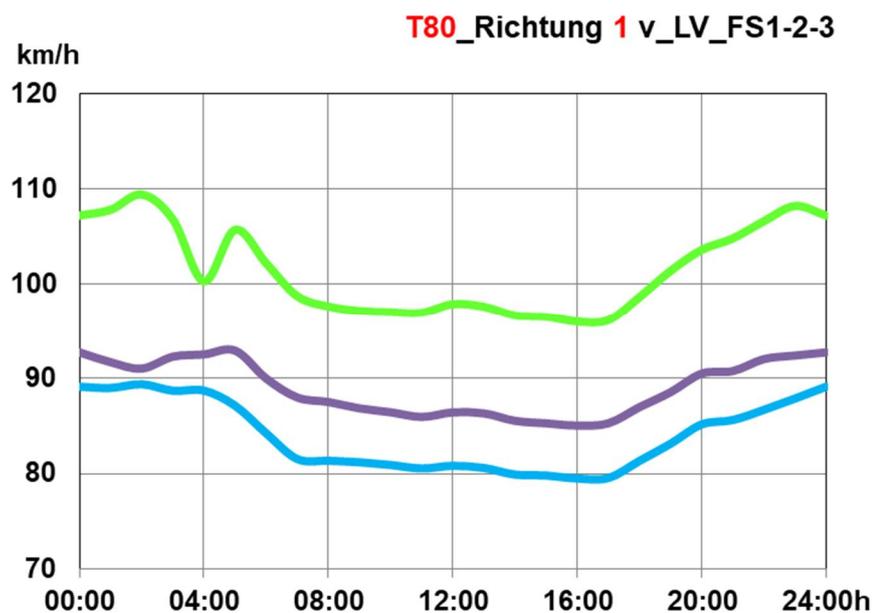


## Evaluation des flexiblen Tempo80-Limits auf der A1 bei Salzburg von Mai 2019 bis April 2020



Dr. Jürg Thudium  
Dr. Carine Chélala  
14.08.2020 / 5312.00

Oekoscience AG

Postfach 452  
CH - 7001 Chur  
Telefon: +4181 250 3310  
Thudium@oekoscience.ch



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Auftreten von Tempo80 und Verkehrsaufkommen auf der A1 sowie Immissionen bei Siezenheim</b>	<b>3</b>
2.1. Jahreswerte	3
2.1.1. Tempo 80	3
2.1.2. Verkehrsaufkommen	5
2.1.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden	6
2.2. Jahresverlauf	7
2.2.1. Tempo80	7
2.2.2. Verkehrsaufkommen	10
2.2.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden	11
2.2.4. Übersicht zu den lufthygienischen Lockdown-Effekten	12
2.3. Wochenverlauf	15
2.3.1. Tempo 80	15
2.3.2. Verkehrsaufkommen	16
2.3.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden	17
<b>3. Dokumentation der täglichen Schaltzeiten</b>	<b>19</b>
<b>4. Effektive Fahrgeschwindigkeiten auf der A1 bei Salzburg</b>	<b>22</b>
4.1. Geschwindigkeitsbereich der Pkw	22
4.2. Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeiten	23
4.3. Tagesgang der mittleren Fahrgeschwindigkeit	24
4.4. Monatsmittel der Fahrgeschwindigkeit	26
4.5. Mittlere Fahrgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs nach Tempolimit	26
<b>5. Analyse von Verkehrsaufkommen und Fahrgeschwindigkeiten separat für alle 6 Fahrspuren</b>	<b>28</b>
5.1. Verteilung des Leichtverkehrs auf die sechs Fahrspuren	28
5.2. Fahrgeschwindigkeiten auf den sechs Fahrspuren	30
<b>6. Wirksamkeit der flexiblen Tempo80-Schaltung auf der A1 bei Salzburg</b>	<b>37</b>
6.1. Emissionsreduktionen	37
6.2. Szenarien der Immissionsreduktionen durch das Tempolimit	38
6.3. Ergebnisse der Geschwindigkeitsszenarien	39
6.3.1. Emissionen und Immissionen für die A1 bei Siezenheim für permanente und flexible Tempo80-Schaltungen im Betriebsjahr	39

6.3.2. Relative Effekte eines permanenten Tempo80 bei Siezenheim (A1) im Betriebsjahr 2019/20	40
6.3.3. Relative Effekte des flexiblen Tempo80 bei Siezenheim (A1) im Betriebsjahr 2019/20	41
<b>7. Zusammenfassung</b>	<b>42</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Karte der Tempo80-Strecke der A1 mit Immissionsmessstelle Siezenheim und Verkehrserfassung. <i>Kartenquelle: Land Salzburg.</i>	2
Abbildung 2.1: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020).	4
Abbildung 2.2: Tägliche Anzahl Stunden (gleitendes 7-Tagemittel) mit Tempo80 auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020). Rote Linie: Mittelwert der täglichen Schaltdauer von 10.1 Stunden.	5
Abbildung 2.3: Mittlerer Tagesgang des Fahrzeugaufkommens je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020).	6
Abbildung 2.4: Mittelwerte der Immissionen an NO <sub>x</sub> und NO <sub>2</sub> sowie deren Verhältnis und der NO <sub>x</sub> -Emissionen im Jahresmittel und je Jahreszeit bei Siezenheim (05.2019-04.2020).	7
Abbildung 2.5: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 je Jahreszeit auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020).	8
Abbildung 2.6: Häufigkeit von Tempo80 je Monat auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020 (oben) und 05.2018-04.2019 (unten)).	9
Abbildung 2.7: Monatswerte des DTV je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020).	10
Abbildung 2.8: Monatsmittelwerte der NO <sub>x</sub> - und NO <sub>2</sub> -Immissionen sowie der NO <sub>x</sub> -Emissionen bei Siezenheim A1 (05.2019-04.2020).	11
Abbildung 2.9: Gleitendes 7-Tagemittel der NO <sub>x</sub> - und NO <sub>2</sub> -Immissionen sowie der NO <sub>x</sub> -Emissionen bei Siezenheim A1 (Feb-Apr 2018-2020).	13
Abbildung 2.10: Relatives gleitendes 7-Tagemittel von $\tau$ ( $I_{NO_x}/E_{NO_x}$ ) bei Siezenheim A1 (Feb-Apr 2018-2020). 100% = Mittelwert von $\tau$ im Februar je Jahr; Immissionshintergrund: 5 ppb NO <sub>x</sub> , während Lockdown 4 ppb.	14
Abbildung 2.11: Gleitendes 7-Tagemittel der Tempo80-Häufigkeit bei Siezenheim A1 (Feb-Apr 2018-2020).	14

Abbildung 2.12: Häufigkeit von Tempo80 je Wochentag auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020 bzw. 05.2019-15.03.2020).	15
Abbildung 2.13: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 je Wochentagstyp auf der A1 bei Siezenheim, 01.05.2019-15.03.2020.	16
Abbildung 2.14: DTV je Wochentag auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020).	17
Abbildung 2.15: Mittelwerte der Immissionen von NO <sub>x</sub> und NO <sub>2</sub> sowie der NO <sub>x</sub> -Emissionen (E-NO <sub>x</sub> ) je Wochentag bei Siezenheim A1 (05.2019-04.2020).	18
Abbildung 3.1: Anzahl Tage pro Monat mit extremen Tempo80-Schaltzeiten, Siezenheim A1 (05.2019-04.2020).	20
Abbildung 4.1: Täglicher Geschwindigkeitsbereich der Pkw auf der Basis der Stundenwerte, Siezenheim A1 (05.2019-04.2020).	23
Abbildung 4.2: Mit dem Pkw-Aufkommen gewichtete Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit auf der A1 bei Siezenheim, Basis Stundenwerte (05.2019-04.2020, 05.2018-04.2019 und 05.2017-04.2018).	24
Abbildung 4.3: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs LV (oben) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; unten) auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020).	25
Abbildung 4.4: Monatswerte der mittleren gemessenen Fahrgeschwindigkeit von 6-22 Uhr des Leichtverkehrs (LV; links) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; rechts) auf der A1 bei Siezenheim, 05.2019-04.2020.	26
Abbildung 4.5: Mittelwerte der effektiv gefahrenen Geschwindigkeiten des Leichtverkehrs (LV) je Tempolimit tagsüber (6-22 Uhr; links) und in der Nacht (22-6 Uhr; rechts) auf der A1 bei Siezenheim, 2019/20, 2018/19, 2017/18, 2016/17 = (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017); 05.2015-04.2016 und Testphasen 2013/2014.	27
Abbildung 5.1: Aufkommen des Leichtverkehrs (LV; oben) bzw. des Schwerverkehrs (SV; unten) je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2019-04.2020.	29
Abbildung 5.2: Prozentuale Verteilung des Leichtverkehrs (LV) je Fahrstreifen und Richtung bei Tempo80, Testphase 2014 sowie die fünf Betriebsjahre 2015/16 (05.2015-04.2016), 2016/17 (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017), 2017/18, 2018/19 sowie 2019/20, Siezenheim (A1).	30
Abbildung 5.3: Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (LV; oben) bzw. des Schwerverkehrs (SV; unten) je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2019-04.2020.	32

Abbildung 5.4: Vergleich der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (LV) bei Tempo80 je Fahrstreifen bei Siezenheim (A1), Testphase 2014 sowie 2015/16 (05.2015-04.2016), 2016/17 (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017), 2017/18 (05.2017-04.2018), 2018/19 (05.2018-04.2019) sowie 2019/20 (05.2019-04.2020).	33
Abbildung 5.5: Mittlere Geschwindigkeit des LV in Richtung 1 und 2 für den dritten Fahrstreifen (FS3) je Tempolimit bei Siezenheim (A1) in Abhängigkeit vom Wochentag, 05.2019-04.2020.	34
Abbildung 5.6: Verkehrsaufkommen des Leichtverkehrs je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1) in Abhängigkeit vom Wochentag, 05.2019-04.2020.	34
Abbildung 5.7: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (LV) in Fahrtrichtung 1 und 2 je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2019-04.2020.	35
Abbildung 5.8: Jahresverlauf (Basis Monatsmittelwerte) der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs in Fahrtrichtung 1 und 2 je Fahrstreifen (FS1-FS3) und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2019-04.2020.	36

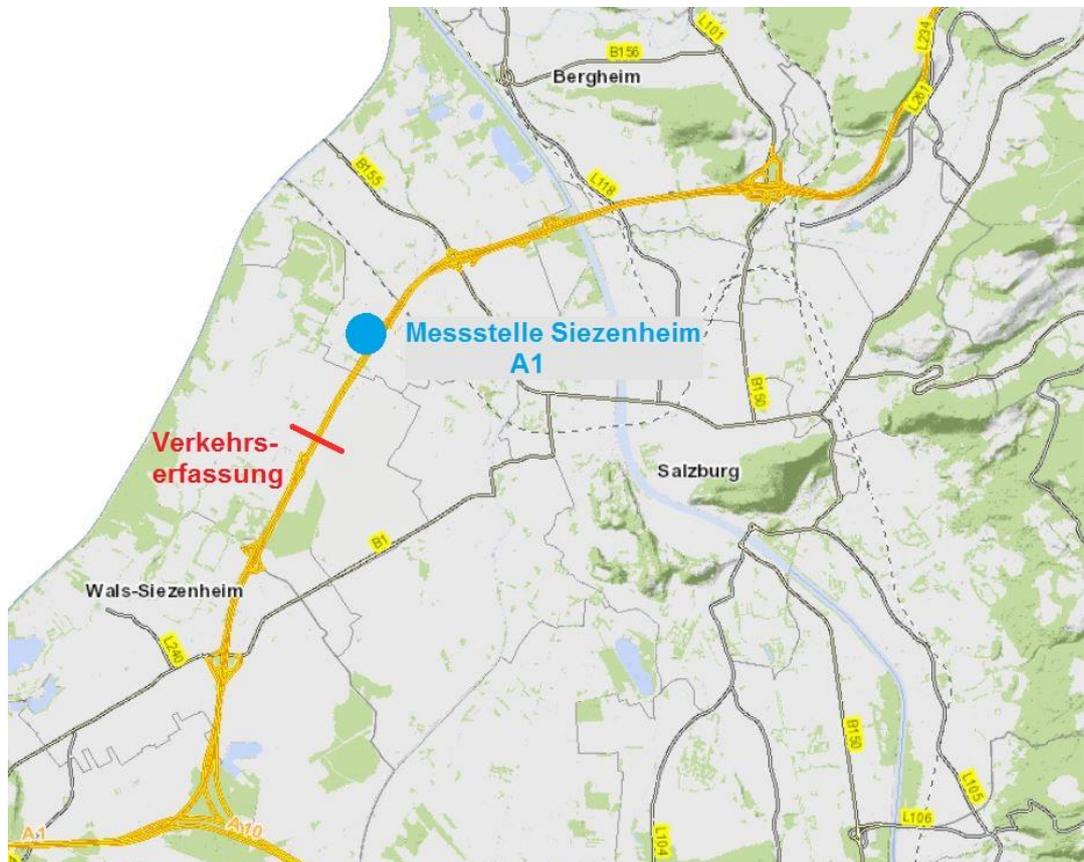
# Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020 und 05.2018-04.2019 mit Änderung von 2018/19 auf 2019/20).	5
Tabelle 2.2: Jahreszeitliche Tempo80-Häufigkeiten auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020, 05.2018-04.2019, 05.2017-04.2018, 05.2016-04.2017 und 05.2015-04.2016).	8
Tabelle 3.1: Tägliche Anzahl Stunden mit Tempo80-Schaltung, Siezenheim A1 (05.2019-04.2020).	19
Tabelle 3.2: Die 14 Tage mit hohen Tempo80-Schaltzeiten (18-24 h) bei Siezenheim A1 (05.2019-04.2020).	21
Tabelle 4.1: Mittelwerte der effektiv gefahrenen Geschwindigkeiten des Leichtverkehrs (LV) je Tempolimit tagsüber (6-22 Uhr) und in der Nacht (22-6 Uhr) auf der A1 bei Siezenheim, 2019/20.	27
Tabelle 6.1: Emissionsreduktionen für NO <sub>x</sub> und CO <sub>2</sub> durch das real umgesetzte flexible Tempo80-Limit auf dem 10.3 km langen Abschnitt Salzburg-Nord bis Wals-Siezenheim der A1, 05.2019-04.2020:	37
Tabelle 6.2: Absolute Kennzahlen der vier Szenarien $\pm$ Tempo80 immer $\pm$ $\pm$ Tempo80 nie $\pm$ $\pm$ Tempo80 temporär $\pm$ und $\pm$ Tempo80 Winterhj. $\pm$ Siezenheim A1, 05.2019-04.2020.	39
Tabelle 6.3: Relative Effekte eines permanenten Tempo80 im Vergleich zu permanentem $\pm$ Tempo100 $\pm$ bei den real ermittelten Fahrgeschwindigkeiten für $\pm$ Tempo80 $\pm$ (86.4 km/h tagsüber bzw. 88.2 km/h nachts) bzw. für $\pm$ Tempo100 $\pm$ (97.1 km/h tagsüber bzw. 98.6 km/h nachts), Siezenheim A1, 05.2019-04.2020.	40
Tabelle 6.4: Relative Effekte des flexiblen Tempo80-Limits in Bezug auf ein permanentes Tempo80, Siezenheim A1, 05.2019-04.2020.	41

# 1. Einleitung

Die flexible Tempo80-Schaltung auf der A1 zwischen Salzburg-Nord und Wals-Siezenheim ist seit 04.03.2015 in Betrieb. Sie erstreckt sich über 10,3 km. In diesem Bericht wird die Schaltung im **Betriebsjahr Mai 2019 ÷ April 2020** evaluiert.

Die für die Tempo80-Steuerung verwendete Messstelle ist Siezenheim A1, in deren Nähe sich auch die Verkehrszählstelle der Asfinag für die A1 befindet.





**Abbildung 1.1:** Karte der Tempo80-Strecke der A1 mit Immissionsmessstelle Siezenheim und Verkehrserfassung. *Kartenquelle: Land Salzburg.*

Eine Sondersituation ergab sich in diesem Betriebsjahr durch den lockdownbedingten Verkehrseinbruch ab dem 16.03.2020. Es wird speziell untersucht, wie sich dies auf die Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden sowie auf die Schalthäufigkeit von Tempo80 ausgewirkt hat.

## 2. Auftreten von Tempo80 und Verkehrsaufkommen auf der A1 sowie Immissionen bei Siezenheim

### 2.1. Jahreswerte

#### 2.1.1. Tempo 80

Im Betriebsjahr Mai 2019 . April 2020 war Tempo 80 auf der A1 bei Siezenheim während durchschnittlich 41% der Gesamtzeit geschaltet (Vorjahr 33%, Vorvorjahr 41%). Am 01.07.2019 wurden neue Parameter des Schaltalgorithmus in Betrieb gesetzt, basierend auf dem HBEFA3.3 (für 2018) und einer Schaltschwelle von 20 statt wie zuvor 27 ppb NO<sub>x</sub> (Immissionsbeitrag des Leichtverkehrs). Die mit der Schwelle von 20 ppb erwartete Schalthäufigkeit betrug 50%. Vom 01.07.2019 . 15.03.2020 betrug die Schalthäufigkeit 52.1%, also ein Wert im erwarteten Rahmen. Im Mai und Juni 2019 betrug die Schaltschwelle noch 27 ppb, was eine geringere Schalthäufigkeit zur Folge hatte. Ab Mitte März 2020 herrschten infolge des Lockdowns spezielle Bedingungen (s. später). Dies alles führte zur erwähnten Jahresschalthäufigkeit von 41%. Bei einer Verfügbarkeit der Tempo80-Schaltung von 92.6 % (Verfügbarkeit der Immissionsmessung 97%, der Verkehrserfassung 95.5%) entspricht dies 44 % der Betriebszeit. Die folgenden Abschnitte analysieren das Auftreten von Tempo 80.

Einige Auswertungen wurden ohne Lockdownphase vom 16.03. . 30.04.2020 gemacht, um den Einfluss des Lockdowns darzustellen und um besser vergleichbar mit früheren Jahren zu sein.

Die Häufigkeit von Tempo80 war am Morgen zwischen 07:00 und 12:00 Uhr und abends zwischen 18:00 und 20:30 mit mehr als 60% am größten, die Abendspitze war kleiner als die Morgenspitze. Am Morgen zwischen 02:30 und 04:00 Uhr war Tempo80 mit weniger als 5% Häufigkeit am seltensten.

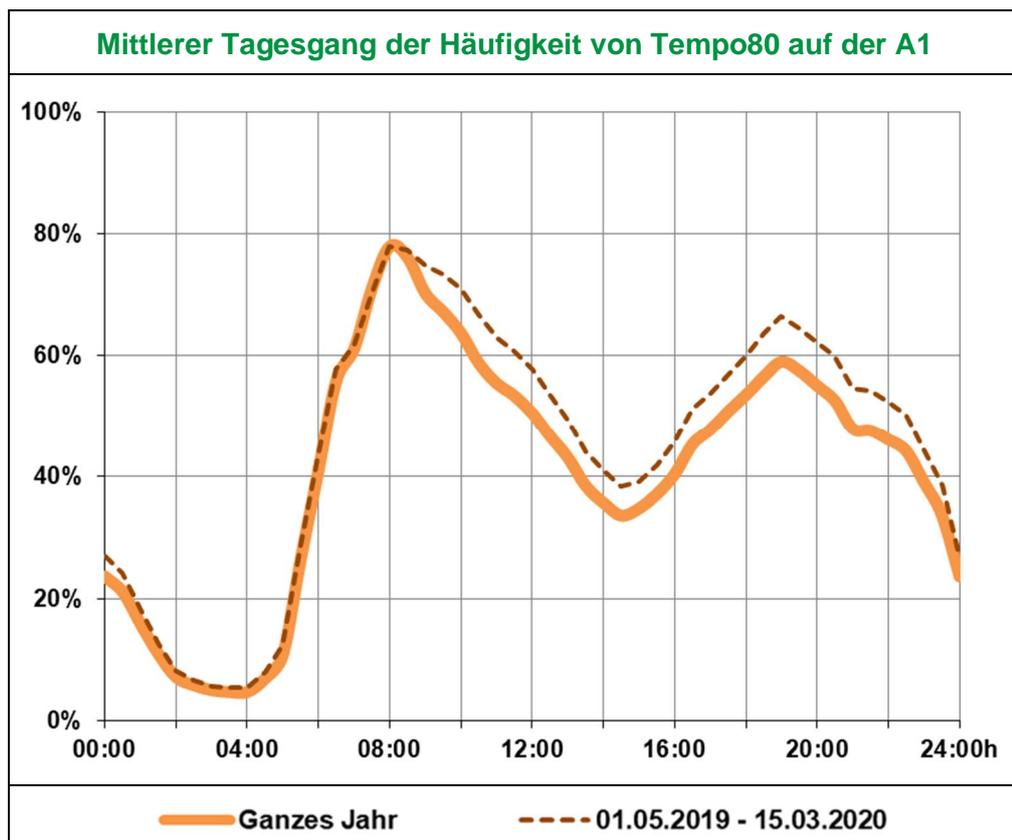


Abbildung 2.1: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020).

