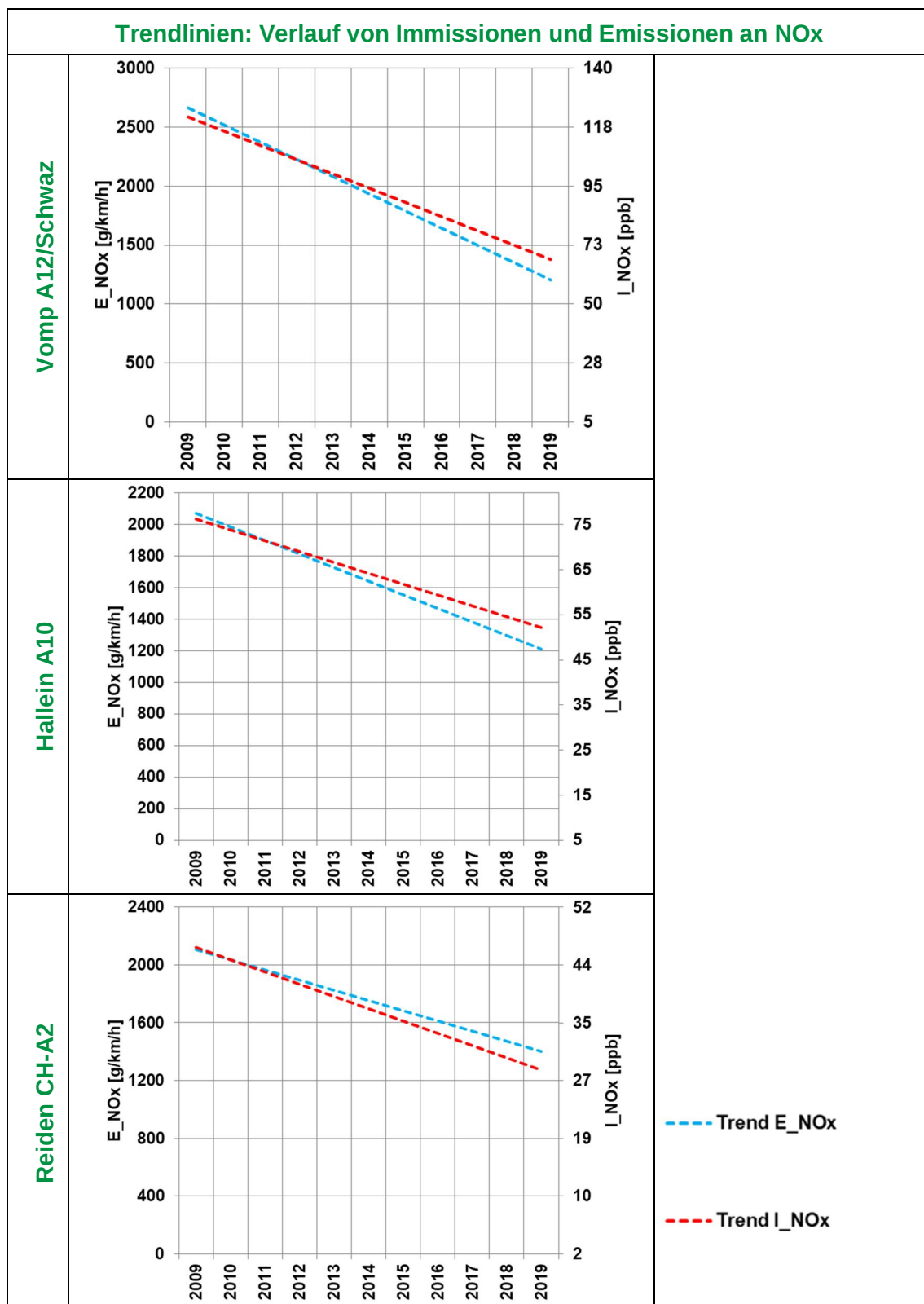


Abbildung 3.3: Trendlinien der Emissionen (nach HBEFA4.1) und Immissionen von NOx für 2009-2019 bei Vomp A12/Schwarz, Hallein A10 und Reiden CH-A2.

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

Die NOx-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).

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

Mitte März 2020 wurde auch in Österreich ein allgemeiner Lockdown ausgerufen. In der Folge hat sich der SNF-Verkehr wenig verringert, der Pkw- und Lfw-Verkehr ist stark eingebrochen. In dieser Studie werden die Verhältnisse an der A12 (Zählstelle Vomp, Immissionsmessstelle Vomp A12) und an der A13 (Zählstelle Gärberbach, Immissionsmessstelle Mutters) untersucht.

Die Werktage nach dem 15. März 2020 waren also quasi 'Anti-Sonntage', mit nahezu normalem werktäglichem Lkw-Verkehr und relativ wenigen Pkw und Lfw.