Im Jahresverlauf (nächste [Abbildung 2.2](#): Gleitende Wochenmittel) zeigten sich Phasen mit weniger Tempo80-Schaltungen im Mai und Juni 2019 noch mit dem alten Schwellenwert und ab dem 16.03.2020 als Folge des lockdownbedingten Verkehrseinbruchs. Die meisten Tempo80-Schaltungen traten zwischen Mitte Oktober 2019 und Ende Januar 2020 auf, unterbrochen durch eine Phase mit relativ wenigen Schaltungen rund um Weihnachten mit weniger Verkehr und auffrischendem Wind.

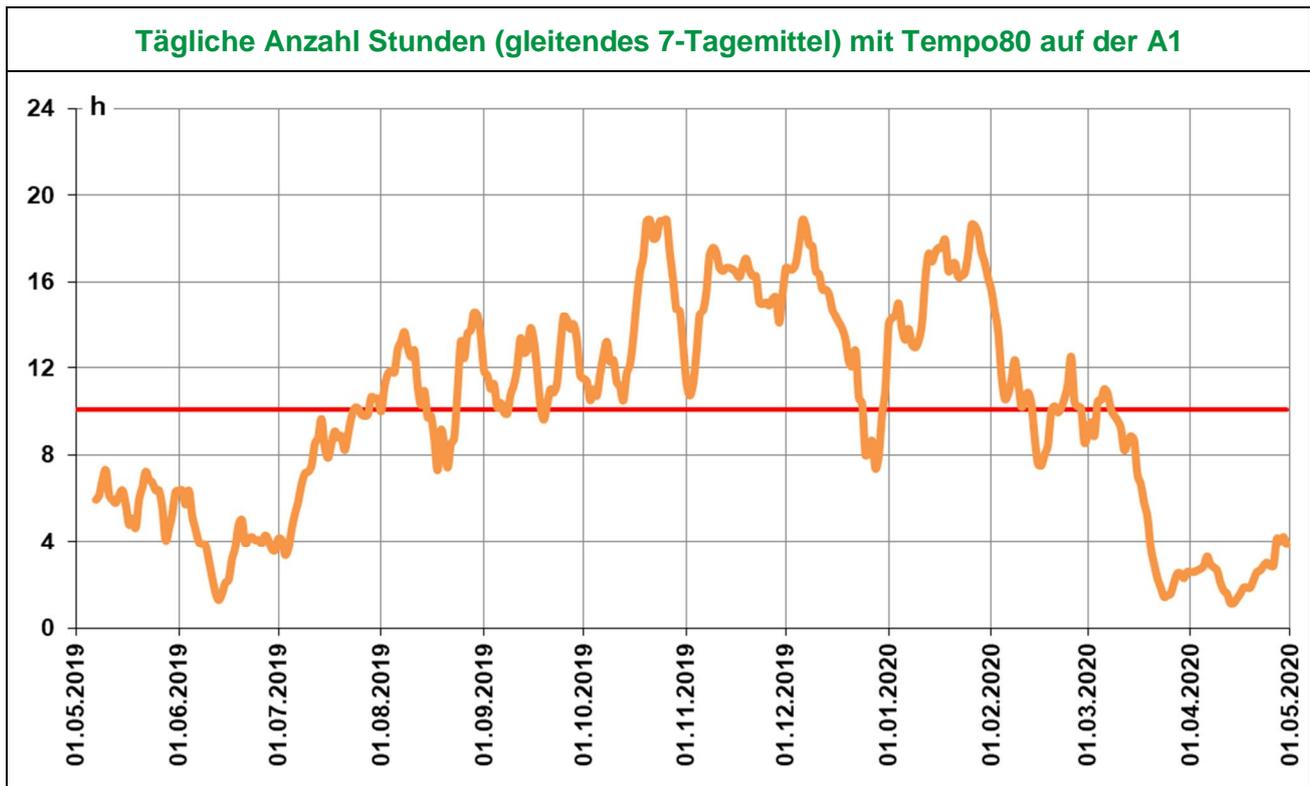


Abbildung 2.2: Tägliche Anzahl Stunden (gleitendes 7-Tagemittel) mit Tempo80 auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020). Rote Linie: Mittelwert der täglichen Schaltdauer von 10.1 Stunden.

### 2.1.2. Verkehrsaufkommen

Die A1 bei Salzburg wies im Untersuchungsjahr (Mai 2019 . April 2020) einen DTV von rund 80'000 Fahrzeugen auf, lockdownbedingt etwa 3% weniger als im Vorjahr. Alle Fahrzeugkategorien zeigten ein geringeres Verkehrsaufkommen außer den schweren Güterfahrzeugen, welche leicht anwuchsen.

Tabelle 2.1: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020 und 05.2018-04.2019 mit Änderung von 2018/19 auf 2019/20).

DTV A1	Lieferwagen	Pkw	Schwere Güterfahrzeuge	Bus	Summe
Siezenheim 05.2019-04.2020	7'656	65'984	6'287	309	80'236
05.2018-04.2019	7'702	68'202	6'206	350	82'460
Änd. zu 2018/19	-0.6%	-3.3%	+1.3%	-11.7%	-2.7%

Der Tagesverlauf des Verkehrsaufkommens wiederholt sich bislang praktisch Jahr für Jahr; er zeigt für die drei Kategorien Pkw, Lieferwagen und schwere Güterfahrzeuge einen raschen Anstieg am Morgen, sodann relativ wenig Änderungen im Laufe des Tages mit Ausnahme der Pkw. Die Zahl der Pkw steigt bis 18 Uhr deutlich an, die Lieferwagen lassen eine Morgen- und Abendspitze erkennen. Die Busse zeigen zu Mittag eine deutliche Abnahme.

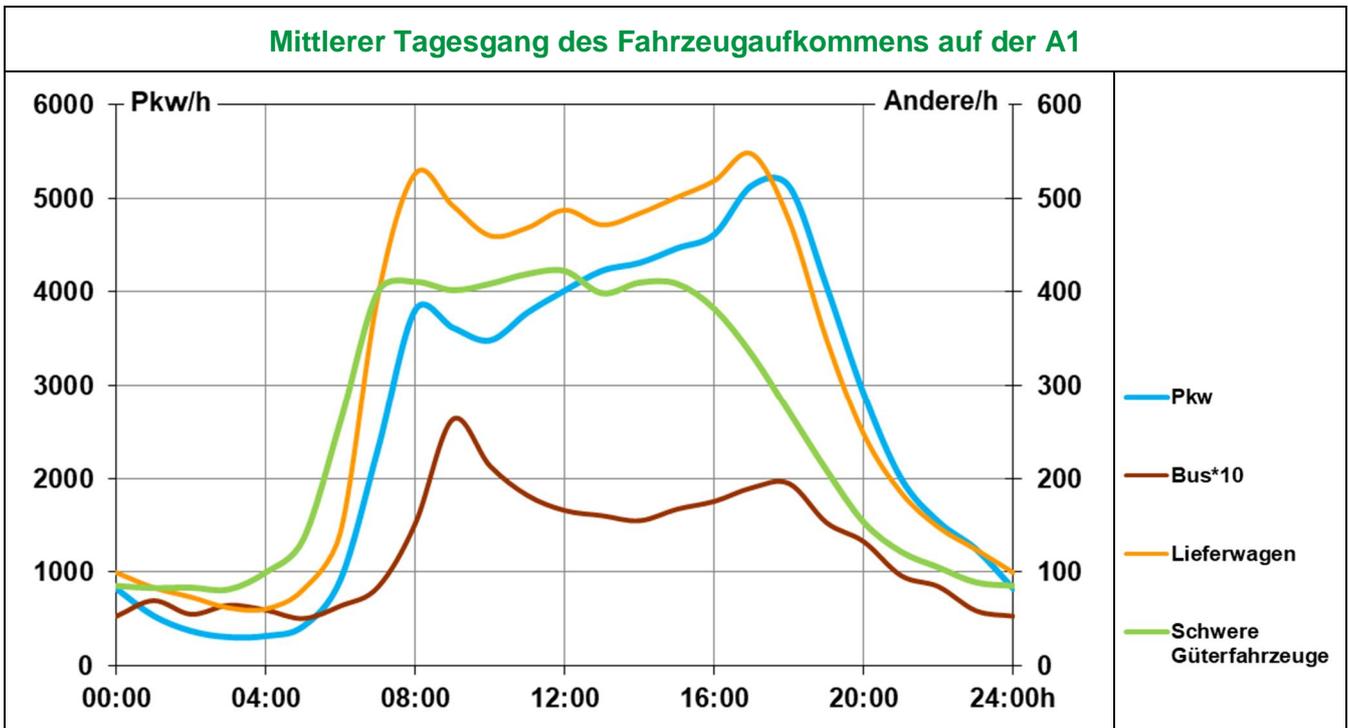


Abbildung 2.3: Mittlerer Tagesgang des Fahrzeugaufkommens je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020).

### 2.1.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden

In diesem Abschnitt wird ein kurzer Überblick über die Stickstoffoxid-Emissionen und . Immissionen bei Siezenheim (A1) gegeben. Das Maximum der Stickstoffoxidemissionen liegt im Sommer, dicht gefolgt von Frühjahr und Herbst, das Maximum der Stickstoffoxidimmissionen im Winter. Dieser Unterschied liegt in den meteorologischen Ausbreitungsbedingungen begründet; die größere Stagnation der Atmosphäre im Winter hält die zwar geringeren Emissionen länger und damit konzentrierter in Bodennähe als im Sommer. Die Immissionen haben im Vergleich zum Vorjahr leicht abgenommen, deutlich im Frühjahr (lockdownbedingt). Der Anteil der NO<sub>2</sub>-Immissionen an den gesamten NO<sub>x</sub>-Immissionen ist etwa gleich wie im Vorjahr.

Die Jahreszeiten wurden wie folgt eingeteilt:  
 Frühjahr: Mai 2019 und März-April 2020;  
 Sommer: Juni . August 2019;  
 Herbst: September . November 2019;  
 Winter: Dezember 2019 . Februar 2020.

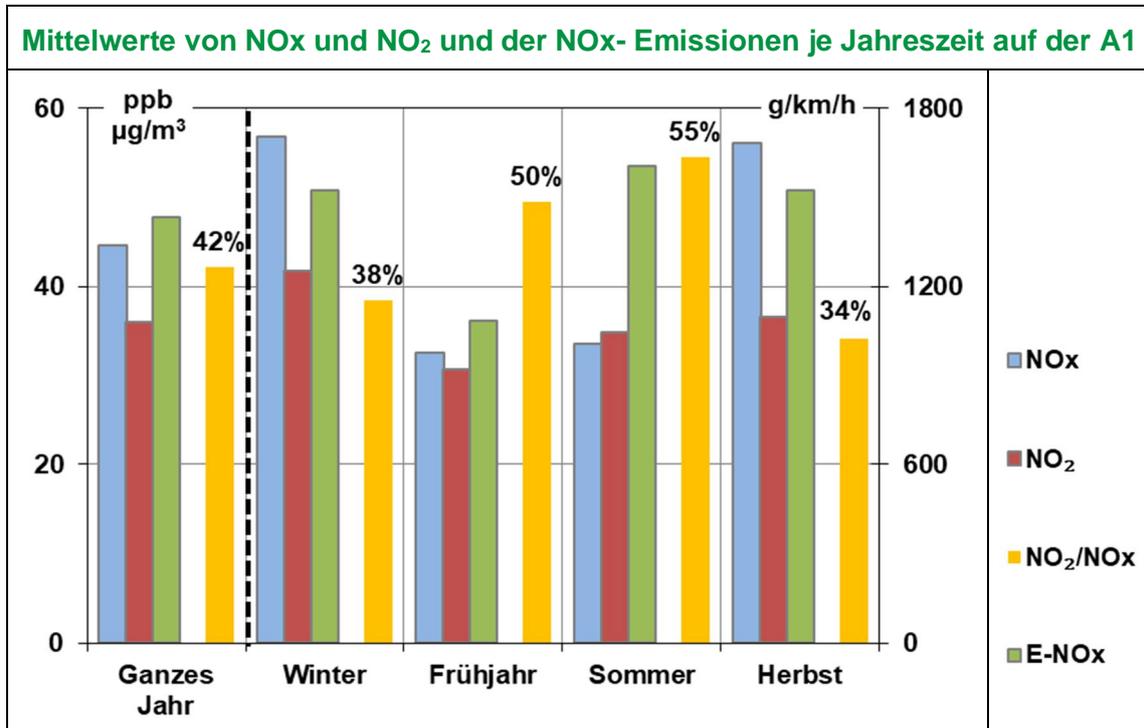


Abbildung 2.4: Mittelwerte der Immissionen an NOx und NO<sub>2</sub> sowie deren Verhältnis und der NOx- Emissionen im Jahresmittel und je Jahreszeit bei Siezenheim (05.2019-04.2020).

## 2.2. Jahresverlauf

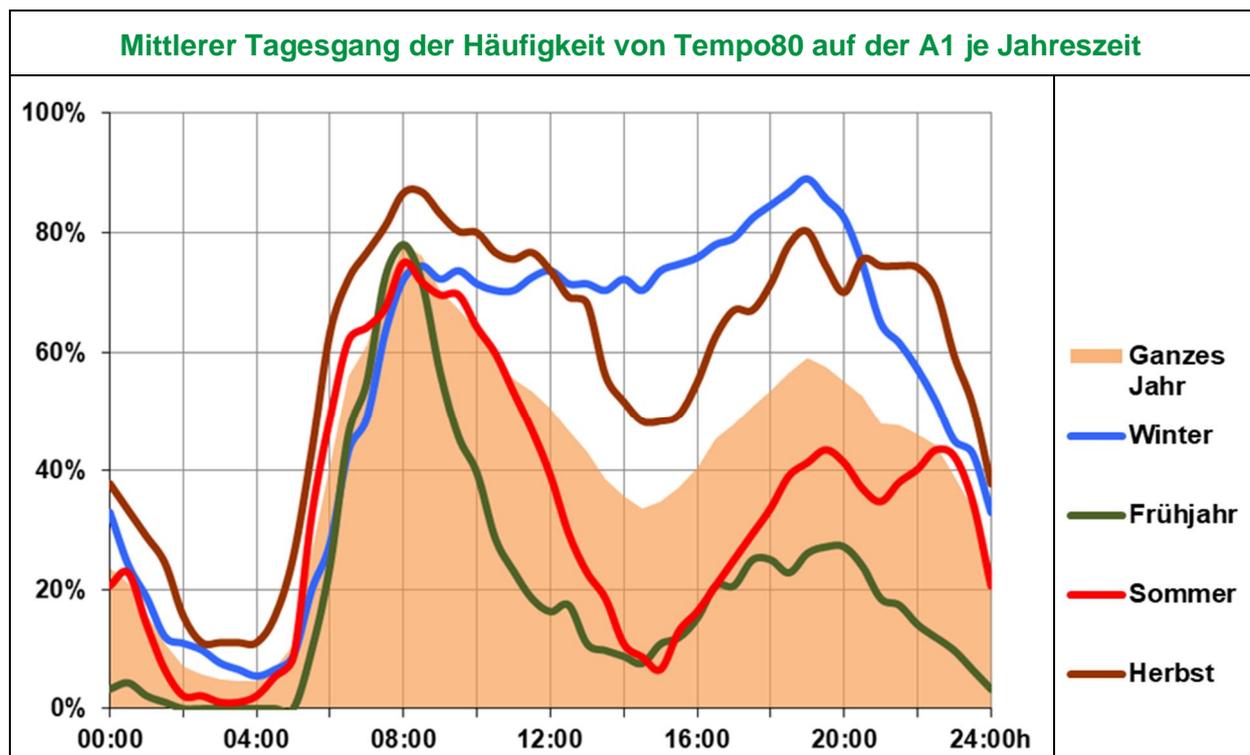
### 2.2.1. Tempo80

Nach Jahreszeiten unterteilt wiesen der Winter und der Herbst wesentlich größere Schalthäufigkeiten auf als das Frühjahr und der Sommer. Im Vergleich zum Vorjahr hat die Tempo80-Häufigkeit in allen Jahreszeiten außer dem Frühjahr infolge der Schwellenwertabsenkung zum 01.07.2019 merklich zugenommen. Im Frühjahr galt im Mai 2019 noch der alte höhere Schwellenwert, im März und April 2020 führte die Verkehrsreduktion infolge des Lockdowns zu verringerter Schalthäufigkeit.

**Tabelle 2.2: Jahreszeitliche Tempo80-Häufigkeiten auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020, 05.2018-04.2019, 05.2017-04.2018, 05.2016-04.2017 und 05.2015-04.2016).**

% Tempo 80	05.2019-04.2020	05.2018-04.2019	05.2017-04.2018	05.2016-04.2017	05.2015-04.2016
Winter	55%	42%	54%	66%	62%
Frühjahr	21%	26%	34%	35%	36%
Sommer	33%	23%	27%	40%	35%
Herbst	58%	42%	47%	52%	54%
<b>Ganzes Jahr</b>	<b>41.5%</b>	<b>33%</b>	<b>41%</b>	<b>48%</b>	<b>47%</b>

Die jahreszeitlichen Unterschiede in der Tempo80-Häufigkeit zeigten sich auch im Tagesgang. Von 2-9 Uhr waren die Unterschiede nicht so groß, besonders deutlich aber von 11-21 Uhr.



**Abbildung 2.5: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 je Jahreszeit auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020).**

Die monatlichen Tempo80-Häufigkeiten entsprechen dem Bild der gleitenden 7-Tagemittel. Die monatlichen Schalthäufigkeiten schwankten zwischen 11% (April 2020) und 67% (Januar 2020). Dies war die höchste monatliche Schalthäufigkeit

seit Januar 2017. Im Vergleich zum Vorjahr zeigte sich die geringere Schaltheufigkeit im Mai und Juni 2019 (vor Schwellenwertabsenkung) und ab Mitte März (Lockdown).