Normalerweise verläuft das Verkehrsaufkommen der verschiedenen Fahrzeugkategorien von Februar bis April ziemlich konstant (s. 2018 und 2019). Lediglich an Ostern gibt es jeweils Auffälligkeiten, die sich sowohl bei Vomp als auch bei Gärberbach zeigen.

Im 2020 gab es nach dem 15.03. einen leichten Rückgang bei den Lkw und einen starken bei den Pkw und Lfw. Von anfangs April an gab es bei allen Fahrzeugkategorien einen Wiederanstieg, ohne aber bis Ende April das frühere Aufkommen wieder zu erreichen. Die Lkw zeigten Ende März vor dem Wiederanstieg eine deutliche Abnahme, welche die anderen Fahrzeugkategorien nicht zeigten.

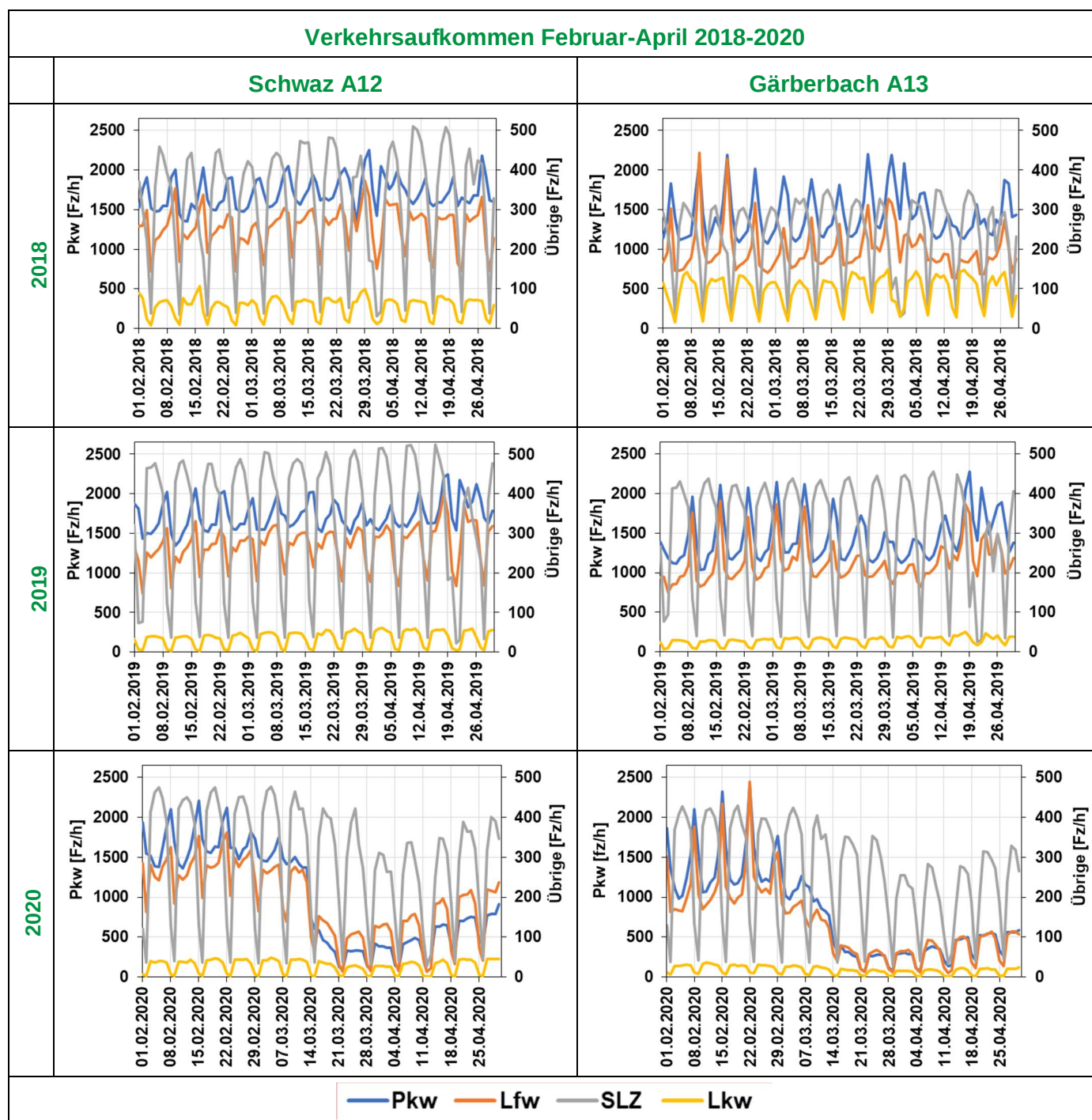


Abbildung 4.1: Tagesmittel des Verkehrs auf der A12 bei Schwaz bzw. A13 bei Gärberbach 2018, 2019 und 2020, jeweils 1.2. – 30.4., Lockdown im 2020 ab 15.3.2020.