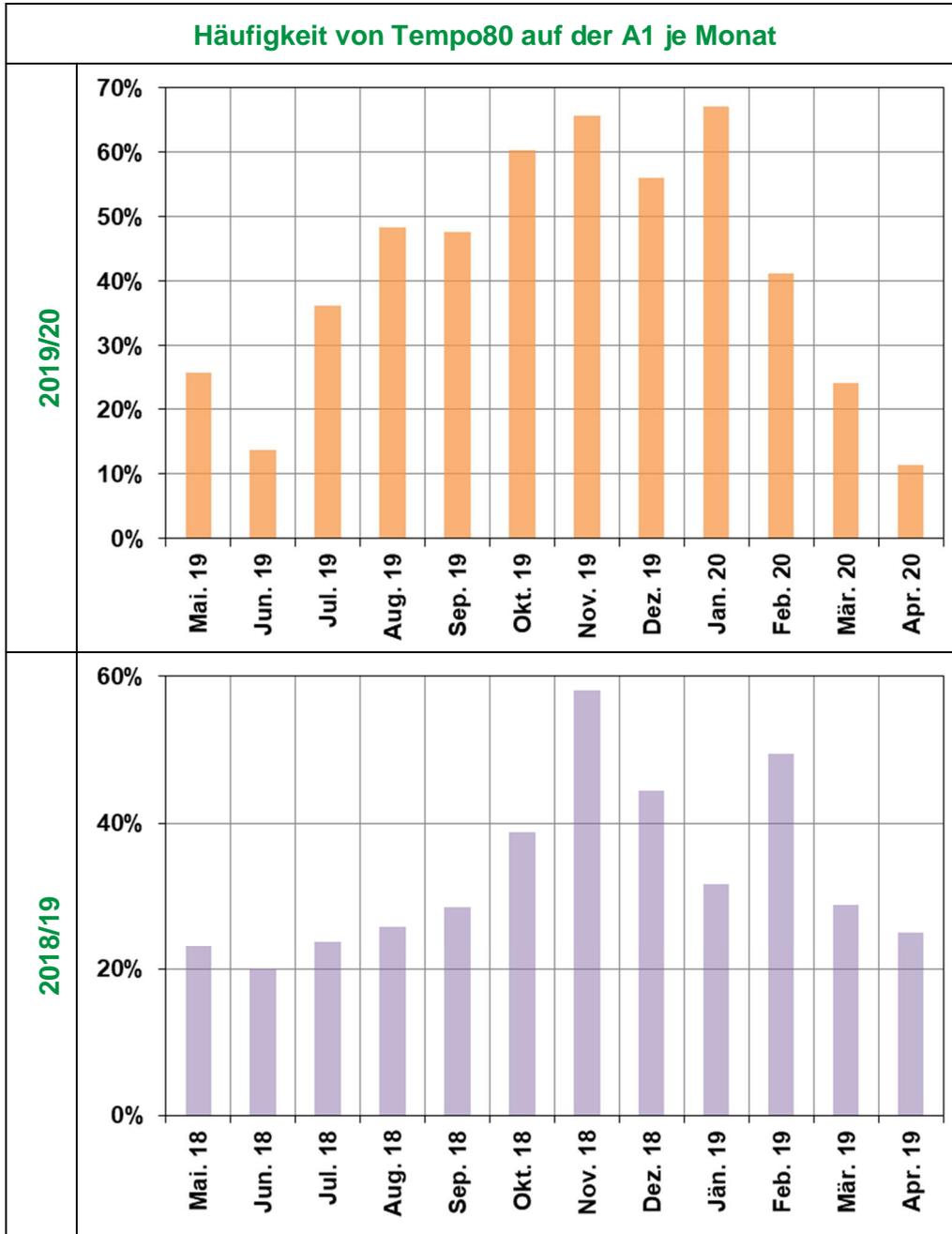


Abbildung 2.6: Häufigkeit von Tempo80 je Monat auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020 (oben) und 05.2018-04.2019 (unten)).

## 2.2.2. Verkehrsaufkommen

Im Jahresverlauf wurden im Sommer 2019 und Februar 2020 am meisten Pkw und Lieferwagen verzeichnet; die Lieferwagen zeigten im Unterschied zu den Pkw und ähnlich wie die Lkw einen deutlichen Rückgang um den Dezember. Der schwere Güterverkehr zeigte ein nicht ausgeprägtes Maximum im Oktober 2019, Das Aufkommen an Bussen war im November 2019 am geringsten.

Der Lockdown verursachte einen markanten Verkehrseinbruch, lediglich bei den schweren Güterfahrzeugen war die Abnahme moderat.

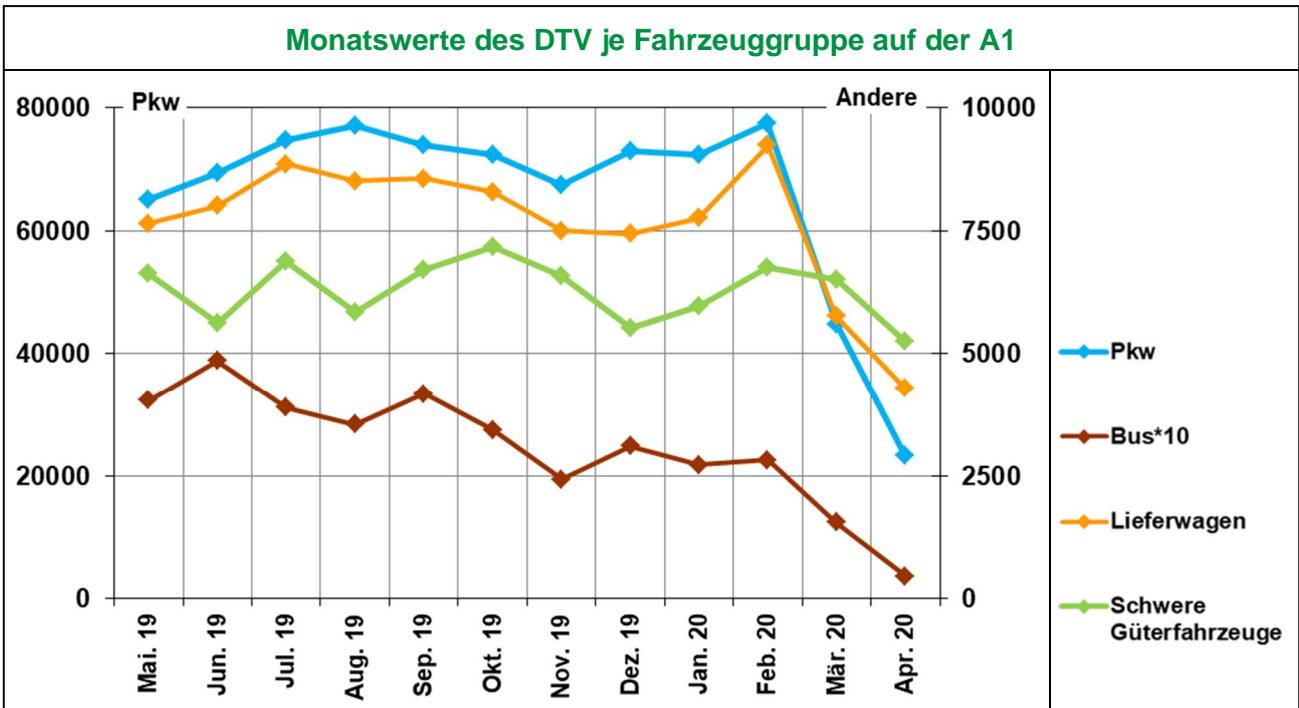


Abbildung 2.7: Monatswerte des DTV je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020).

### 2.2.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden

Die Gegenläufigkeit der NO<sub>x</sub>-Emissionen und . Immissionen zeigte sich auch bei den Monatswerten. Die höchsten NO<sub>x</sub>- und NO<sub>2</sub>-Immissionen fanden sich im November 2019 und im Januar 2020, die tiefsten Immissionen traten im Juni 2019 (meteorologisch bedingt) und während des Lockdowns im März/April 2020 auf. Die NO<sub>x</sub>-Emissionen sanken von Februar bis April 2020 um 58%.

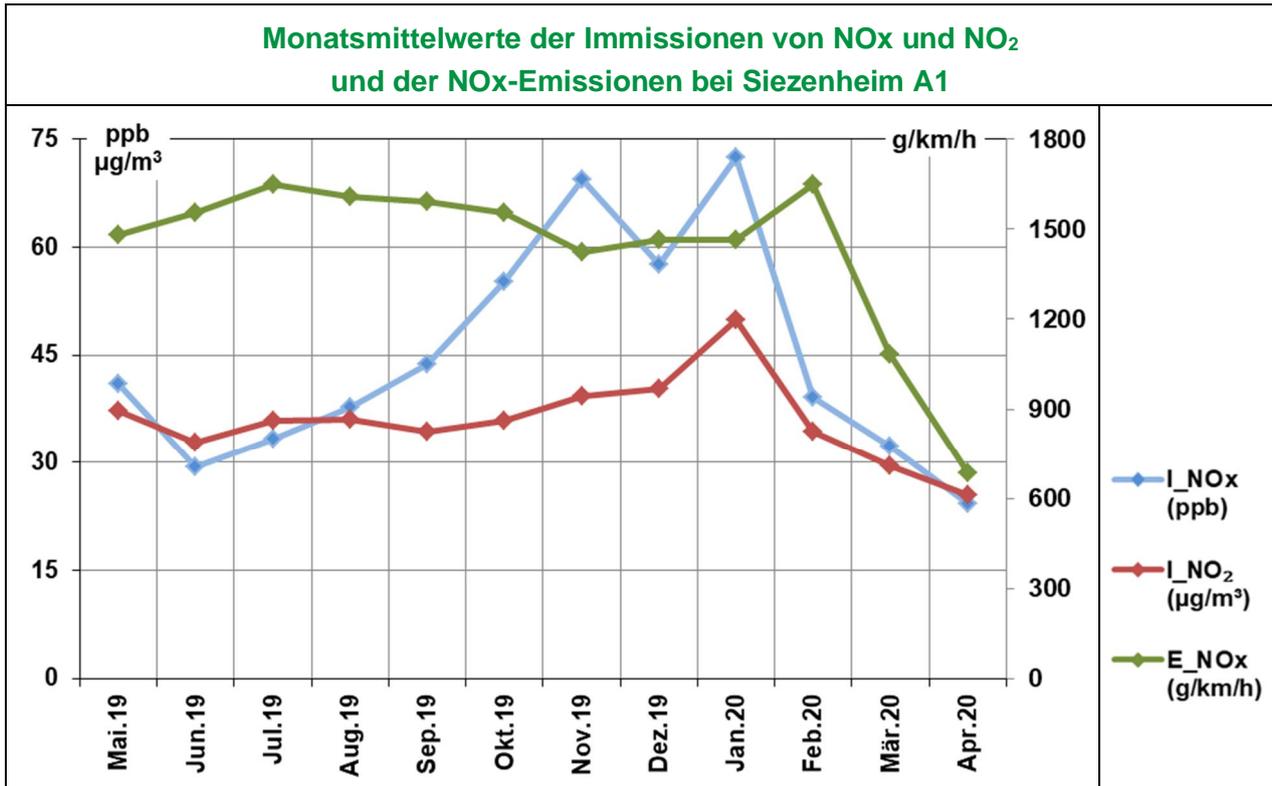


Abbildung 2.8: Monatsmittelwerte der NO<sub>x</sub>- und NO<sub>2</sub>-Immissionen sowie der NO<sub>x</sub>-Emissionen bei Siezenheim A1 (05.2019-04.2020).

Dass sich im Winter die NO<sub>x</sub>-Immissionen deutlich erhöhten, die NO<sub>2</sub>-Immissionen aber weniger stark, hat seinen Grund im limitierten Ozonangebot im Herbst und Winter mit entsprechend geringerer Umwandlung von NO in NO<sub>2</sub> in der Atmosphäre.

## 2.2.4. Übersicht zu den lufthygienischen Lockdown-Effekten

Ab dem 16.03.2020 galt in Österreich ein Lockdown, der den Pkw-Verkehr stark verringerte und den Güterverkehr je nach Straße mehr oder weniger beeinflusste, aber jedenfalls weniger als den Pkw-Verkehr. Dies zeigt sich in dieser Evaluation an verschiedenen Stellen; hier kommt eine Übersicht dazu aus lufthygienischer Sicht zur Darstellung, mit Vergleich zu den beiden Vorjahren 2019 und 2018.

Es werden im Folgenden gleitende 7-Tage-Mittel verschiedener Parameter von Februar-April 2018-2020 gezeigt. In den Jahren 2018 und 2019 waren die NO<sub>x</sub>-Emissionen über diesen Zeitraum ziemlich konstant; im 2020 führte der Lockdown zu einer Emissionsreduktion um etwa 60%. Die NO<sub>x</sub>-Emissionen wurden für 2018 und 2019 mit dem HBEFA3.3 gerechnet, für 2020 mit dem neuen HBEFA4.1. Mit dem HBEFA4.1 haben sich die berechneten Autobahnemissionen für ein bestimmtes Jahr um etwa 50% gegenüber dem HBEFA3.3 erhöht; die berechneten Emissionen von 2018 und 2019 können also nicht direkt mit denjenigen von 2020 verglichen werden.

Trotz praktisch stabiler NO<sub>x</sub>-Emissionen jeweils von Februar bis April (s. [Abbildung 2.9](#)) nehmen die NO<sub>x</sub>-Immissionen über diesen Zeitraum insgesamt ab, weil die atmosphärischen Ausbreitungsbedingungen kontinuierlich besser werden (moduliert durch variierende Wetterlagen). Dies bedeutet, dass der Faktor  $\tau$  (das Verhältnis von  $I_{NO_x}/E_{NO_x}$  unter Berücksichtigung eines Immissions-Hintergrundes) von Februar bis April insgesamt abnimmt (s. [Abbildung 2.10](#)). Dabei wurde ein Hintergrund von 5 ppb NO<sub>x</sub> postuliert, während des Lockdowns 4 ppb. Im 2020 zeigt der Faktor  $\tau$  aber einen Wiederanstieg während des Lockdowns, was einerseits mit der außerordentlichen Hochdrucklage im April zusammenhängen kann, andererseits aber auch damit, dass die NO<sub>x</sub>-Emissionen real nicht so stark zurückgegangen sind wie vom HBEFA4.1 postuliert (die Lkw also mehr Emissionsanteil haben). Weil die Emissionen 2018 und 2019 nach dem HBEFA3.3 berechnet wurden, diejenigen von 2020 mit dem HBEFA4.1, wurden relative Verläufe von  $\tau$  ausgewiesen mit 100% = Mittelwert von  $\tau$  im Februar je Jahr.

In der Folge hat sich die Tempo80-Häufigkeit während des Lockdowns stark reduziert, phasenweise auf weniger als 10% der Zeit.

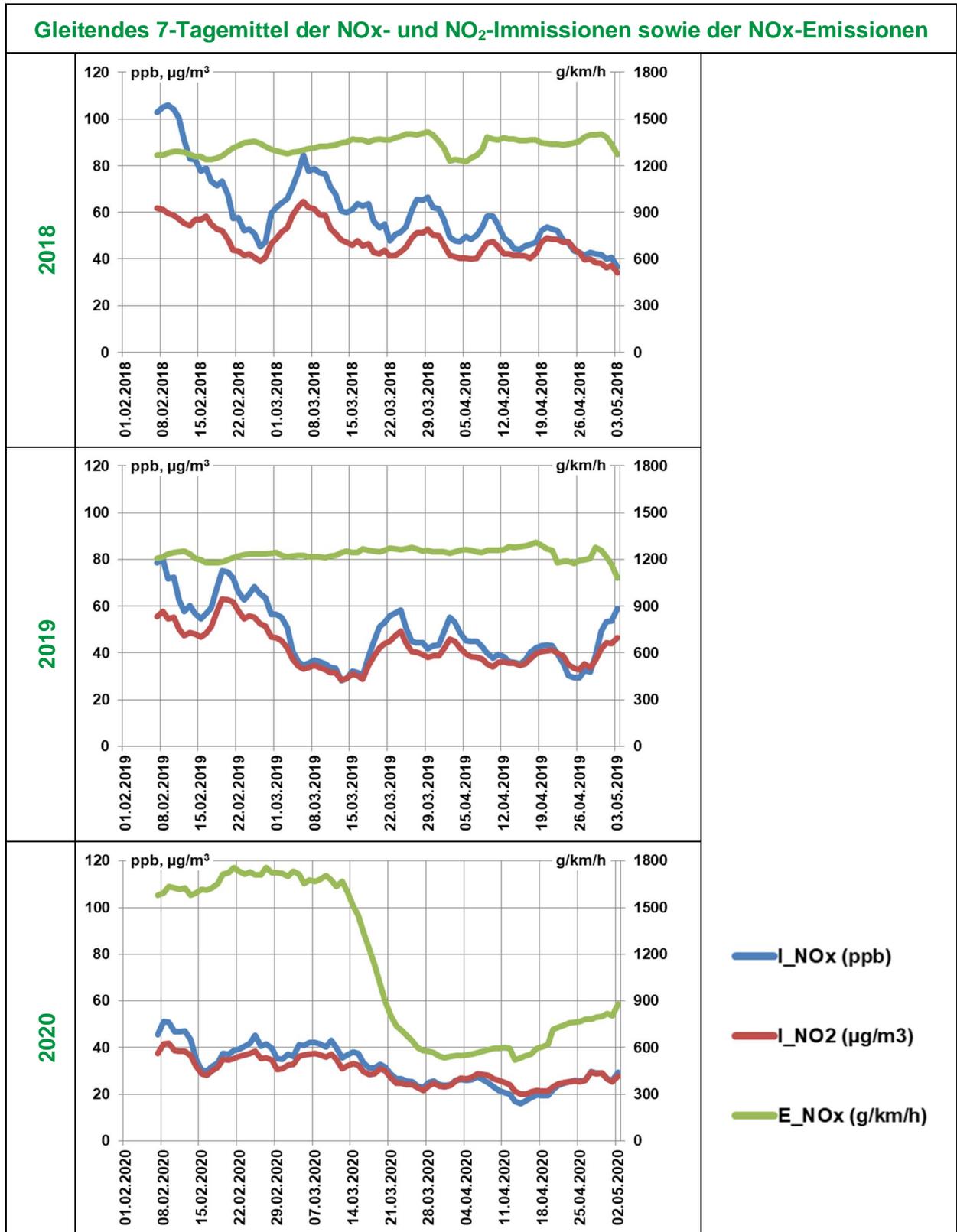


Abbildung 2.9: Gleitendes 7-Tagemittel der NO<sub>x</sub>- und NO<sub>2</sub>-Immissionen sowie der NO<sub>x</sub>-Emissionen bei Siezenheim A1 (Feb-Apr 2018-2020).

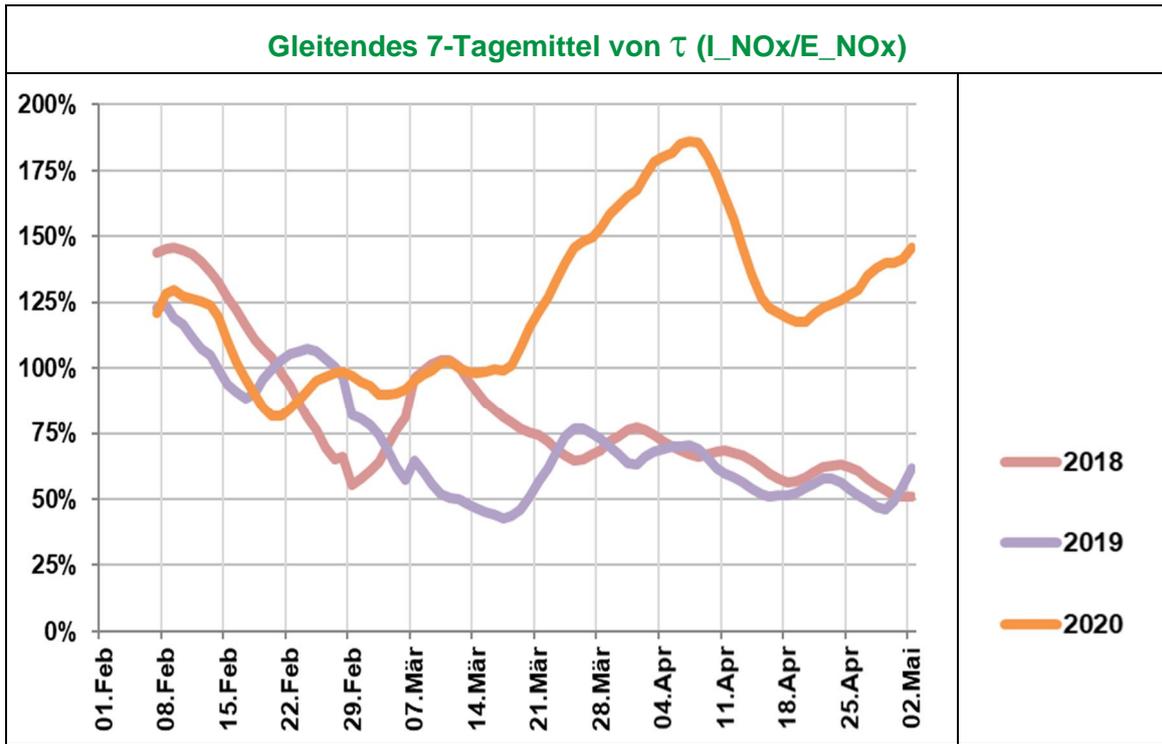


Abbildung 2.10: Relatives gleitendes 7-Tagemittel von  $\tau$  (I\_NOx/E\_NOx) bei Siezenheim A1 (Feb-Apr 2018-2020). 100% = Mittelwert von  $\tau$  im Februar je Jahr; Immissionshintergrund: 5 ppb NOx, während Lockdown 4 ppb.