5. Effekt des Lockdowns im März/April 2020 auf die NOx-Immissionen und -Emissionen bei der A12 und A13

Die NOx-Emissionen wurden nach dem HBEFA4.1 berechnet. Da das Verkehrsaufkommen der verschiedenen Fahrzeugkategorien von Februar bis April normalerweise ziemlich konstant verläuft, verlaufen auch die NOx-Emissionen normalerweise ziemlich konstant (2018 und 2019). Im 2020 hingegen hatte der Verkehrseinbruch infolge des Lockdowns einen entsprechenden Einbruch der NOx-Emissionen zur Folge. Prozentual war dieser Einbruch bei Gärberbach deutlich größer als bei Schwaz, weil der Brennerpass außer für den Lkw-Verkehr praktisch ganz gesperrt war.

Trotz der konstanten NOx-Emissionen von Februar-April nahmen die NOx-Immissionen im Mittel über diesen Zeitraum 2018 und 2019 ab, moduliert durch die Wetterlagen. Dies ist eine Folge der zunehmend besseren meteorologischen Ausbreitungsbedingungen. Im 2020 hingegen nahmen die gemessenen NOx-Immissionen in Folge des Lockdowns prozentual weniger ab als die berechneten Emissionen; dies ergibt den Eindruck, dass die Emissionen der im Lockdown verbliebenen Fahrzeuge (hauptsächlich Lkw) vom HBEFA4.1 zu tief berechnet werden. Besonders deutlich ist dies während des verkehrsmäßig stärksten Lockdowns von Mitte März bis anfangs April zu sehen, als der Anteil der Lkw am Gesamtverkehr besonders groß war.