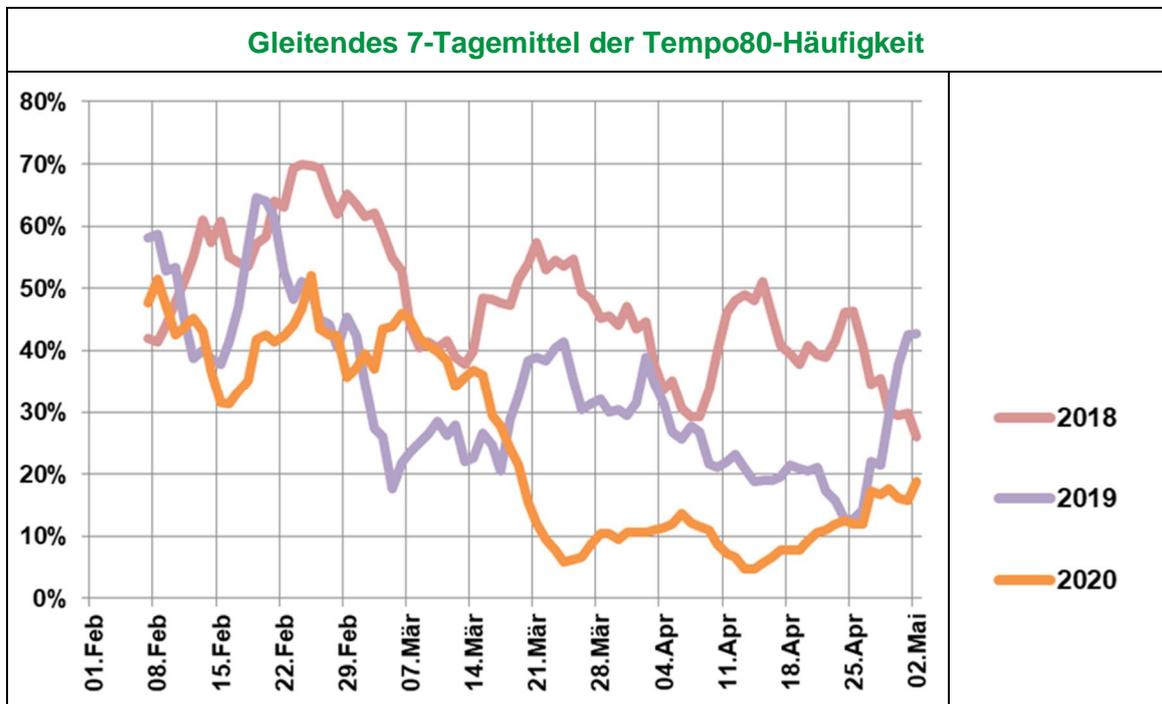


Abbildung 2.11: Gleitendes 7-Tagemittel der Tempo80-Häufigkeit bei Siezenheim A1 (Feb-Apr 2018-2020).

## 2.3. Wochenverlauf

### 2.3.1. Tempo 80

Die Tempo80-Schaltungen wiesen am Freitag die größte mittlere Häufigkeit auf. Am Sonntag war sie weniger als halb so groß. Hierbei handelt es sich um ganzjährige Mittelwerte. Der Lockdown hat sich auf alle Wochentage ähnlich ausgewirkt (höhere mittlere Schalthäufigkeiten ohne Lockdownphase).

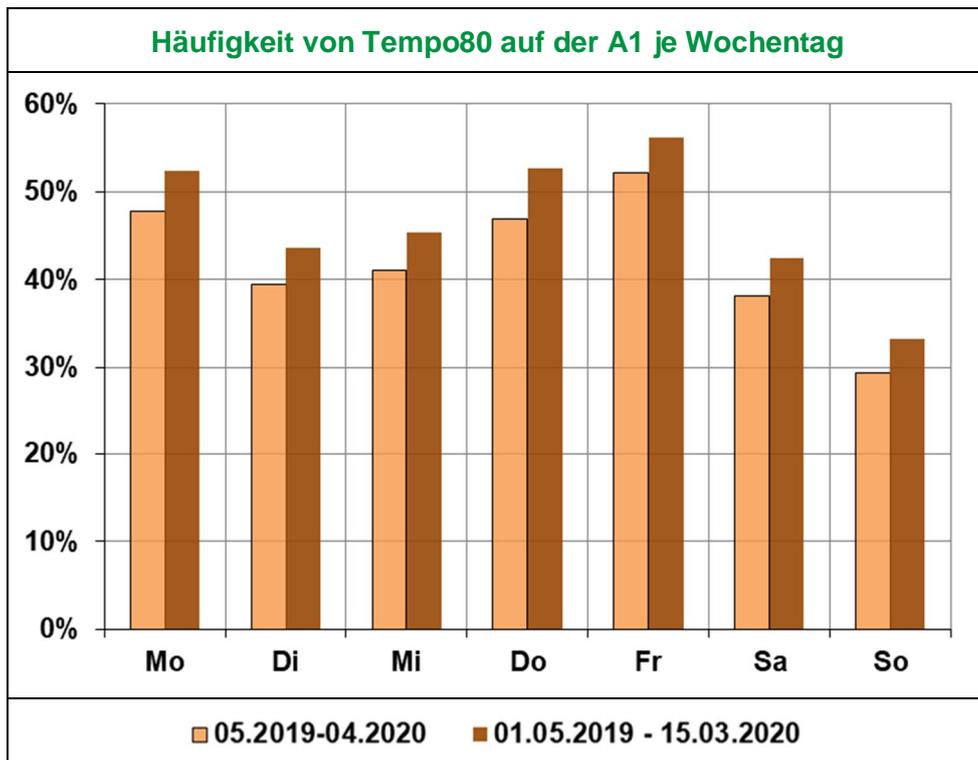


Abbildung 2.12: Häufigkeit von Tempo80 je Wochentag auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020 bzw. 01.05.2019-15.03.2020).

Der Tagesgang der Tempo80-Häufigkeit nach Wochentagstyp (ohne Lockdownphase) war sehr ähnlich wie im Vorjahr. Werktags ist die Morgenspitze deutlich größer als die Abendspitze, sonntags ist es umgekehrt.

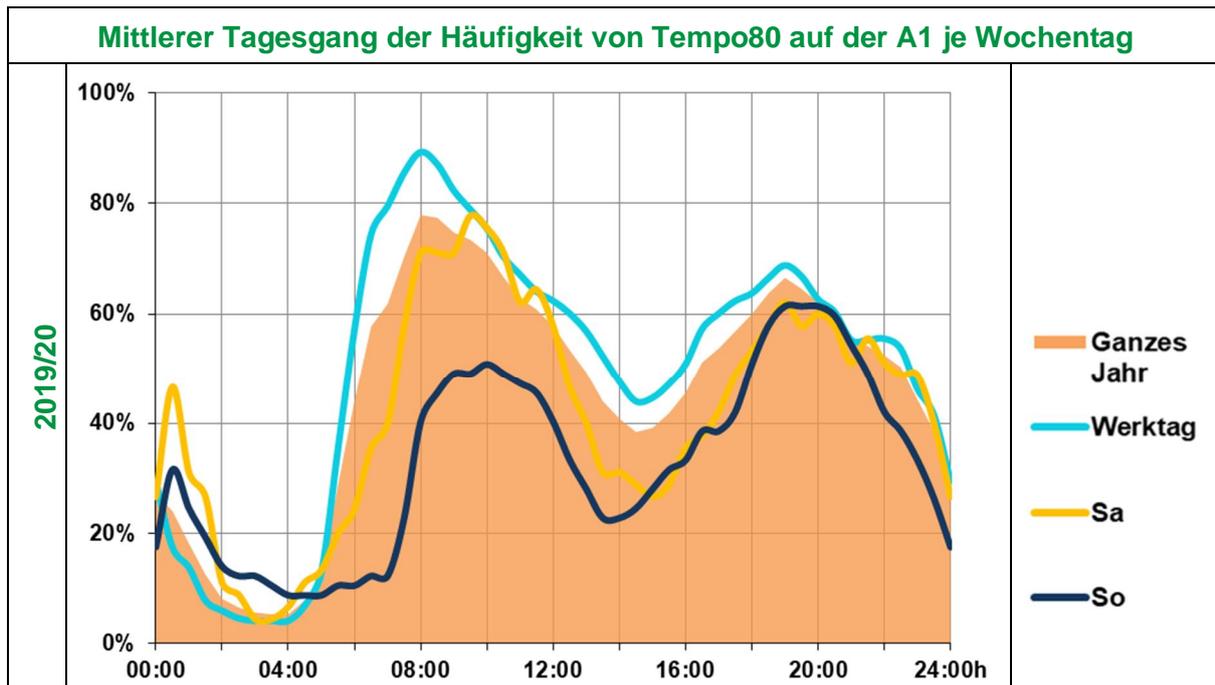


Abbildung 2.13: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 je Wochentagstyp auf der A1 bei Siezenheim, 01.05.2019-15.03.2020.

### 2.3.2. Verkehrsaufkommen

Auch der Verkehr weist einen starken Wochengang auf. Alle Fahrzeugkategorien mit Ausnahme der Busse wiesen sonntags das geringste Aufkommen auf, samstags das zweitgeringste. Von daher erklärt sich der Wochenverlauf der Tempo80-Häufigkeit.

Der Wochengang der Busse war plausibel mit dem Maximum am Samstag und den zweithöchsten Werten freitags und sonntags.

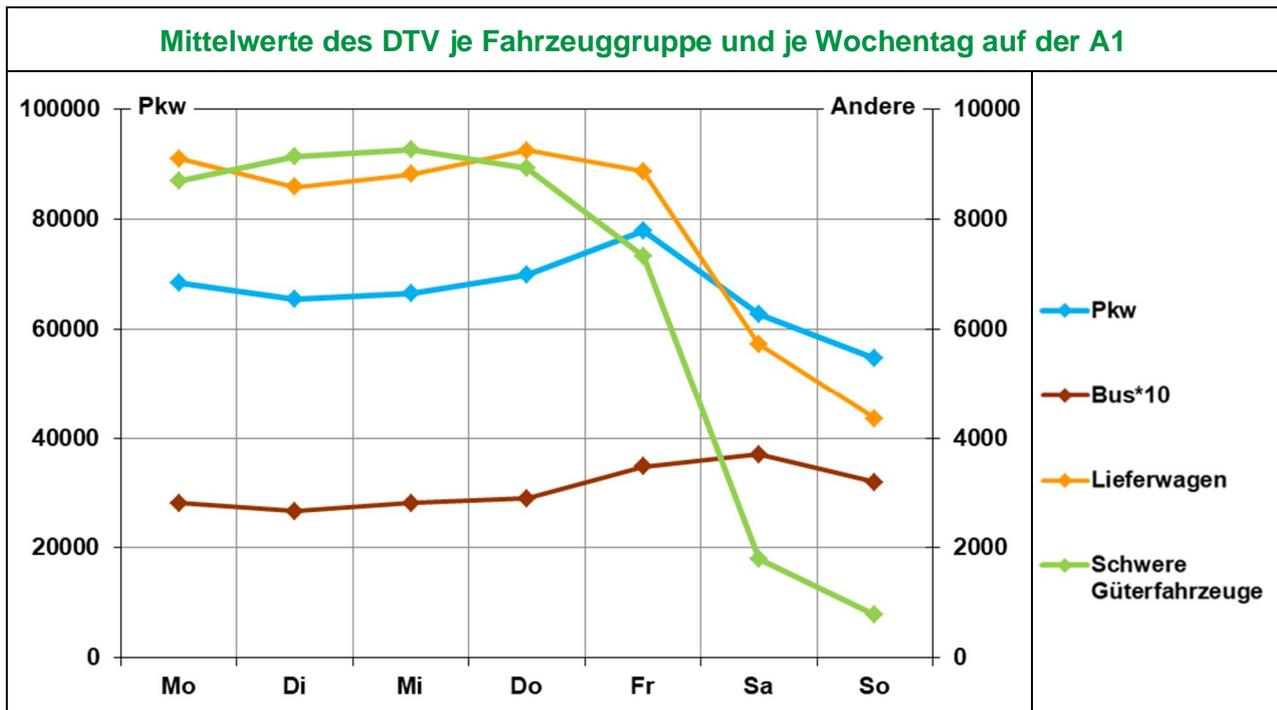


Abbildung 2.14: DTV je Wochentag auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020).

### 2.3.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden

Die Immissionen und Emissionen an NOx verlaufen über die gesamte Woche weitgehend parallel, jedoch ist die prozentuale Absenkung der Immissionen am Sonntag größer als diejenige der Emissionen; offenbar ist es auch nach HBEFA4.1 so, dass die Lkw real im Mittel mehr NOx-Emissionen ausstoßen als berechnet (was die realen Immissionen am Sonntag mit nur wenigen Lkw mehr absenkt als es den berechneten Emissionen entsprechen würde). Gewisse Schwankungen ergeben sich zudem aus unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen je Wochentag, die sich auch im Jahresmittel durchaus zeigen können, und aus unterschiedlichen tageszeitlichen Emissionsverläufen je Wochentag, welche ebenfalls einen Einfluss auf die resultierenden Immissionen haben können.

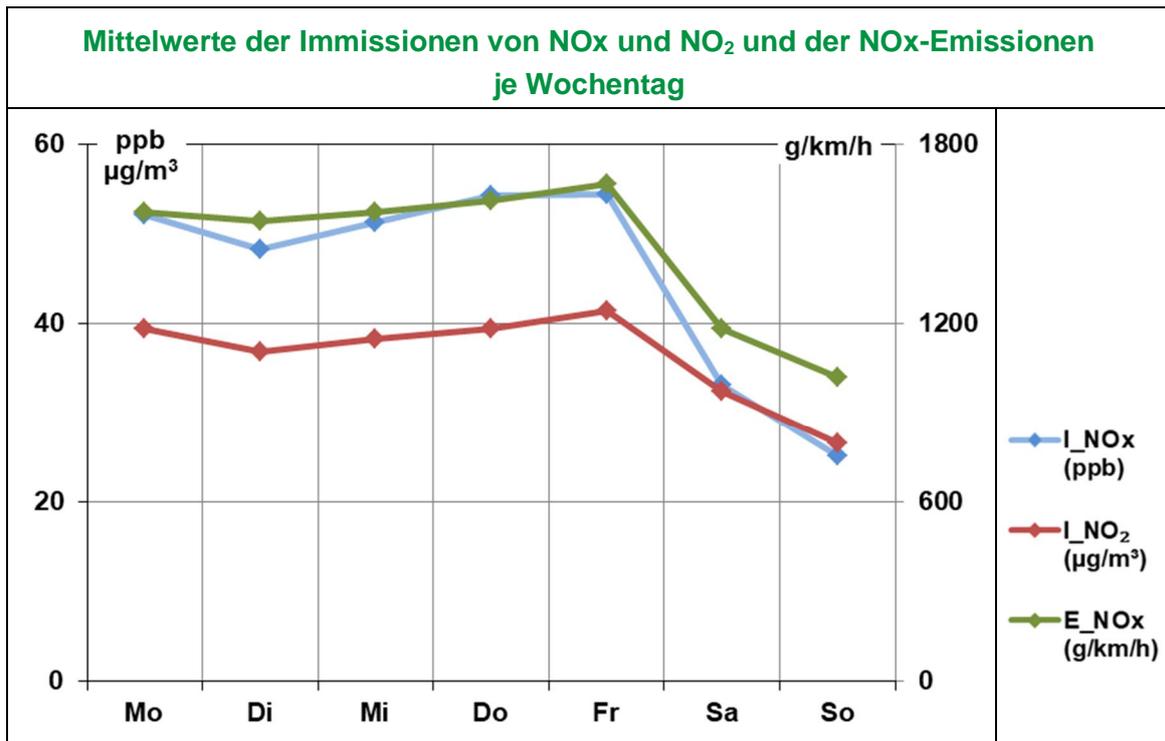


Abbildung 2.15: Mittelwerte der Immissionen von NOx und NO<sub>2</sub> sowie der NOx-Emissionen (E-NOx) je Wochentag bei Siezenheim A1 (05.2019-04.2020).

### 3. Dokumentation der täglichen Schaltzeiten

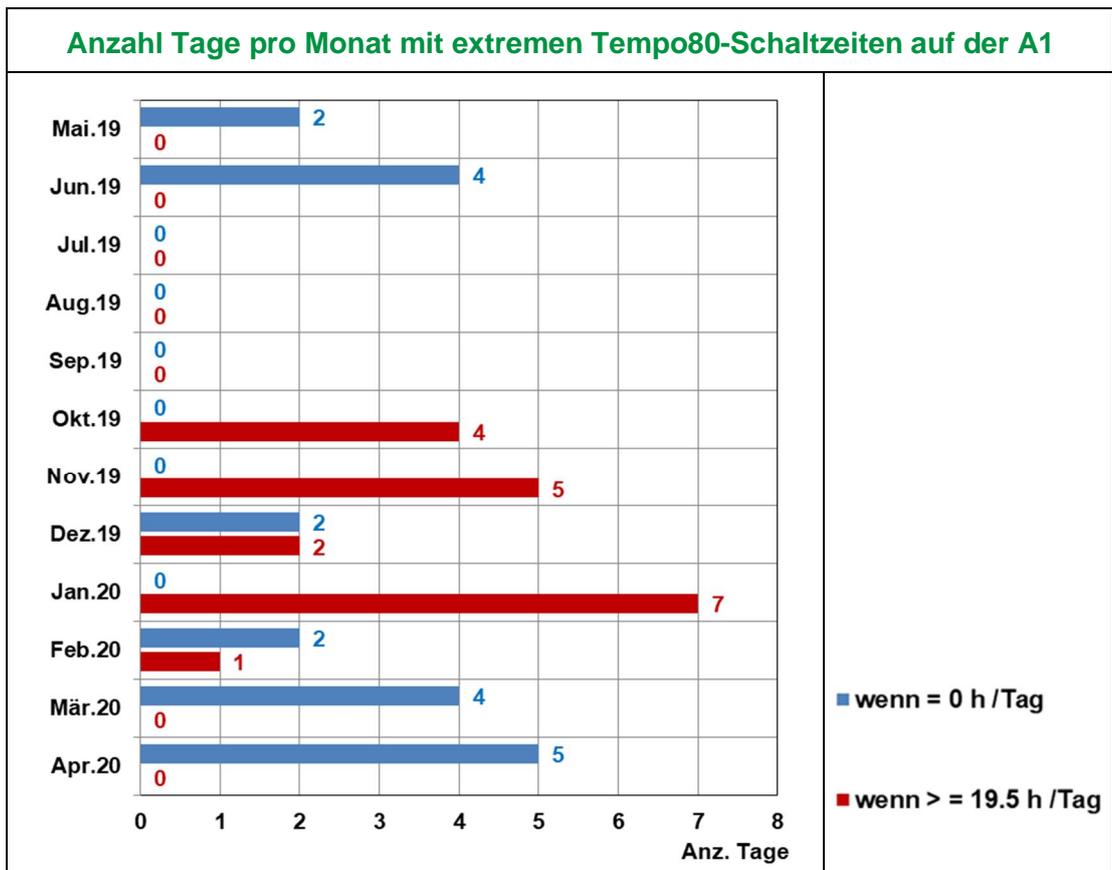
In der folgenden Tabelle werden alle täglichen Schaltzeiten von Tempo80 im Betriebsjahr 2019/20 dokumentiert.

Tabelle 3.1: Tägliche Anzahl Stunden mit Tempo80-Schaltung, Siezenheim A1 (05.2019-04.2020).

	Mai 19	Jun 19	Jul 19	Aug 19	Sep 19	Okt 19	Nov 19	Dez 19	Jan 20	Feb 20	Mär 20	Apr 20
1	1.5	1.5	9.5	8	4.5	14	8	17	21	16.5	11	3
2	4	0	3.5	19	10	14.5	13.5	18	18	13	17.5	3
3	10	5	1.5	13.5	9.5	6.5	12	19	16.5	13.5	9.5	5.5
4	9.5	5.5	6	8	11.5	17.5	19.5	19.5	6	0	11	3.5
5	4.5	5	8	15.5	8.5	14	18.5	24	6.5	1	14	1
6	7	2.5	7.5	16.5	17	12	18	18.5	10	17	9	3
7	5	8.5	5	12	8.5	9.5	19	14	18.5	19	3.5	1.5
8	3	0.5	15	11	4	18.5	20	11	16	23	6	2
9	9	0	7	14	16	8	16	17.5	17	6	15.5	2
10	13	0	2	10.5	13	7	10.5	11	18.5	5.5	8	1.5
11	1.5		8	10	17	10.5	14.5	18.5	11.5	2	8.5	1
12	3		15	4	18	12.5	17.5	19	21	3.5	7	0
13	6	0	9.5	10.5	12.5	7.5	19	18.5	18.5	13.5	11.5	0
14	7.5	10.5	11	16.5	9.5	18	19	12.5	16	8	5.5	1.5
15	4.5	4	5.5	2.5	11	21.5	19.5	6	19	14.5	4.5	3.5
16	4.5	1	4	14.5	12	16.5	15	15	18.5	5.5	4.5	3.5
17	6.5	6.5	6.5	3	3.5	19	9	9	18.5	9	5	3.5
18	3.5	4	12		5.5	20	18	16.5	14	5	2.5	1
19	0	7.5	13	17	13.5	17.5	20	15.5	11	14.5	2.5	0
20	15	1.5	10	6	17	19	15.5	11.5	20.5	15	1.5	2.5
21	11.5	3	6.5	9	14.5	18.5	17	11	16.5	6	0	4
22	9.5	5.5	10.5	10	10	15.5	19.5	11	14.5	16	0	4
23	2	1.5	9.5	16.5	15	17	6.5	0	19	8.5	1.5	5
24	5.5	5.5	9.5	18	15	24	8.5	7	19.5	13.5	2	4.5
25	1	4	12	16	15.5	20	18.5	0	20.5	14	3	0
26	0	6.5	11	11.5	12.5	18	19	16	20	0	3	0
27	9.5	4	9.5	14	14	8.5	17.5	15.5	20	13.5	5	11.5
28	1	1.5	7	10	16	9.5	17.5	2	14	5.5	3	3
29	13	2.5	16	16	5	6	11	15	8.5	5	0	5.5
30	7	1	9	15.5	3.5	16.5	16	13.5	15.5		0	2.5
31	12.5		9.5	11.5		13		15	14.5		4	

An drei Tagen fiel die Schaltung vollständig aus, am 11./12. Juni 2019 und am 18.08.2019. Zu 93% der Gesamtzeit funktionierte die Schaltung mit korrekten Inputdaten. An den übrigen 621 h war dies nicht der Fall. Zu 98.7% waren die Immissionsdaten verfügbar, zu 94.5% die Verkehrsdaten.

Die monatliche Verteilung der Tage mit "extremen" Schaltzeiten (0 h bzw. 20-24 h Schaltzeit) folgte grundsätzlich der allgemeinen Verteilung der Schaltzeiten: Sehr hohe tägliche Schaltzeiten fanden sich im Herbst und Winter, tiefe vor allem im Frühjahr und Frühsommer, dieses Jahr im März und April auch lockdownbedingt.



**Abbildung 3.1: Anzahl Tage pro Monat mit extremen Tempo80-Schaltzeiten, Siezenheim A1 (05.2019-04.2020).**

Bei den 14 Tagen mit hohen Schaltzeiten (20-24 h) handelte es sich um Tage von Mitte Oktober 2019 bis anfangs Februar 2020. Dabei kamen alle 7 Wochentage vor. An 11 von den 14 Tagen war das Verkehrsaufkommen höher . zum Teil markant - als der Jahres-DTV. Zusätzlich wirkten auch entsprechende meteorologische Ausbreitungsbedingungen.

**Tabelle 3.2: Die 14 Tage mit hohen Tempo80-Schaltzeiten (20-24 h) bei Siezenheim A1 (05.2019-04.2020).**

<b>Tag</b>	<b>Datum</b>	<b>Pkw-Aufkommen [Fz/Tag]</b>	<b>Tempo80-Schaltzeit [h]</b>
<b>Di</b>	<b>15.10.2019</b>	<b>70'071</b>	<b>21</b>
<b>Fr</b>	<b>18.10.2019</b>	<b>84'745</b>	<b>20</b>
<b>Do</b>	<b>24.10.2019</b>	<b>77'331</b>	<b>24</b>
<b>Fr</b>	<b>25.10.2019</b>	<b>86'081</b>	<b>20</b>
<b>Fr</b>	<b>08.11.2019</b>	<b>80'275</b>	<b>20</b>
<b>Di</b>	<b>19.11.2019</b>	<b>67'130</b>	<b>20</b>
<b>Do</b>	<b>05.12.2019</b>	<b>76'531</b>	<b>24</b>
<b>Mi</b>	<b>01.01.2020</b>	<b>44'400</b>	<b>21</b>
<b>So</b>	<b>12.01.2020</b>	<b>65'335</b>	<b>21</b>
<b>Mo</b>	<b>20.01.2020</b>	<b>69'102</b>	<b>21</b>
<b>Sa</b>	<b>25.01.2020</b>	<b>71'825</b>	<b>21</b>
<b>So</b>	<b>26.01.2020</b>	<b>63'601</b>	<b>20</b>
<b>Mo</b>	<b>27.01.2020</b>	<b>71'364</b>	<b>20</b>
<b>Sa</b>	<b>08.02.2020</b>	<b>83'877</b>	<b>23</b>

## 4. Effektive Fahrgeschwindigkeiten auf der A1 bei Salzburg

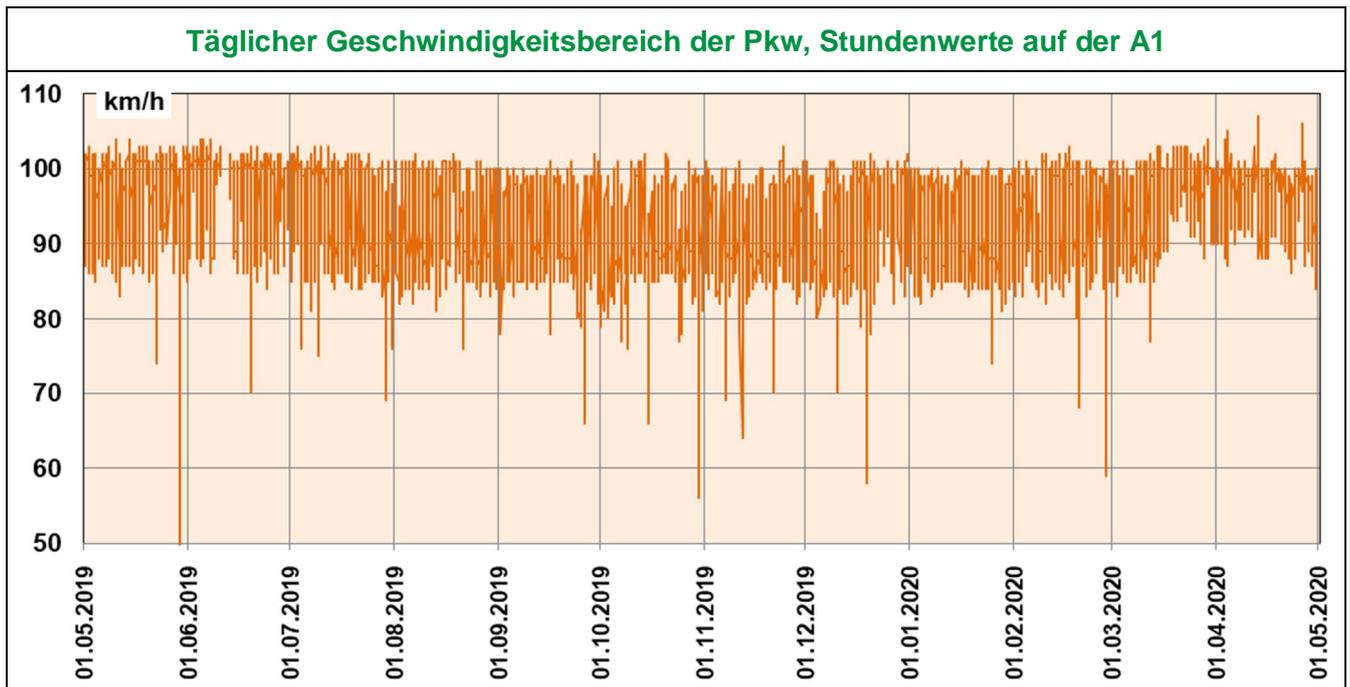
In diesem Kapitel werden die **mittleren** Fahrgeschwindigkeiten auf der A1 bei Siezenheim vom Mai 2019 . April 2020 dargestellt.

Es herrschte zeitweise ein Tempo80-Limit, ansonsten Tempo100. Da eine Geschwindigkeitsmessung jeweils eine volle Tagesstunde umfasst und die Schaltung des Tempolimits jeweils um xx:10 Uhr bzw. xx:40 Uhr geschieht, konnten nur diejenigen Stunden zur Auswertung herangezogen werden, bei welchen zumindest 20 Minuten vor dem Stundenbeginn bis 10 Minuten nach dem Stundenende das gleiche Tempolimit galt. Damit wurde gewährleistet, dass nur solche Stunden für die Geschwindigkeitsbestimmung einbezogen wurden, während welchen das Tempolimit nicht änderte. Tempobegrenzungen nach StVO sind hierbei nicht betrachtet worden. Sie sollten auf dieser Strecke nicht häufig gewesen sein. **Geschwindigkeiten von unter 60 km/h wurden für die Auswertungen in diesem Kapitel konsequent weggelassen**; sie konnten bei Stau, Baustellen oder bei prekären Straßenverhältnissen vorkommen.

Es wurden auch mit der Fahrzeuganzahl gewichtete **Häufigkeitsverteilungen** der Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit ermittelt.

### 4.1. Geschwindigkeitsbereich der Pkw

Die täglichen Fahrgeschwindigkeiten der Pkw bewegten sich generell zwischen etwa 85 und 103 km/h (Basis Stundenmittelwerte). Bisweilen gab es kurze Phasen mit verringerten Fahrgeschwindigkeiten, wegen Stau, Unfällen etc. Außerhalb dieser Phasen variierten die Geschwindigkeitsbereiche jedoch wenig (s. [Abbildung 4.1](#)). Während der Lockdownphase waren die Fahrgeschwindigkeiten höher, weil es nur noch wenige Tempo80-Schaltungen gab.



**Abbildung 4.1: Täglicher Geschwindigkeitsbereich der Pkw auf der Basis der Stundenwerte, Siezenheim A1 (05.2019-04.2020).**

## 4.2. Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeiten

Die nächste Abbildung zeigt mit der Fahrzeuganzahl gewichtete Häufigkeitsverteilungen der Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit. Die Häufigkeitsverteilungen unterscheiden sich deutlich nach dem Tempolimit. Die häufigsten Fahrgeschwindigkeiten waren 97 km/h bei Tempo 100 und 86 km/h bei Tempo 80. Nur wenige Stundenwerte betragen über 103 km/h bei Tempo 100 und über 94 km/h bei Tempo 80. Über das Fahrverhalten einzelner Pkw ist damit nichts ausgesagt, die Basis dieser Auswertung sind Stundenmittelwerte der Pkw-Fahrgeschwindigkeit.

Die Geschwindigkeitsverteilungen sind sehr ähnlich wie im Vorjahr, wobei bei Tempo80 etwas langsamer und bei Tempo100 etwas schneller gefahren wurde als im Vorjahr.

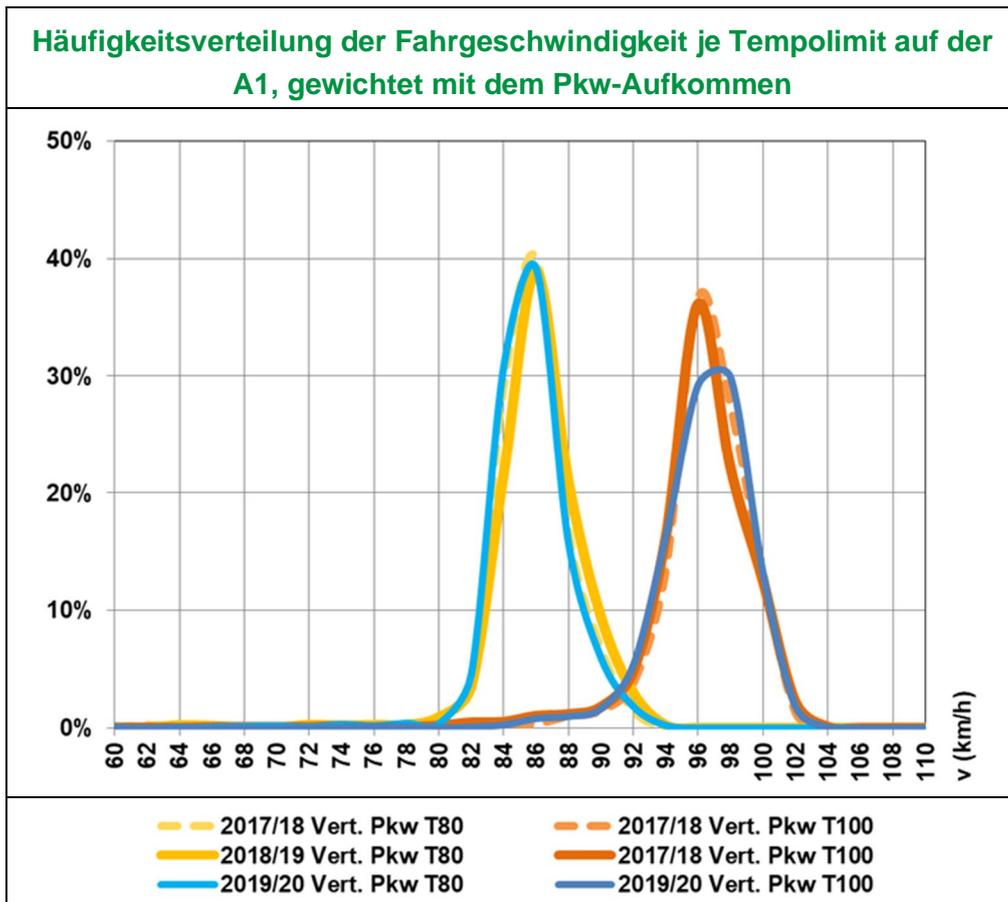


Abbildung 4.2: Mit dem Pkw-Aufkommen gewichtete Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit auf der A1 bei Siezenheim, Basis Stundenwerte (05.2019-04.2020, 05.2018-04.2019 und 05.2017-04.2018).

### 4.3. Tagesgang der mittleren Fahrgeschwindigkeit

Die mittlere Geschwindigkeit des Leichtverkehrs war nachts bei Tempo80 um etwa 3-5 km/h höher als tagsüber, bei Tempo100 etwa 2-3 km/h.

Die schweren Nutzfahrzeuge (SNF) fuhren bei Tempo100 im Mittel um 2 . 5 km/h schneller als bei Tempo80, obwohl für sie eigentlich immer Tempo80 galt. Die höchsten Geschwindigkeiten wurden abends und am Morgen von 6-9 Uhr erreicht.

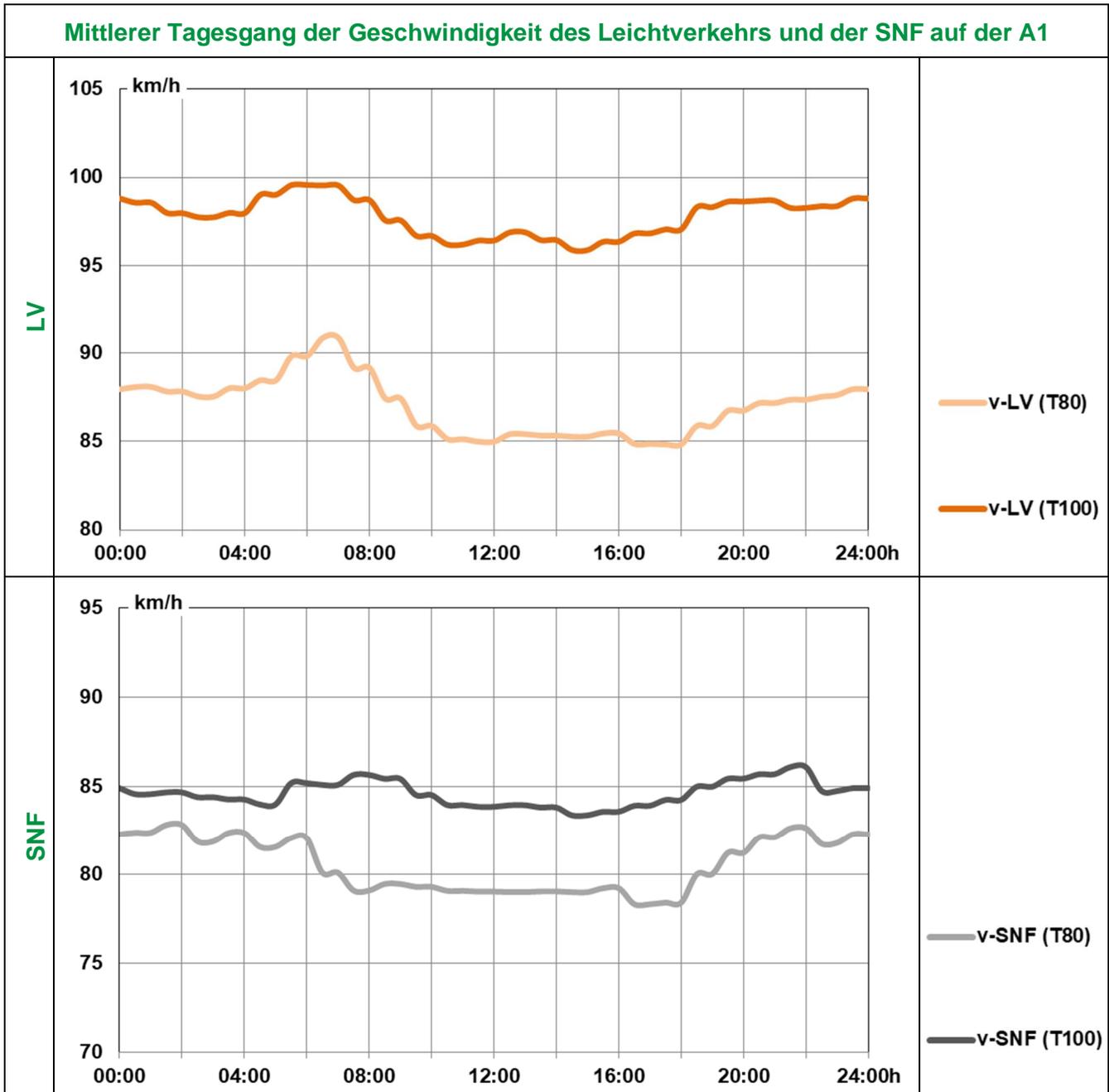


Abbildung 4.3: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs LV (oben) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; unten) auf der A1 bei Siezenheim (05.2019-04.2020).

### 4.4. Monatsmittel der Fahrgeschwindigkeit

Die im Folgenden dargestellten Monatsmittelwerte beziehen sich nur auf die Tagesstunden von 6 . 22 Uhr. Im Winter wird generell etwas langsamer gefahren als sonst. Während des Lockdowns wurde Tempo80 speziell schlecht eingehalten.