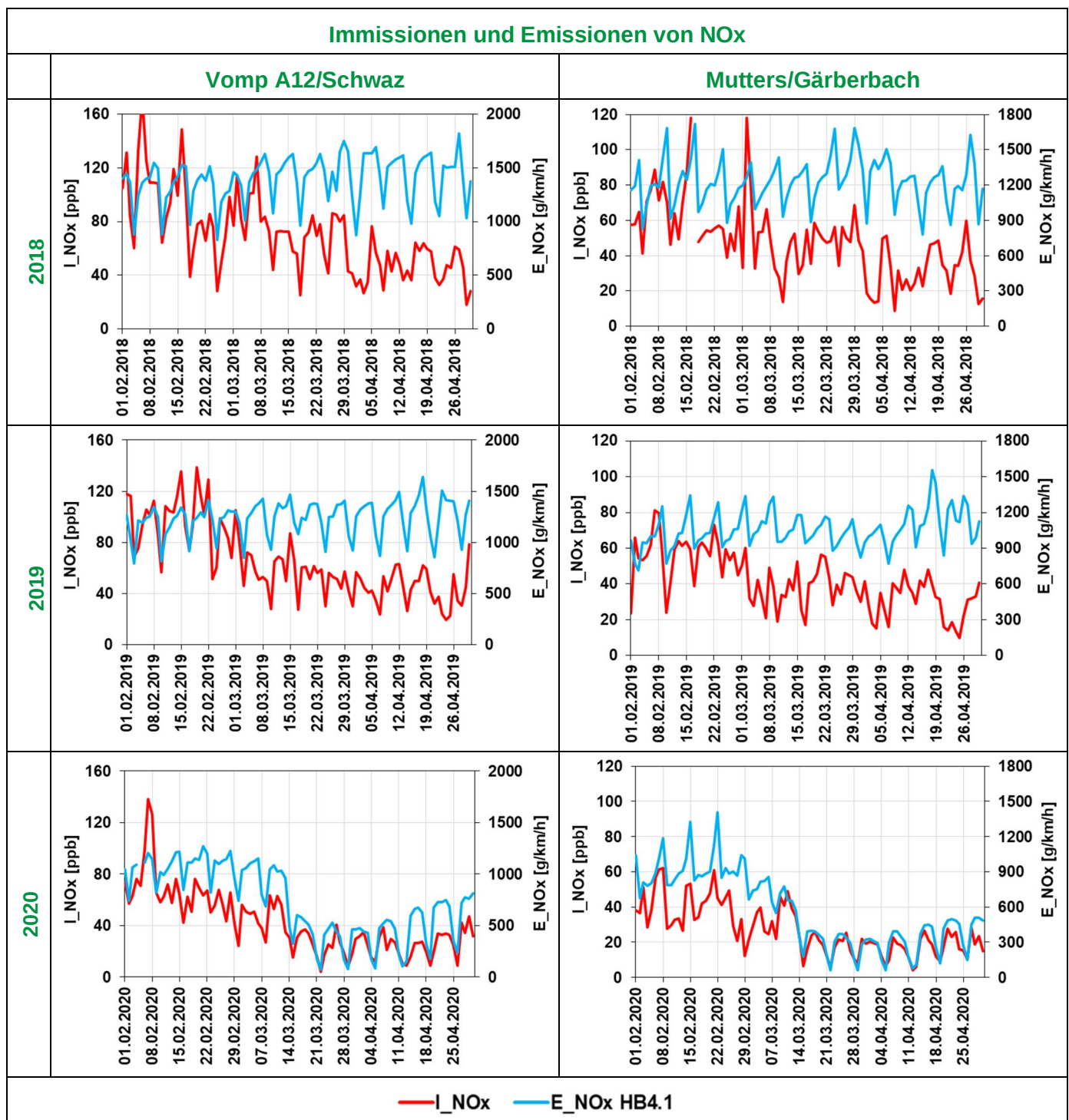


Abbildung 5.1: Tagesmittel der NOx-Emissionen und –Immissionen an der A12 bei Vomp/Schwarz bzw. A13 bei Mutters/Gärberbach 2018, 2019 und 2020, jeweils 1.2. – 30.4., Lockdown im 2020 ab 15.3.2020.

Zusammengefasst kann das ausscherende Verhalten der NOx-Immissionen und Emissionen während des Lockdowns 2020 am Faktor τ gezeigt werden, dem Verhältnis zwischen Immission und Emission unter Berücksichtigung eines Im-

missionshintergrundes (nicht von der A12/A13 stammend). Dieser Hintergrund wurde mit 5 ppb NOx angesetzt, während des Lockdowns zu 4 ppb; angesichts der Messdaten erscheint dies die obere Grenze zu sein. Ein kleinerer Hintergrund würde zu einer größeren Diskrepanz während des Lockdowns führen.

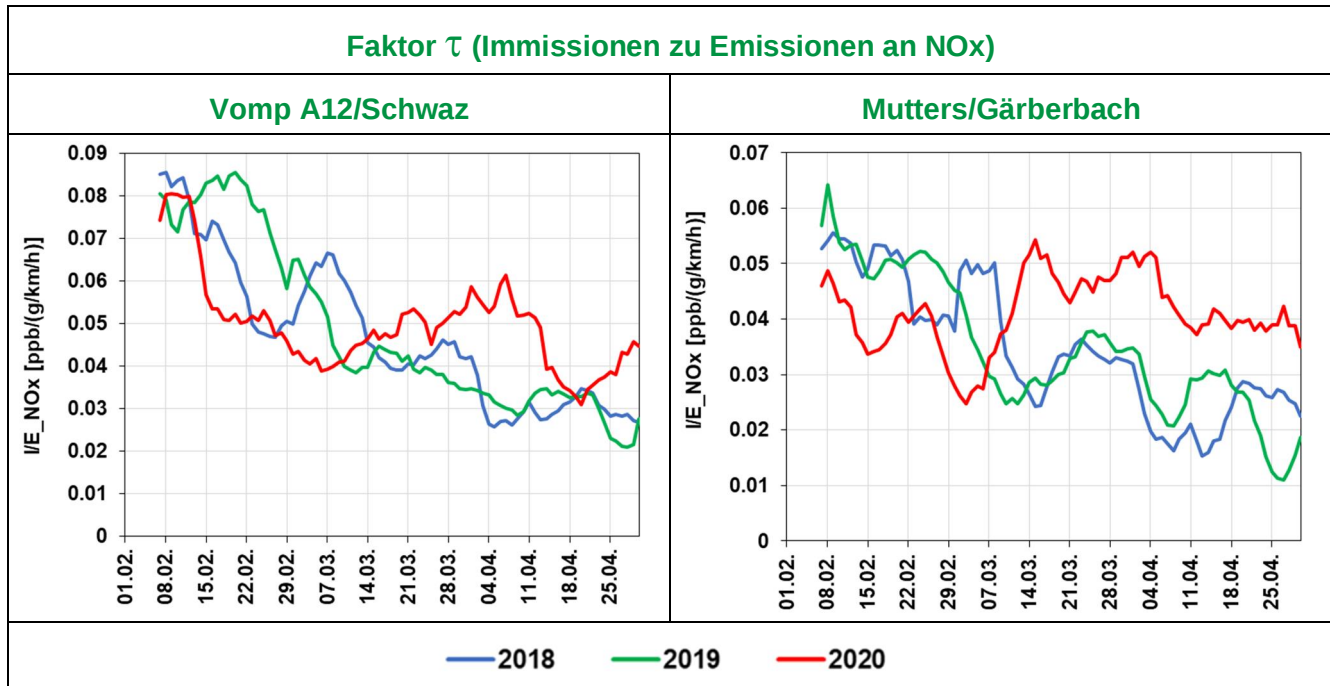


Abbildung 5.2: Gleitende 7-Tagemittel des Faktors τ ($=I_{\text{NOx}}/E_{\text{NOx}}$ mit Berücksichtigung eines NOx-Hintergrundes von 5 ppb, während Lockdown von 4 ppb) an der A12 bei Vomp/Schwaz bzw. A13 bei Mutters/Gärberbach 2018, 2019 und 2020, jeweils 1.2. – 30.4., Lockdown im 2020 ab 15.3.2020.