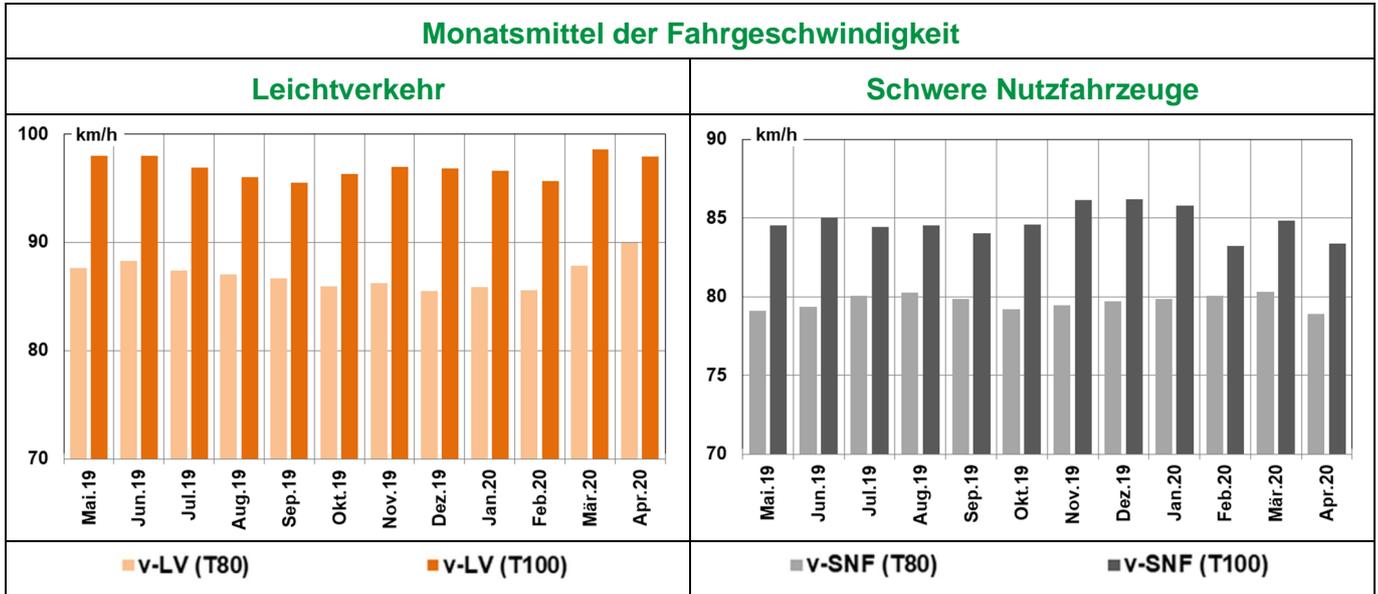


Abbildung 4.4: Monatswerte der mittleren gemessenen Fahrgeschwindigkeit von 6-22 Uhr des Leichtverkehrs (LV; links) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; rechts) auf der A1 bei Siezenheim, 05.2019-04.2020.

### 4.5. Mittlere Fahrgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs nach Tempolimit

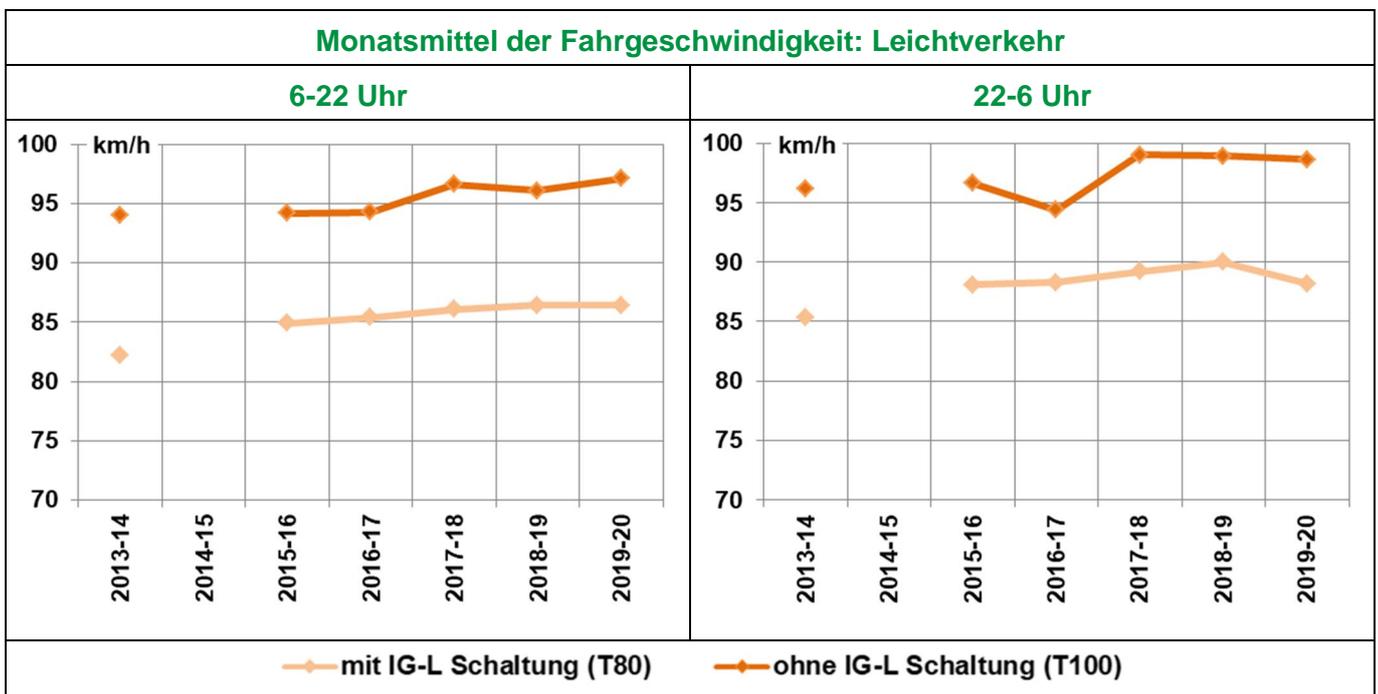
Die mittleren Fahrgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs je nach Tempolimit werden in der folgenden Tabelle aufgelistet. Zu Vergleichszwecken werden auch die Werte der Testphase zu Beginn und aller Betriebsjahre in einer Grafik dargestellt.

**Tabelle 4.1: Mittelwerte der effektiv gefahrenen Geschwindigkeiten des Leichtverkehrs (LV) je Tempolimit tagsüber (6-22 Uhr) und in der Nacht (22-6 Uhr) auf der A1 bei Siezenheim, 05.2019-04.2020.**

Tempolimit (05.2019-04.2020)	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L Schaltung (T80)	86.4	88.2
ohne IG-L Schaltung (T100)	97.1	98.6

Die in Tabelle 4.1 angeführten Geschwindigkeiten werden zur Abschätzung der lufthygienischen Wirksamkeit der Tempo80-Schaltung verwendet. Durch das Tempolimit wurde also im aktuellen Betriebsjahr tagsüber eine Geschwindigkeitsreduktion um **10.7 km/h** (Vorjahr: 9.8 km/h) erreicht. Im Vergleich zur Testphase hat die mittlere Geschwindigkeit bei Tempo100 um 3 km/h zugenommen, bei Tempo80 um 4 km/h.

Seit der Testphase 2013/14 haben die mittleren Geschwindigkeiten tagsüber sowohl bei Tempo80 als auch bei Tempo100 kontinuierlich zugenommen. Nachts sind sie seit 3 Jahren stabil.



**Abbildung 4.5: Mittelwerte der effektiv gefahrenen Geschwindigkeiten des Leichtverkehrs (LV) je Tempolimit tagsüber (6-22 Uhr; links) und in der Nacht (22-6 Uhr; rechts) auf der A1 bei Siezenheim, 2019/20, 2018/19, 2017/18, 2016/17 = (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017); 05.2015-04.2016 und Testphasen 2013/2014.**

## 5. Analyse von Verkehrsaufkommen und Fahrgeschwindigkeiten separat für alle 6 Fahrspuren

In diesem Kapitel werden die Verkehrsverhältnisse (Fahrzeug-Aufkommen und -Geschwindigkeit) für alle sechs Fahrstreifen (\_1\_FS1, \_1\_FS2, \_1\_FS3 für Richtung1 [gegen Walserberg], \_2\_FS1, \_2\_FS2, \_2\_FS3 für Richtung2 [gegen Linz]) einzeln betrachtet. Die Grafiken entsprechen dabei den realen Verhältnissen: Außen liegen die jeweils rechten Fahrspuren (FS1).

### 5.1. Verteilung des Leichtverkehrs auf die sechs Fahrspuren

Die nächste Abbildung zeigt die Verteilung des Leichtverkehrs auf die insgesamt 6 Fahrspuren je nach Tempolimit. Am meisten Verkehr hat es auf den beiden mittleren Spuren. Die Verteilung ist ähnlich wie im Vorjahr.

Die Fahrzeugverteilung auf den je Richtung drei Fahrspuren kann nicht direkt je Tempolimit verglichen werden, da bei Tempo80 insgesamt mehr Fahrzeuge unterwegs waren (57% des Gesamtverkehrs im Betriebsjahr 2019/20).

In [Abbildung 5.2](#) wird deshalb die *prozentuale* Verteilung des Leichtverkehrs auf die drei Spuren *je Richtung* von den Betriebsjahren 2019/20, 2018/19, 2017/18, 2016/17 und 2015/16 sowie der Testphase 2014 verglichen. Bis zum letzten Jahr fuhr mit jedem Jahr ein etwas größerer Anteil auf der dritten Spur und ein etwas kleinerer auf der rechten Spur. dies scheint sich nun stabilisiert zu haben. Der Anteil auf der mittleren Spur ist etwa gleichgeblieben. Im aktuellen Betriebsjahr fuhren im Mittel etwa 38% der Leichtfahrzeuge auf der rechten Spur, 43% auf der mittleren und knapp 20% auf der dritten.

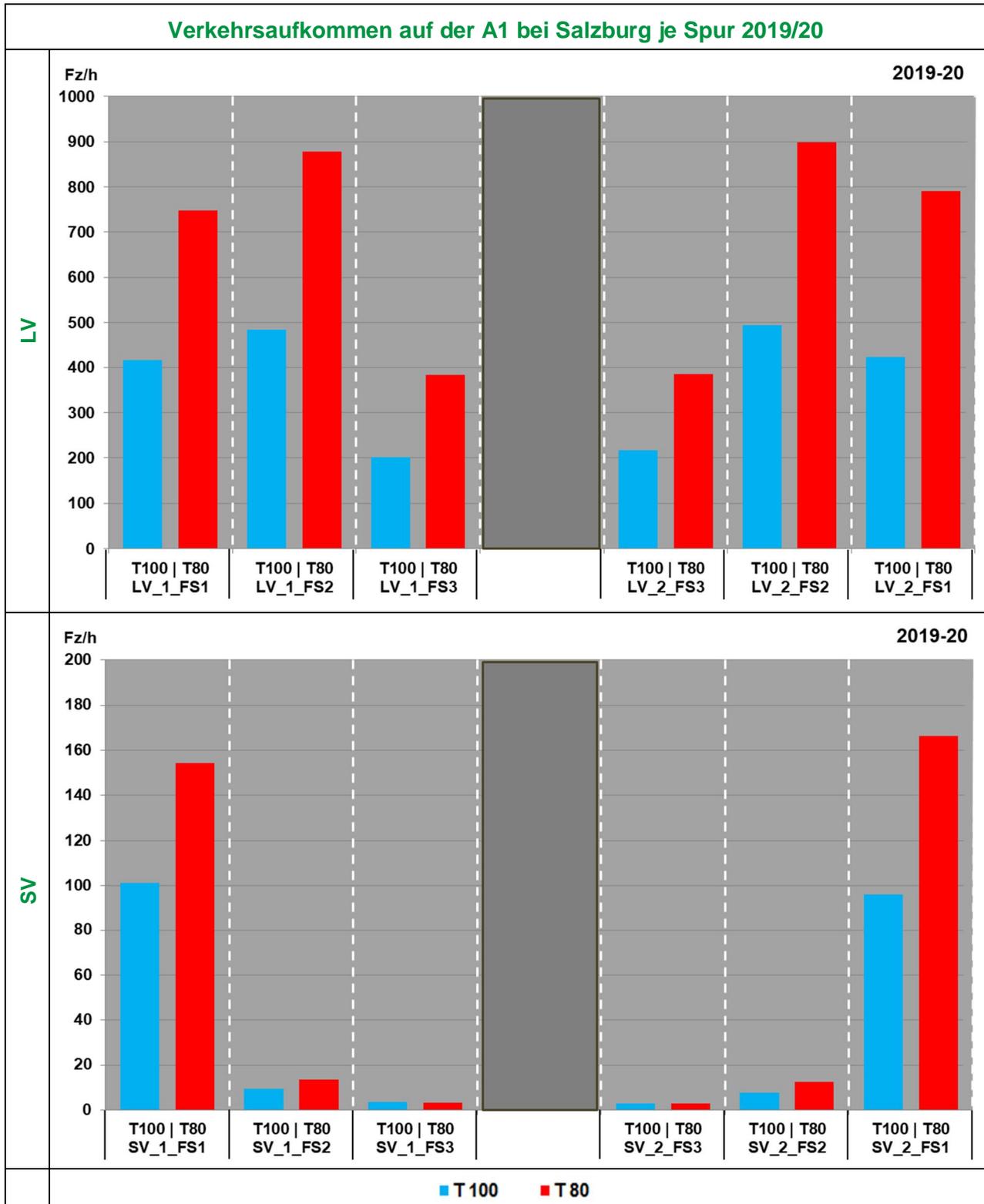


Abbildung 5.1: Aufkommen des Leichtverkehrs (LV; oben) bzw. des Schwerverkehrs (SV; unten) je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2019-04.2020.

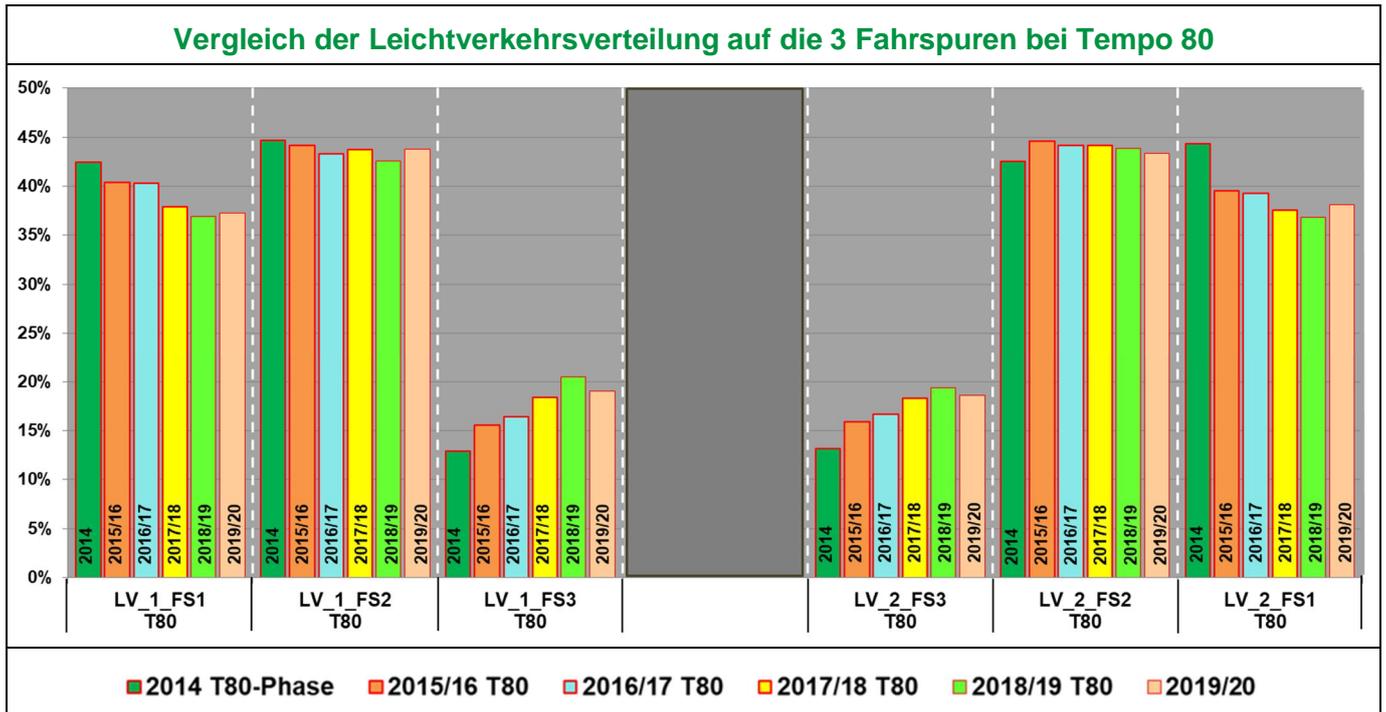


Abbildung 5.2: Prozentuale Verteilung des Leichtverkehrs (LV) je Fahrstreifen und Richtung bei Tempo80, Testphase 2014 sowie die fünf Betriebsjahre 2015/16 (05.2015-04.2016), 2016/17 (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017), 2017/18, 2018/19 sowie 2019/20, Siezenheim (A1).

## 5.2. Fahrgeschwindigkeiten auf den sechs Fahrspuren

Die Betrachtung der Fahrgeschwindigkeiten über die sechs Fahrspuren ist sehr aufschlussreich. Basis sind die **Stundenmittelwerte** der Geschwindigkeiten. Nebst den Mittelwerten werden für den Leichtverkehr auch noch Quantile gezeigt:  
 Q10: Wert, der in 10% aller Stunden unterschritten wird.  
 Q90: Wert, der in 10% aller Stunden überschritten wird.  
 Q99: Wert, der in 1% aller Stunden überschritten wird (88 Stunden).

Erwartungsgemäß nehmen die Geschwindigkeiten von der ersten bis zur dritten Fahrspur (FS1 bis FS3) zu. Die Geschwindigkeitsverteilung ist sehr ähnlich wie im Vorjahr. Die mittlere Geschwindigkeit auf FS3 lag während Tempo80 markant über 80 km/h (99 bzw. 100 km/h je Richtung). Die Geschwindigkeitsunterschiede von der ersten bis zur dritten Fahrspur sind groß, betragen im Mittel bei beiden Tempolimits etwa 17 km/h. Bei Tempo80 betragen die Mittelwerte von 1% der Stunden auf der dritten Spur um die 140 km/h, leicht mehr als im Vorjahr. Diese Stunden kommen überwiegend in der Nacht vor.

Auf den FS1 und 2 liegen die Quantile relativ nahe um den Mittelwert, es gibt also keine breite Streuung in den Stundenmittelwerten der Fahrgeschwindigkeiten. Auf dem FS3 hingegen ist schon der Q90-Wert, aber mehr noch der Q99-Wert weit vom Mittelwert entfernt; dies deutet auf stark unterschiedliche Geschwindigkeiten hin.

Auf der dritten Spur liegen aber auch die Stundenmittelwerte der Fahrgeschwindigkeit über dem jeweils gültigen Tempolimit, markant bei Tempo80: 90% der Stundenmittelwerte - also auch tagsüber - liegen über 93 bzw. 94 km/h, je nach Richtung. Es ist davon auszugehen, dass ein größerer Teil der einzelnen Fahrzeuge je Stunde noch deutlich schneller als gemäß Mittelwert unterwegs ist. Aus lufthygienischer Sicht ist dabei neben der zusätzlichen Emission des zu schnellen Fahrzeugs zu beachten, dass solche Fahrzeuge andere auf den rechts liegenden Streifen zwingen, was durch zusätzliche Brems- und Beschleunigungsmanöver mehr Zusatzemissionen verursacht. Diesen Effekt können auch spurwechselnde schwere Fahrzeuge verursachen.

Der Schwerverkehr ist ebenfalls von FS1 bis FS3 schneller gefahren, auf jeder Spur bei Tempo100 schneller als bei Tempo80. Auf der bei Einfahrten wichtigen ersten Spur ist er bei Tempo100 um etwa 10 km/h langsamer gewesen als der Leichtverkehr, bei Tempo80 um 2-3 km/h.