Von Mitte März bis gegen Mitte April 2020 steigt der Faktor τ wieder an, ist deutlich höher als im gleichen Zeitraum 2018 und 2019; dies deutet darauf hin, dass die im Nenner des Faktors τ stehenden Emissionen insgesamt zu niedrig berechnet werden im Lockdown-Zeitraum. Ansonsten zu normalen Zeiten (s. Kap. 3) scheint der Immissionsverlauf dem Emissionsverlauf beim NOx zu entsprechen.

In Konsequenz dieses Sachverhaltes wurden die NOx-Emissionsfaktoren angepasst, s. Kap. 6.

6. Korrektur der NOx-Emissionsfaktoren zur Anpassung des I/E-Verlaufs im Lockdown

Um die Diskrepanzen zwischen dem Verhalten der NOx-Immissionen und der NOx-Emissionen während des Lockdowns aufzulösen, wurden die NOx-EFA der SoloLkw um +0.2 g/km, der SLZ um +0.3 g/km erhöht. In der Folge waren die EFA der Pkw und Lfw so zu vermindern, dass die Gesamtemissionen außerhalb des Lockdowns gleichbleiben, denn diese passen in ihrem Verlauf ja zu den Immissionen (s. Kap. 3). Dies wurde erreicht, indem die NOx-EFA der Pkw und Lfw um 10% reduziert wurden: die relative Geschwindigkeitsabhängigkeit der EFA blieb davon unberührt.

Damit wurde erreicht, dass der Faktor τ (d.h. die NOx-Emissionen) bis zum Lockdown praktisch ident blieb. Im Lockdown nahmen die Emissionen gegenüber den Berechnungen des HBEFA4.1 zu und also der Faktor τ ab.

Um wieviel der Faktor τ abnimmt, kann nur eine plausible Schätzung sein. Die NOx-EFA müssen sich für A12/Schwaz und A13/Gärberbach gleichermaßen ändern, der geänderte τ -Verlauf gleichermaßen plausibel erscheinen. Im Weiteren sollte der τ -Verlauf plausibel zu den meteorologischen Bedingungen passen. Dazu wurde die tägliche Inversionshäufigkeit bei Radfeld (bestimmt anhand des Temperaturprofils bei Radfeld) herangezogen; die Inversionshäufigkeit ist ein relevanter Indikator für den meteorologischen Einfluss auf die bodennahen Immissionen. Erhöhte Inversionshäufigkeit geht typischerweise mit erhöhten Werten für τ einher.

Von etwa Mitte März bis Ende April 2020 herrschte in Mitteleuropa überwiegend eine anhaltende Hochdrucklage; die Inversionshäufigkeit stieg von anfangs bis Mitte April nochmals deutlich an, was untypisch ist, sank dann deutlich ab, blieb dabei aber auf einem überdurchschnittlichen Wert. Von Mitte März bis anfangs April verblieb die Inversionshäufigkeit bei Radfeld auf einem insgesamt konstanten Niveau.

Genau dieses Zeitfenster wurde betrachtet: Die NOx-EFA wurden so verändert, dass der Faktor τ während dieses Zeitfensters etwa konstant blieb und nicht viel höher als in den beiden Vorjahren war; danach kam es um Mitte April wie bei der Inversionshäufigkeit zu einem deutlichen Rückgang. Mutters/A13 folgte dem Verlauf der Inversionshäufigkeit bei Radfeld schlechter, da dort andere meteorologische Einflüsse gewichtiger sind.

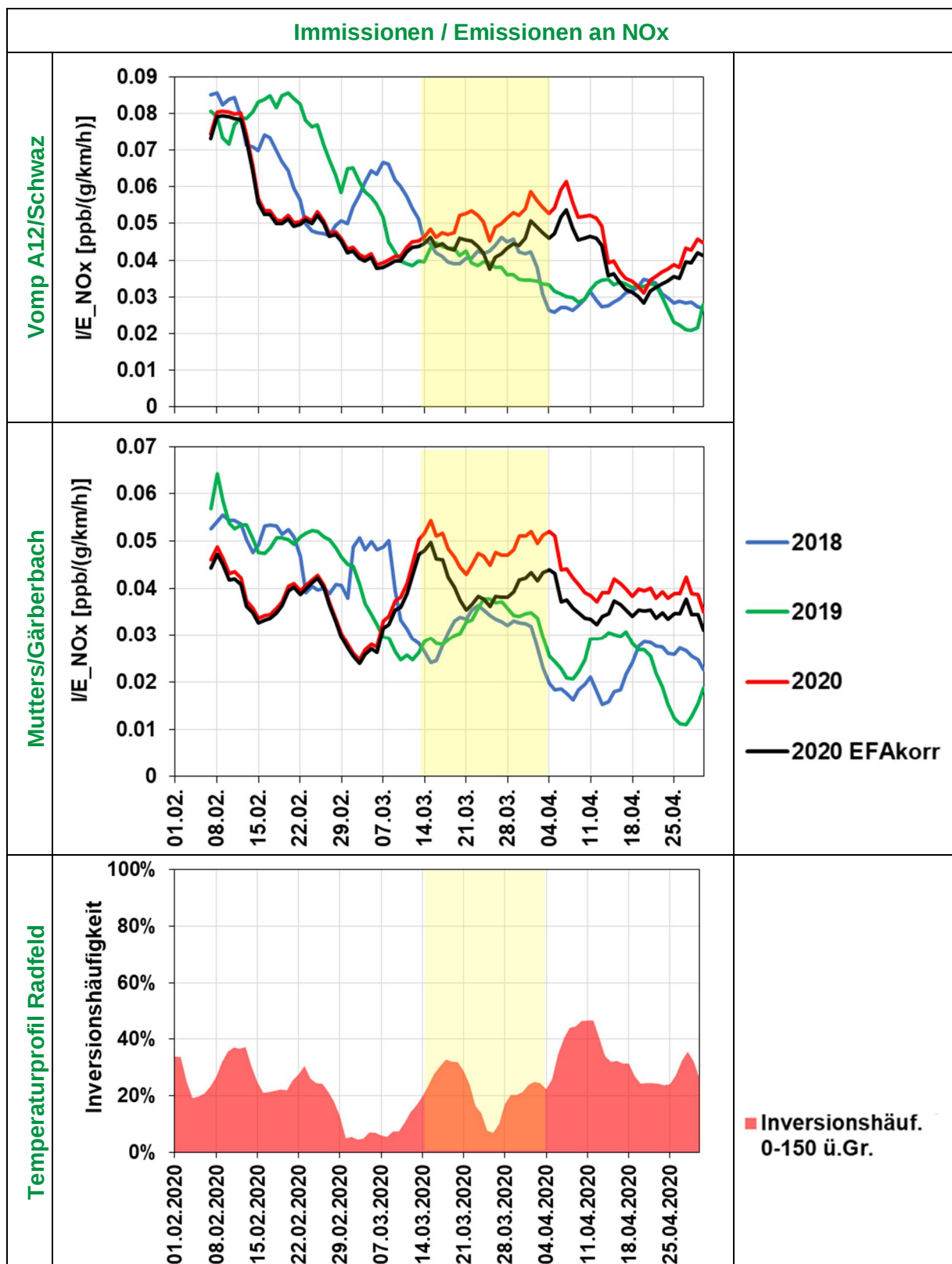


Abbildung 6.1: Gleitende 7-Tagemittel des Faktors τ ($=I_NOx/E_NOx$ mit Berücksichtigung eines NOx-Hintergrundes von 5 ppb, während Lockdown von 4 ppb) an der A12 bei

Vomp/Schwaz (oben) bzw. A13 bei Mutters/Gärberbach (Mitte) 2018, 2019 und 2020 sowie 2020 mit korrigierten NOx-EFA, jeweils 01.02. – 30.04., Lockdown im 2020 ab 15.03.2020. Unten: Tagesinversionshäufigkeit beim TP Radfeld 01.02.-30.04.2020.

Aus diesen Untersuchungen ergab sich für Szenarienberechnungen bei den NOx- 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), nahezu bei Erhaltung der Gesamtemission.

Tabelle 6.1: Anpassung der NOx-Emissionsfaktoren für Autobahnen an die Erkenntnisse aus dem Lockdown auf A12 und A13, ausgehend vom HBEFA4.1.

Fahrzeugkategorie	Änderung NOx-EFA zum HBEFA4.1
Bus	* 1
Motorrad	* 1
Pkw	*0.9
Lieferwagen	*0.9
SoloLkw	+ 0.2 g/km
SLZ	+ 0.3 g/km

7. Effekt des HBEFA4.1 auf die Sonntagsabsenkung

An Sonn- und Feiertagen gibt es eine Absenkung der NOx-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 NOx-Immissionen deutlich größer als bei den NOx-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 etc.).

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.