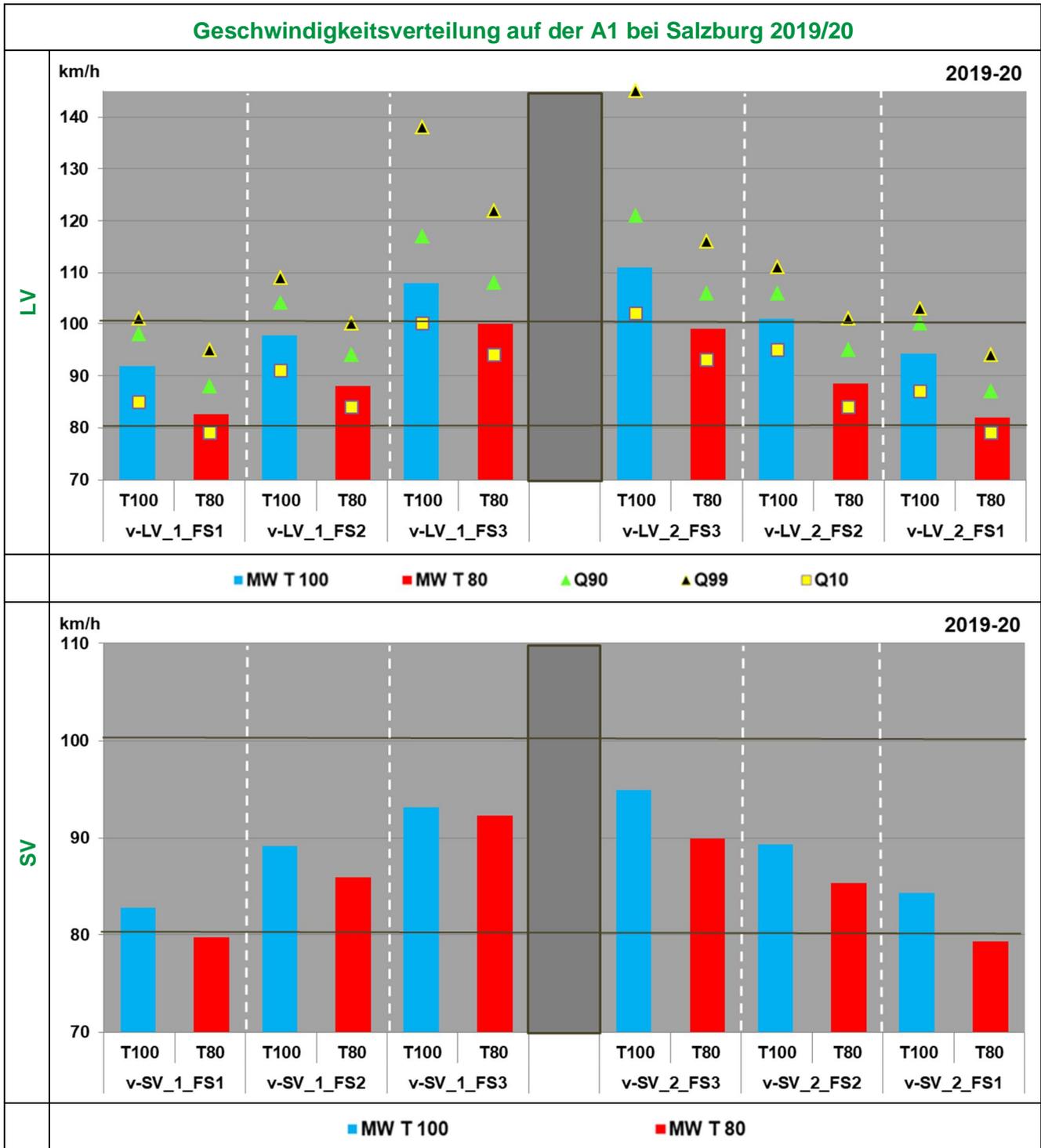
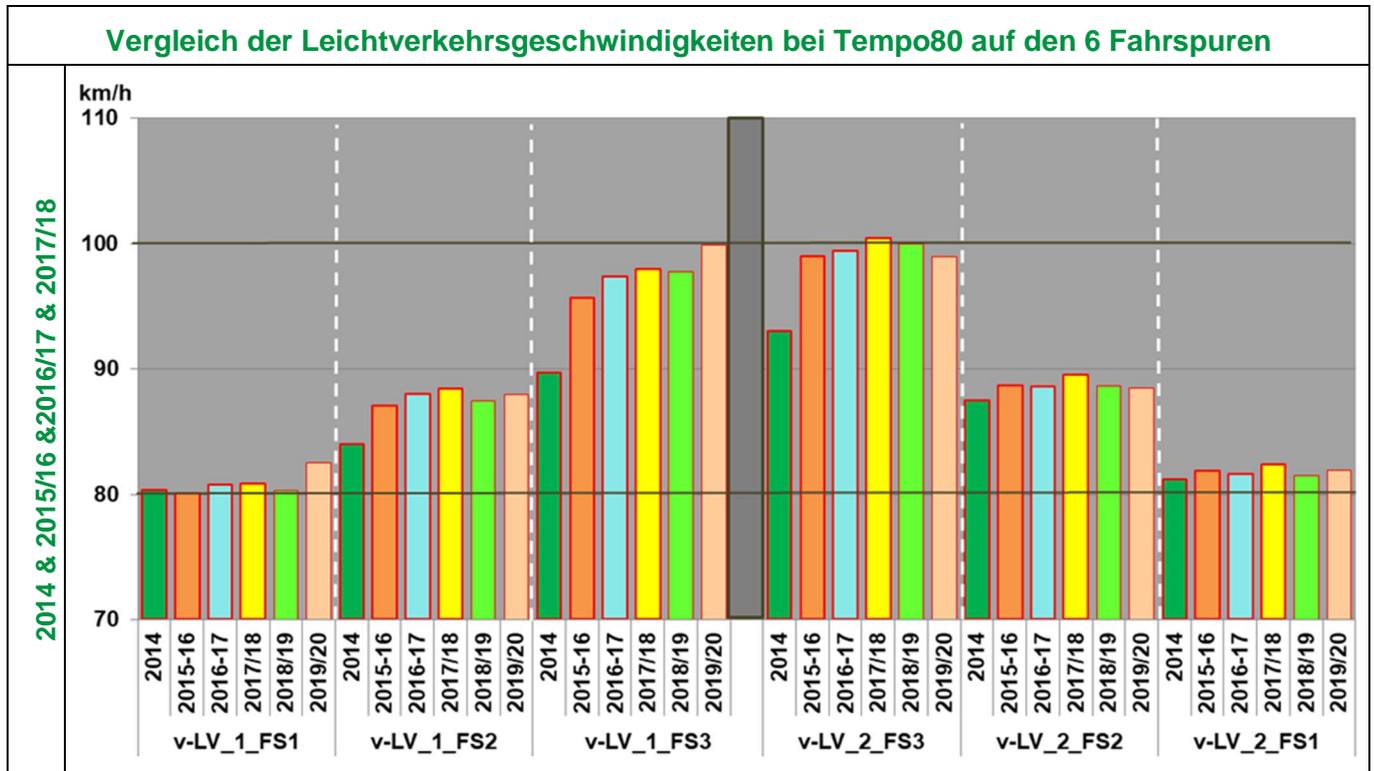


Abbildung 5.3: Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (LV; oben) bzw. des Schwerverkehrs (SV; unten) je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2019-04.2020.

In Fahrtrichtung 1 (gegen Walsberg) ist im aktuellen Betriebsjahr generell etwas schneller gefahren worden als im Vorjahr, in Fahrtrichtung 2 haben sich die mittleren Fahrgeschwindigkeiten auf allen drei Fahrstreifen stabilisiert.



**Abbildung 5.4: Vergleich der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (LV) bei Tempo80 je Fahrstreifen bei Siezenheim (A1), Testphase 2014 sowie 2015/16 (05.2015-04.2016), 2016/17 (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017), 2017/18 (05.2017-04.2018), 2018/19 (05.2018-04.2019) sowie 2019/20 (05.2019-04.2020).**

Auf den dritten Fahrstreifen FS3 wird am Wochenende wie im Vorjahr in beiden Richtungen und bei beiden Tempolimits etwas schneller gefahren als werktags.

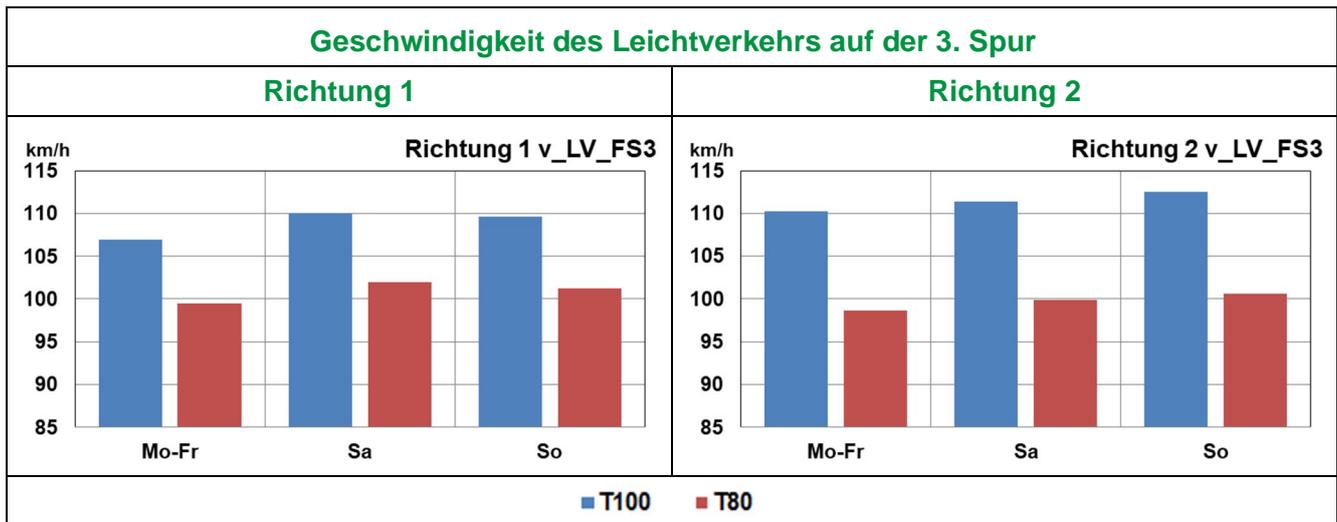


Abbildung 5.5: Mittlere Geschwindigkeit des LV in Richtung 1 und 2 für den dritten Fahrstreifen (FS3) je Tempolimit bei Siezenheim (A1) in Abhängigkeit vom Wochentag, 05.2019-04.2020.

Die Verteilung des Leichtverkehrs auf die drei Fahrspuren hängt wenig vom Wochentag ab. Werktags fährt wie im Vorjahr ein etwas größerer Anteil auf dem 2. und 3. Fahrstreifen als am Wochenende.

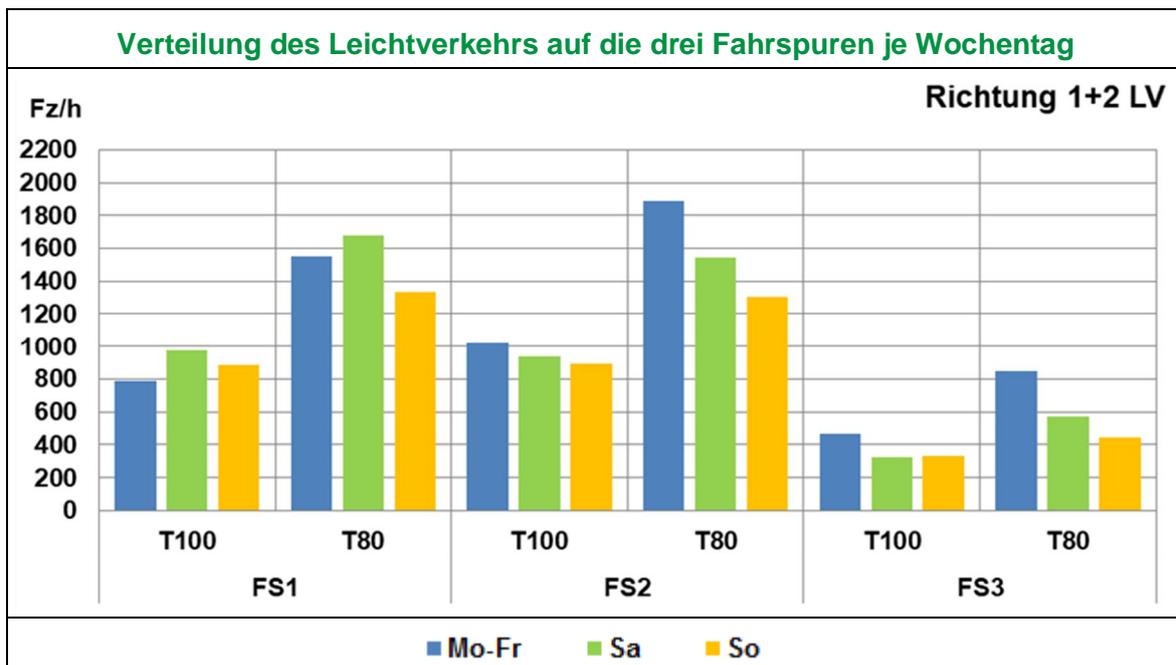


Abbildung 5.6: Verkehrsaufkommen des Leichtverkehrs je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1) in Abhängigkeit vom Wochentag, 05.2019-04.2020.

Der Tagesgang der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs je Richtung und Fahrstreifen zeigt, dass nachts generell schneller gefahren wird als tagsüber (vor allem auf der dritten Spur), und dass in Richtung 2 (gegen Linz) bei Tempo100 generell etwas schneller gefahren wird als in Richtung 1 (gegen Walserberg).

Die Welligkeit des Geschwindigkeitsverlaufs in den frühen Morgenstunden bei Tempo80 rührt daher, dass es um diese Tageszeit nur wenige Schaltungen gibt und dass dann einzelne Fahrzeuge den Mittelwert merklich beeinflussen können. Besonders ausgeprägt ist dies auf den beiden 3. Spuren.

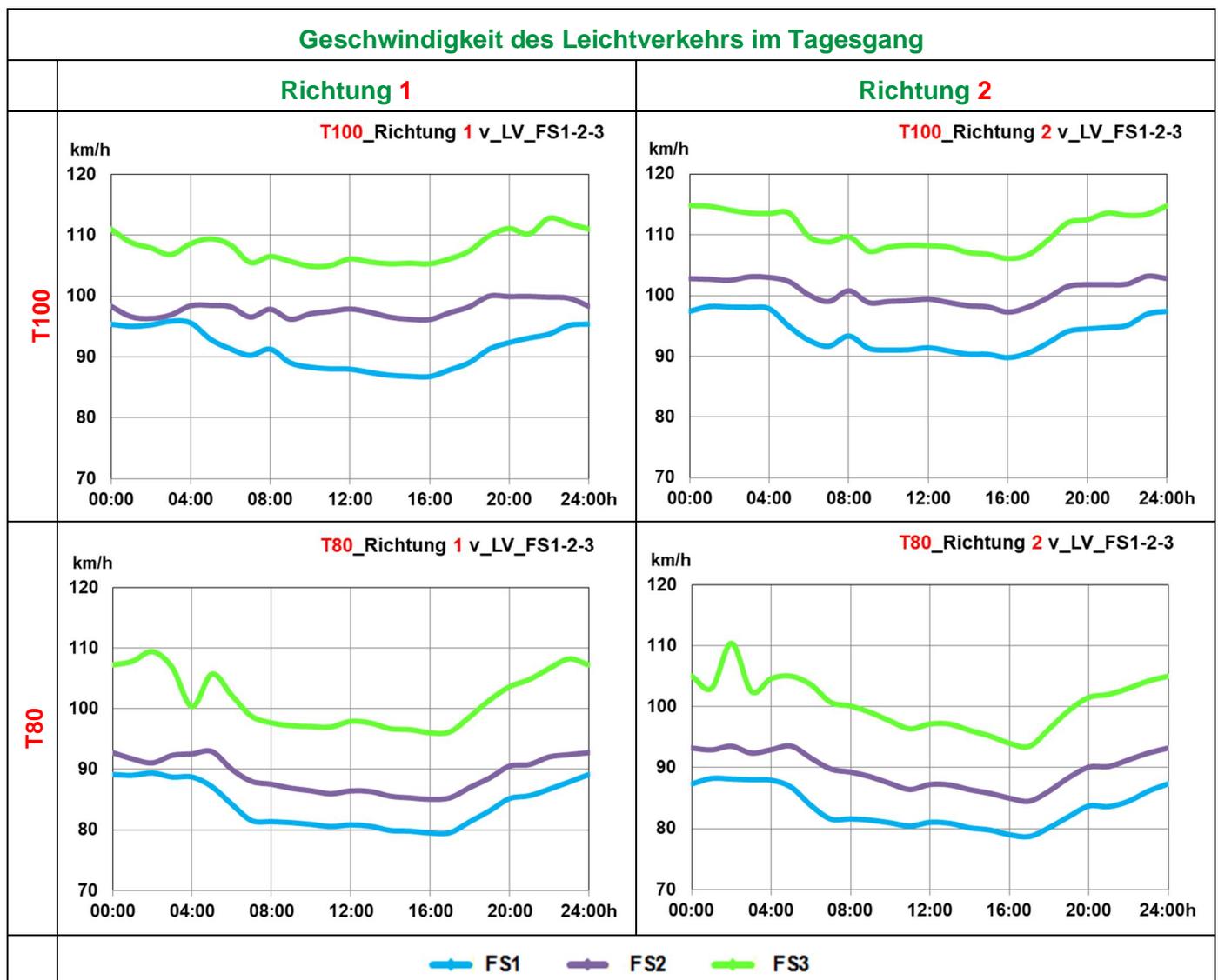
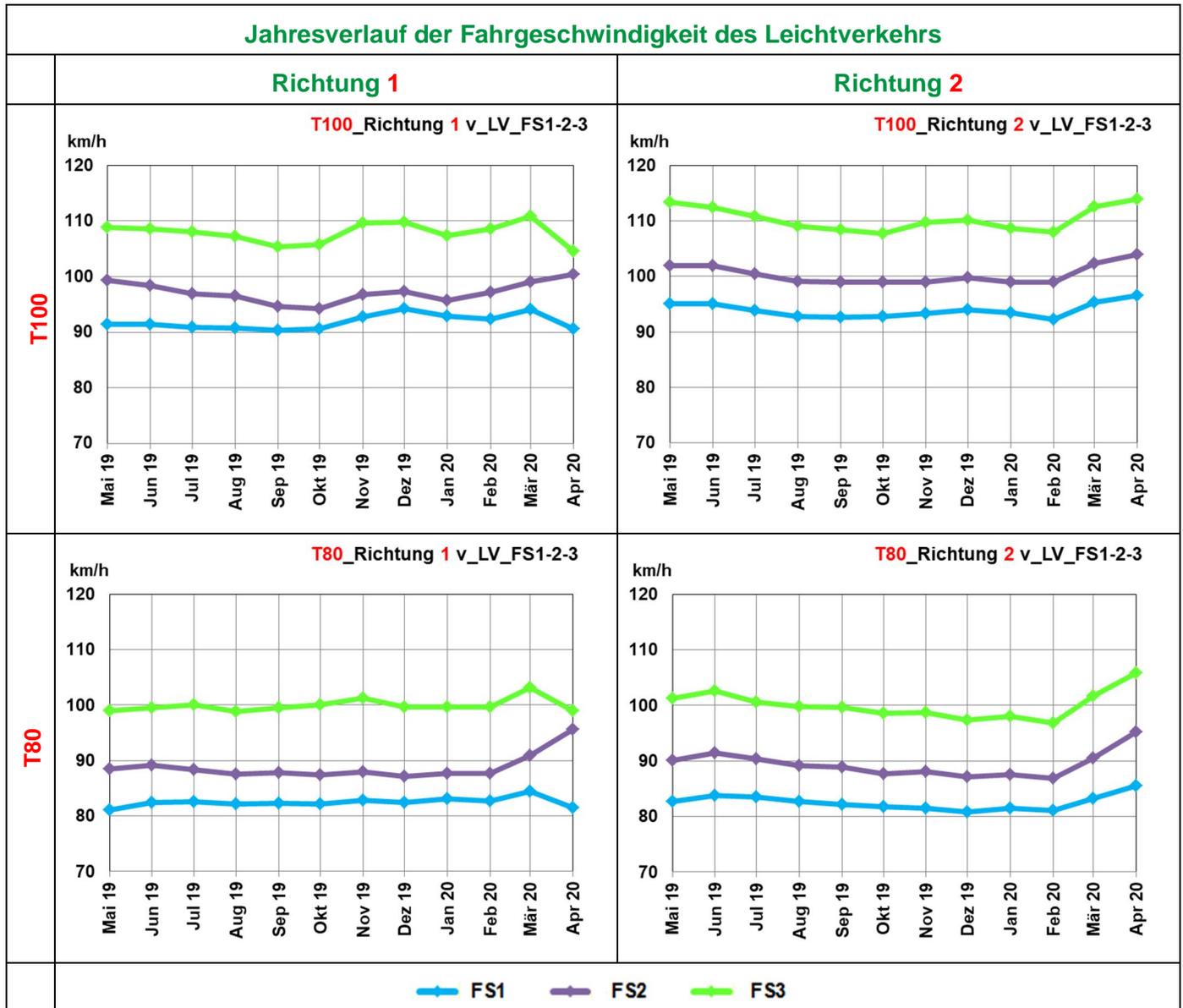


Abbildung 5.7: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (LV) in Fahrtrichtung 1 und 2 je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2019-04.2020.