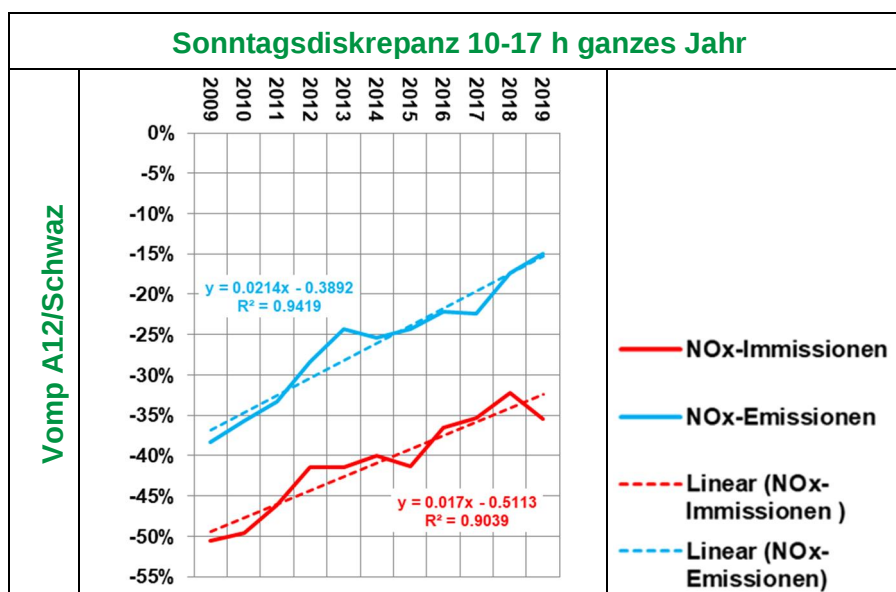


Abbildung 7.1: Absenkung der NOx-Immissionen und -Emissionen (nach HBEFA4.1) an Sonn- und Feiertagen (10-17 h ganzes Jahr) bei Vomp A12/Schwaz, 2009-2019.

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.

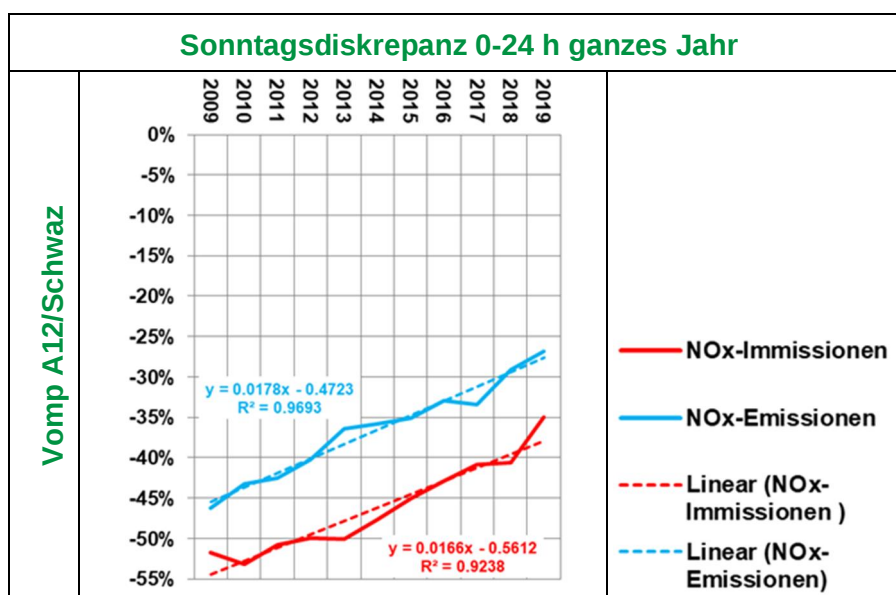


Abbildung 7.2: Absenkung der NOx-Immissionen und -Emissionen (nach HBEFA4.1) an Sonn- und Feiertagen (0-24 h ganzes Jahr) bei Vomp A12/Schwaz, 2009-2019.

Die Sonntagsdiskrepanz verändert sich über die Jahre wenig, beträgt bei Vomp im Mittel 15% (HBEFA4.1, ganzes Jahr, 10:00-16:30 Uhr). Einerseits verlaufen die berechneten Emissionen nun parallel zu den Immissionen 2009-2019, andererseits senken sie sich sonntags weniger ab als die gemessenen NOx-Immissionen.

Für **Vomp A12/Schwaz** wurden die Sonntagsdiskrepanzen nebst gemäß HBEFA4.1 auch für die Variante 'EFAadapt' (s. Kap. 6) berechnet.

Tabelle 7.1: Absenkung (A) der NOx-Emissionen und -Immissionen bei Vomp A12/Schwaz für Sonn- und Feiertage im Vergleich zu den Werktagen Montag-Freitag und Diskrepanz A(E)-A(I) für HBEFA4.1 und Variante 'EFAadapt', 2017-2019.

Absenkung Sonn- und Feiertage 2017-2019	Immissionen	Em. nach HBEFA4.1		Em. nach EFAadapt	
		A (I_NOx)	A(E_NOx) Diskrepanz A(E)-A(I)	A(E_NOx)	Diskrepanz A(E)-A(I)
Ganzes Jahr 0-24 h					
2017	-41%	-33%	7%	-39%	2%
2018	-41%	-29%	11%	-36%	4%
2019	-35%	-27%	8%	-35%	0%
2018 (10-16:30 Uhr)	-32%	-17%	15%	-26%	6%

Mit den angepassten NOx-EFA gemäß 'EFAadapt' verringert sich die Sonntagsdiskrepanz durchwegs deutlich und liegt nun in einem akzeptablen Bereich. Auch wenn nur das Zeitfenster von 10-16:30 Uhr genommen wird, reduziert sich die Sonntagsdiskrepanz mit 'EFAadapt' erheblich.

Mit dem HBEFA4.1 passt nun der zeitliche Verlauf der NOx-Emissionen mit demjenigen der NOx-Immissionen zusammen, mit der Adaptierung 'EFAadapt' verschwindet auch die Sonntagsdiskrepanz zwischen Immissions- und Emissionsabsenkung an Sonn- und Feiertagen weitgehend.

8. Zusammenfassung

Studienziele

Während des Lockdowns hat sich die Verkehrszusammensetzung auf A12 und A13 stark verändert. Anhand dieser Veränderung wurden Untersuchungen zu den realen Emissionsfaktoren (EFA) für NO_x durchgeführt. An der A12 handelte es sich um die Station Vomp mit Verkehrszählstelle Schwaz, an der A13 um Mutters mit Verkehrszählstelle Gärberbach.

Verkehr im Lockdown

Normalerweise verläuft das Verkehrsaufkommen der verschiedenen Fahrzeugkategorien von Februar bis April ziemlich konstant (s. 2018 und 2019). Lediglich an Ostern gibt es jeweils Auffälligkeiten, die sich sowohl bei Schwaz als auch bei Gärberbach zeigen. Im 2020 gab es nach dem 15.03. einen leichten Rückgang bei den Lkw und einen starken bei den Pkw und Lfw. Von anfangs April an gab es bei allen Fahrzeugkategorien einen Wiederanstieg, ohne aber bis Ende April das frühere Aufkommen wieder zu erreichen. Die Lkw zeigten Ende März vor dem Wiederanstieg eine deutliche Abnahme, welche die anderen Fahrzeugkategorien nicht zeigten.

NO_x im Lockdown

Die NO_x-Emissionen verlaufen normalerweise ziemlich konstant zwischen Februar und April. Im Jahr 2020 hingegen hatte der Verkehrseinbruch infolge des Lockdowns einen entsprechenden Einbruch der NO_x-Emissionen zur Folge. Prozentual war dieser Einbruch bei Gärberbach deutlich größer als bei Schwaz. Ebenso nahmen die NO_x-Immissionen ab, allerdings prozentual weniger als die berechneten Emissionen; dies ergibt den Eindruck, dass die Emissionen der im Lockdown verbliebenen Fahrzeuge (hauptsächlich Lkw) vom HBEFA4.1 zu tief berechnet werden.

EFAadapt

Um die Diskrepanzen zwischen dem Verhalten der NO_x-Immissionen und der NO_x-Emissionen während des Lockdowns aufzulösen, wurden die NO_x-EFA der SoloLkw um +0.2 g/km, der SLZ um +0.3 g/km erhöht. In der Folge waren die EFA der Pkw und Lfw so zu vermindern, dass die Gesamtemissionen außerhalb des Lockdowns gleichbleiben, denn diese passen in ihrem Verlauf ja zu den Immissionen. Dies wurde erreicht, indem die NO_x-EFA der Pkw und Lfw um 10% reduziert wurden; die relative Geschwindigkeitsabhängigkeit der EFA blieb davon unberührt.

Diese Anpassung der NO_x-EFA kann nur eine plausible Schätzung sein. Dabei sind die Anpassungen für Schwaz/A12 und Gärberbach/A13 gleich, und es wurden auch die meteorologischen Ausbreitungsbedingungen während des Lockdowns über die Inversionen im Temperaturprofil Radfeld/Tiroler Inntal miteinbezogen.

Sonntagsdiskrepanz

Mit den angepassten NOx-EFA gemäß 'EFAadapt' verringert sich die Sonntagsdiskrepanz durchwegs deutlich und liegt nun in einem akzeptablen Bereich. Auch wenn nur das Zeitfenster von 10-16:30 Uhr genommen wird, reduziert sich die Sonntagsdiskrepanz mit 'EFAadapt' erheblich.

Fazit

Mit dem HBEFA4.1 passt nun der langzeitliche Verlauf der NOx-Emissionen mit demjenigen der NOx-Immissionen zusammen, und mit der Adaptierung 'EFAadapt' ñ welche vom HBEFA4.1 ausgeht ñ passten die Verläufe auch während des Lockdowns zusammen und die Sonntagsdiskrepanz zwischen Immissions- und Emissionsabsenkung an Sonn- und Feiertagen verschwindet weitgehend.