Im Jahresverlauf (Basis Monatsmittelwerte) der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs je Richtung und Fahrspur gibt es keine prägnanten Änderungen im Laufe des Jahres außer im April 2020: Auf allen Fahrstreifen in Richtung 2 als auch im mittleren Streifen in Richtung 1 stellten sich die höchsten Geschwindigkeiten des Jahres ein. Deutlich langsamer als im März 2020 wurde hingegen auf den Fahrstreifen 1 und 3 in Richtung 1 gefahren.



**Abbildung 5.8: Jahresverlauf (Basis Monatsmittelwerte) der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs in Fahrtrichtung 1 und 2 je Fahrstreifen (FS1-FS3) und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2019-04.2020.**

## 6. Wirksamkeit der flexiblen Tempo80-Schaltung auf der A1 bei Salzburg

Zur Abschätzung der Wirksamkeit der Geschwindigkeitsbegrenzungen auf Emissionen und Immissionen werden Szenarien mit verschiedenen Geschwindigkeitsmustern entwickelt (permanente bzw. temporäre Geschwindigkeitsbegrenzungen) und die daraus folgenden unterschiedlichen Emissionen berechnet. Zur Umsetzung dieser unterschiedlichen Emissionen in Immissionen wird das empirische Ausbreitungsmodell von Oekoscience (Tau-Modell) eingesetzt. Die hier verwendeten mittleren Fahrgeschwindigkeiten sind in Tabelle 4.1 wiedergegeben.

### 6.1. Emissionsreduktionen

Bei den **Emissionen** an NOx und CO<sub>2</sub> lassen sich die folgenden **Reduktionen durch das real umgesetzte Tempo 80-Limit** abschätzen (Reduktion der mittleren Geschwindigkeit des Leichtverkehrs um die ermittelten 10.7 km/h tagsüber bzw. 10.4 km/h nachts).

Durch das flexible Geschwindigkeitslimit auf der A1 bei Salzburg konnten 5.3% der NOx- bzw. 3.0% der CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden. Dies ist mehr als im Vorjahr berechnet, weil die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Tempo80 und Tempo100 etwas angewachsen ist und vor allem weil sich das HBEFA4.1 deutlich von seinen Vorgängern unterscheidet.

**Tabelle 6.1: Emissionsreduktionen für NOx und CO<sub>2</sub> durch das real umgesetzte flexible Tempo80-Limit auf dem 10.3 km langen Abschnitt Salzburg-Nord bis Wals-Siezenheim der A1, 05.2019-04.2020:**

	NOx	CO <sub>2</sub>
<b>Gesamtemission [t/y]</b>	<b>131</b>	<b>57493</b>
<b>Einsparung durch flexibles T100 [t/y]</b>	<b>-7</b>	<b>-1801</b>
<b>in %</b>	<b>-5.3%</b>	<b>-3.0%</b>

Die prozentuale fossile Kraftstoffeinsparung dürfte sich etwa im Bereich der CO<sub>2</sub>-Einsparung bewegt haben. Die Abschätzung der Emissionsreduktionen basiert auf dem Handbuch der Emissionsfaktoren HBEFA 4.1. Die Gesamtemission an CO<sub>2</sub> wird inklusive Bio-Kraftstoffe angegeben.

## 6.2. Szenarien der Immissionsreduktionen durch das Tempolimit

Zur **Abschätzung der Reduktionen bei den Immissionen an NO<sub>x</sub> und NO<sub>2</sub>** wurden vier Szenarien für den Zeitraum Mai 2019 . April 2020 berechnet:

- **Í Tempo80 immer**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren stets mit der bei Siezenheim gemessenen Durchschnittsgeschwindigkeit bei 'Tempo 80' (86.4 km/h tagsüber bzw. 88.2 km/h nachts).
- **Í Tempo80 nie!**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren stets mit der bei Siezenheim gemessenen Durchschnittsgeschwindigkeit bei 'Tempo 100' (97.1 km/h tagsüber bzw. 98.6 km/h nachts).
- **Í Tempo80 temporär!**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren in den Halbstunden, in welchen die Steuerung Tempo 80 bestimmt hat, mit 'Tempo 80', und in den übrigen mit 'Tempo 100'. *Dies ist der Realzustand für Siezenheim (mit den dort vorhandenen Emissionen und Immissionen).*
- **"Tempo80 Winterhj."**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren im Winterhalbjahr (Oktober . März) stets mit 'Tempo 80', im Sommerhalbjahr stets mit 'Tempo 100'.

Für den übrigen Verkehr wurden kategorienspezifische Referenzgeschwindigkeiten verwendet.

Ausgehend von der realen Situation des Verkehrsaufkommens und der Immissionen werden die Emissionen und Immissionen an NO<sub>x</sub> und NO<sub>2</sub> halbstündlich mit den entsprechenden 'Tempo80'- bzw. 'Tempo100'-Geschwindigkeiten für jedes Szenarium ermittelt. Daraus können die Effekte für permanentes und flexibles Tempo80 abgeleitet werden. Die Ergebnisse werden in den nächsten Tabellen dargestellt.

### 6.3. Ergebnisse der Geschwindigkeitsszenarien

#### 6.3.1. Emissionen und Immissionen für die A1 bei Siezenheim für permanente und flexible Tempo80-Schaltungen im Betriebsjahr

Die Tempo80-Schaltungen ergeben merkliche Reduktionen an Emissionen und Immissionen. Die Schaltung reduziert vor allem die chronische Belastung, bricht aber auch Spitzenbelastungen; dies lässt sich gut an der Reduktion der 95%-Perzentile erkennen.

**Tabelle 6.2: Absolute Kennzahlen der vier Szenarien ‘Tempo80 immer’, ‘Tempo80 nie’, ‘Tempo80 temporär’ und ‘Tempo80 Winterhj.’ Siezenheim A1, 05.2019-04.2020.**

Siezenheim Absolute Werte	E_NOx	E_NO <sub>2</sub>	I_NOx	I_NO <sub>2</sub>	I_NOx	I_NO <sub>2</sub>	I_NO <sub>2</sub>
	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	95 %	95 %	Anz HST
	g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m <sup>3</sup>	ppb	µg/m <sup>3</sup>	>200µg/m <sup>3</sup>
T80 immer	1392	423	44.0	35.3	127	77	0
T80 nie	1536	472	48.5	38.2	140	84	0
T80 temporär	1454	444	45.5	36.6	129	78	0
T80 WHj.	1465	448	45.7	36.7	130	79	0

E: Emissionen; I: Immissionen; 95%: Perzentile.

Die flexible Tempo80-Schaltung hat die mittlere NO<sub>2</sub>-Immission um 1.6 µg/m<sup>3</sup> reduziert gegenüber einem permanenten Tempo100. Ein permanentes Tempo80 brächte nochmals eine Immissionsreduktion um 1.3 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>. Dank der flexiblen Tempo80-Schaltung besteht nun eine deutliche Reserve zum NO<sub>2</sub>-Grenzwert, welche bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen 'gebraucht' werden könnte.

Gegenüber dem Vorjahr haben die gemessenen NOx-Immissionen um 9% abgenommen, die NO<sub>2</sub>-Immissionen jedoch um 7%. Die NO<sub>2</sub>-Immissionen folgen Änderungen der NOx-Immissionen nur gedämpft infolge atmosphärischer Prozesse (Konversion von NO in NO<sub>2</sub>). Es ist dabei allerdings die Immissionsreduktion infolge des Lockdowns ab dem 16.03.2020 mit enthalten. Die Emissionen nach HBEFA4.1 sind mit den früheren Berechnungen nicht direkt vergleichbar.

### 6.3.2. Relative Effekte eines permanenten Tempo80 bei Siezenheim (A1) im Betriebsjahr 2019/20

Die NO<sub>2</sub>-Emissionen werden durch ein Tempolimit für den Leichtverkehr stärker reduziert als die NO<sub>x</sub>-Emissionen, weil der Leichtverkehr einen größeren Anteil an den NO<sub>2</sub>-Emissionen als an den NO<sub>x</sub>-Emissionen hat. Die Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionen ist geringer als bei den NO<sub>x</sub>-Immissionen, weil das in der Luft aus NO gebildete NO<sub>2</sub> stöchiometrisch bedingt nur gedämpft auf Änderungen bei den NO<sub>x</sub>-Immissionen reagiert.

Nur durch eine permanente Reduktion der Fahrgeschwindigkeit des Leichtverkehrs um etwa 10 km/h von 100 auf 90 km/h können die Stickstoffoxid-Immissionen straßennah um 8-9% reduziert werden.

**Tabelle 6.3: Relative Effekte eines permanenten Tempo80 im Vergleich zu permanentem ‘Tempo100’ bei den real ermittelten Fahrgeschwindigkeiten für ‘Tempo80’ (86.4 km/h tagsüber bzw. 88.2 km/h nachts) bzw. für ‘Tempo100’ (97.1 km/h tagsüber bzw. 98.6 km/h nachts), Siezenheim A1, 05.2019-04.2020.**

	E_NOx	E_NO <sub>2</sub>	I_NOx	I_NO <sub>2</sub>	I_NOx	I_NO <sub>2</sub>
<b>Siezenheim: Reduktion der Gesamtwerte durch ein permanentes T80</b>	<b>Mittel</b>	<b>Mittel</b>	<b>Mittel</b>	<b>Mittel</b>	<b>95 %</b>	<b>95 %</b>
	<b>-9.3%</b>	<b>-10.4%</b>	<b>-9.3%</b>	<b>-7.7%</b>	<b>-9.1%</b>	<b>-7.8%</b>

### 6.3.3. Relative Effekte des flexiblen Tempo80 bei Siezenheim (A1) im Betriebsjahr 2019/20

Die Forderung gemäß BVO, wonach der lufthygienische Effekt mindestens so hoch wie derjenige eines permanenten Tempolimits im Winterhalbjahr sein muss, ist sowohl beim NOx als auch beim NO<sub>2</sub> deutlich erfüllt worden. Die alternative Forderung gemäß BVO, wonach eine Immissionsreduktion beim NOx erreicht werden soll, die 75% eines ganzjährigen permanenten Tempolimits ausmacht, ist mit 65% nicht erfüllt worden. Dafür sind zwei Gründe anzuführen: Die neue tiefere Schaltschwelle, die zu häufigeren Tempo80-Schaltungen geführt hat, wurde erst zum 01.07.2019 implementiert, und nach Mitte März 2020 während des Lock-downs gab es infolge des starken Verkehrsrückgangs nur noch wenige Schaltungen.

Mit 41% Schaltzeit (bezogen auf die Gesamtzeit des Betriebsjahres inklusive Betriebsausfälle) konnten immerhin 65% des Effektes eines permanenten Tempo80-Limits erreicht werden.

**Tabelle 6.4: Relative Effekte des flexiblen Tempo80-Limits in Bezug auf ein permanentes Tempo80, Siezenheim A1, 05.2019-04.2020.**

Siezenheim: Relativer Tempo80-Effekt im Betriebsjahr	T80	I_NOx	I_NO <sub>2</sub>	I_NOx	I_NO <sub>2</sub>
	Zeit-anteil	Mittel	Mittel	95 %	95 %
<b>T80 immer</b>	100%	100%	100%	100%	100%
<b>T80 nie</b>	0%	0%	0%	0%	0%
<b>T80 temporär</b>	41%	65%	56%	91%	84%
<b>T80 WHj.</b>	48%	61%	52%	80%	69%

Der Effekt ist bei den Spitzenbelastungen (Perzentile) größer als bei den Jahresmitteln. Bei hohen Immissionswerten wird von der Steuerung fast durchwegs Tempo80 geschaltet, obwohl diese nur auf den Leichtverkehr reagiert.

## 7. Zusammenfassung

Im Betriebsjahr Mai 2019 . April 2020 war Tempo 80 auf der A1 bei Siezenheim während durchschnittlich 41% der Gesamtzeit geschaltet. Am 01.07.2019 wurden neue Parameter des Schaltalgorithmus in Betrieb gesetzt, basierend auf dem HBEFA3.3 (für 2018) und einer Schaltschwelle von 20 statt wie zuvor 27 ppb NO<sub>x</sub> (Immissionsbeitrag des Leichtverkehrs). Die mit der Schwelle von 20 ppb erwartete Schalthäufigkeit betrug 50%. Vom 01.07.2019 . 15.03.2020 betrug die Schalthäufigkeit 52.1%, also ein Wert im erwarteten Rahmen, davor war die Schaltschwelle noch bei 27 ppb, danach herrschten infolge des Lockdowns spezielle Bedingungen.

Die Häufigkeit von Tempo80 war am Morgen zwischen 07:00 und 12:00 Uhr und abends zwischen 18:00 und 20:30 mit mehr als 60% am größten, die Abendspitze war kleiner als die Morgenspitze. Am Morgen zwischen 02:30 und 04:00 Uhr war Tempo80 mit weniger als 5% Häufigkeit am seltensten.

Im Jahresverlauf zeigten sich Phasen mit weniger Tempo80-Schaltungen im Mai und Juni 2019 noch mit dem alten Schwellenwert und ab dem 16.03.2020 als Folge des lockdownbedingten Verkehrseinbruchs. Die meisten Tempo80-Schaltungen traten zwischen Mitte Oktober 2019 und Ende Januar 2020 auf, unterbrochen durch eine Phase mit relativ wenigen Schaltungen rund um Weihnachten mit weniger Verkehr und auffrischendem Wind.

Die monatlichen Schalthäufigkeiten schwankten zwischen 11% (April 2020) und 67% (Januar 2020). Dies war die höchste monatliche Schalthäufigkeit seit Januar 2017. Im Vergleich zum Vorjahr zeigte sich die geringere Schalthäufigkeit im Mai und Juni 2019 (vor Schwellenwertabsenkung) und ab Mitte März (Lockdown).

Die Tempo80-Schaltungen wiesen am Freitag die größte mittlere Häufigkeit auf. Am Sonntag war sie weniger als halb so groß.

An drei Tagen fiel die Schaltung vollständig aus, am 11./12. Juni 2019 und am 18.08.2019. Zu 93% der Gesamtzeit funktionierte die Schaltung mit korrekten Inputdaten. An den übrigen 621 h war dies nicht der Fall. Zu 98.7% waren die Immissionsdaten verfügbar, zu 94.5% die Verkehrsdaten.

Bei den 14 Tagen mit hohen Schaltzeiten (20-24 h) handelte es sich um Tage von Mitte Oktober 2019 bis anfangs Februar 2020. Dabei kamen alle 7 Wochentage vor. An 11 von den 14 Tagen war das Verkehrsaufkommen höher . zum Teil

markant - als der Jahres-DTV. Zusätzlich wirkten auch entsprechende meteorologische Ausbreitungsbedingungen.

Die A1 bei Salzburg wies im Untersuchungsjahr (Mai 2019 . April 2020) einen DTV von rund 80'000 Fahrzeugen auf, lockdownbedingt etwa 3% weniger als im Vorjahr. Alle Fahrzeugkategorien zeigten ein geringeres Verkehrsaufkommen außer den schweren Güterfahrzeugen, welche leicht anwuchsen.

Durch das Tempolimit wurde also im aktuellen Betriebsjahr tagsüber eine Geschwindigkeitsreduktion um **10.7 km/h** (Vorjahr: 9.8 km/h) erreicht. Im Vergleich zur Testphase hat die mittlere Geschwindigkeit bei Tempo100 um 3 km/h zugenommen, bei Tempo80 um 4 km/h. Seit der Testphase 2013/14 haben die mittleren Geschwindigkeiten tagsüber sowohl bei Tempo80 als auch bei Tempo100 kontinuierlich zugenommen. Nachts sind sie seit 3 Jahren stabil.

Die Betrachtung der **Fahrgeschwindigkeiten einzeln über die sechs Fahrspuren** zeigt, dass die Geschwindigkeiten von der rechten bis zur linken Spur in jeder Fahrtrichtung bei beiden Tempolimits deutlich zunehmen. Die mittlere Geschwindigkeit auf den linken Spuren lag während Tempo80 markant über 80 km/h (99 bzw. 100 km/h je nach Richtung). In Fahrtrichtung 1 (gegen Walsertal) ist im aktuellen Betriebsjahr generell etwas schneller gefahren worden als im Vorjahr, in Fahrtrichtung 2 haben sich die mittleren Fahrgeschwindigkeiten auf allen drei Fahrstreifen stabilisiert.

Auf dem 10.3 km langen Autobahnabschnitt zwischen Salzburg-Nord und Wals-Siezenheim konnten durch das flexible Geschwindigkeitslimit auf der A1 bei Salzburg 5.3% der NO<sub>x</sub>- bzw. 3.0% der CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden. Dies ist mehr als im Vorjahr berechnet, weil die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Tempo80 und Tempo100 etwas angewachsen ist und vor allem weil sich das HBEFA4.1 deutlich von seinen Vorgängern unterscheidet. Die prozentuale fossile Kraftstoff-einsparung dürfte sich etwa im Bereich der CO<sub>2</sub>-Einsparung bewegt haben.

Die flexible Tempo80-Schaltung hat die mittlere NO<sub>2</sub>-Immission um 1.6 µg/m<sup>3</sup> reduziert gegenüber einem permanenten Tempo100. Ein permanentes Tempo80 brächte nochmals eine Immissionsreduktion um 1.3 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>. Dank der flexiblen Tempo80-Schaltung besteht nun eine deutliche Reserve zum NO<sub>2</sub>-Grenzwert, welche bei ungünstigen Ausbreitungsbedingungen 'gebraucht' werden könnte.

Mit 41% Schaltzeit (bezogen auf die Gesamtzeit des Betriebsjahres inklusive Betriebsausfälle) konnten immerhin 65% des Effektes eines permanenten Tempo80-

Limits erreicht werden; dies dank einer intelligenten Schaltung, die Tempo80 dann verfügt, wenn der lufthygienische Effekt am größten ist.

Die Forderung gemäß BVO, wonach der lufthygienische Effekt mindestens so hoch wie derjenige eines permanenten Tempolimits im Winterhalbjahr sein muss, ist sowohl beim NO<sub>x</sub> als auch beim NO<sub>2</sub> deutlich erfüllt worden. Die alternative Forderung gemäß BVO, wonach eine Immissionsreduktion beim NO<sub>x</sub> erreicht werden soll, die 75% eines ganzjährigen permanenten Tempolimits ausmacht, ist mit 65% nicht erfüllt worden. Dafür sind zwei Gründe anzuführen: Die neue tiefere Schaltschwelle, die zu häufigeren Tempo80-Schaltungen geführt hat, wurde erst zum 01.07.2019 implementiert, und nach Mitte März 2020 während des Lock-downs gab es infolge des starken Verkehrsrückgangs nur noch wenige Schaltungen.