

Evaluation des flexiblen Tempo80-Limits auf der A1 bei Salzburg von Mai 2017 bis April 2018



Dr. Jürg Thudium
Dr. Carine Chélala
15.07.2018 / 5301.80

Oekoscience AG

Postfach 452
CH - 7001 Chur

Telefon: +4181 250 3310
Thudium@oekoscience.ch

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Auftreten von Tempo80 und Verkehrsaufkommen auf der A1 sowie Immissionen bei Siezenheim	3
2.1. Jahreswerte	3
2.1.1. Tempo 80	3
2.1.2. Verkehrsaufkommen	4
2.1.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden	6
2.2. Jahresverlauf	8
2.2.1. Tempo80	8
2.2.2. Verkehrsaufkommen	11
2.2.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden	12
2.3. Wochenverlauf	13
2.3.1. Tempo 80	13
2.3.2. Verkehrsaufkommen	15
2.3.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden	16
3. Dokumentation der täglichen Schaltzeiten	17
4. Effektive Fahrgeschwindigkeiten auf der A1 bei Salzburg	20
4.1. Geschwindigkeitsbereich der Pkw	20
4.2. Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeiten	21
4.3. Effekte von Urlaubssamstagen	22
4.4. Tagesgang der mittleren Fahrgeschwindigkeit	24
4.5. Monatsmittel der Fahrgeschwindigkeit	25
4.6. Mittlere Fahrgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs nach Tempolimit	26
5. Analyse von Verkehrsaufkommen und Fahrgeschwindigkeiten separat für alle 6 Fahrspuren	28
5.1. Verteilung des Leichtverkehrs auf die sechs Fahrspuren	28
5.2. Fahrgeschwindigkeiten auf den sechs Fahrspuren	30
6. Wirksamkeit der flexiblen Tempo80-Schaltung auf der A1 bei Salzburg	37
6.1. Emissionsreduktionen	37
6.2. Szenarien der Immissionsreduktionen durch das Tempolimit	39
6.3. Ergebnisse der Geschwindigkeitsszenarien	40
6.3.1. Emissionen und Immissionen bei Siezenheim für permanente und flexible Tempo80-Schaltungen im Betriebsjahr	40

6.3.2.	Relative Effekte eines <i>permanenten</i> Tempo80 bei Siezenheim (A1) im Betriebsjahr 2017/18	41
6.3.3.	Relative Effekte des flexiblen Tempo80 bei Siezenheim (A1) im Betriebsjahr 2017/18	41
6.3.4.	Vergleich mit der Testphase für Tempo80 vom 20.02.-19.05.2014	42
7.	Zusammenfassung	44

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 (05.2017-04.2018).	3
Abbildung 2.2: Tägliche Anzahl Stunden (gleitendes 7-Tagemittel) mit Tempo80 auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).	4
Abbildung 2.3: Mittlerer Tagesgang des Fahrzeugaufkommens je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).	6
Abbildung 2.4: Mittelwerte der Immissionen an NO _x und NO ₂ sowie deren Verhältnis und der NO _x -Emissionen im Jahresmittel und je Jahreszeit bei Siezenheim (05.2017-04.2018).	7
Abbildung 2.5: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 je Jahreszeit auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).	9
Abbildung 2.6: Häufigkeit von Tempo80 je Monat auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018 und 05.2016-04.2017).	10
Abbildung 2.7: Monatswerte des DTV je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).	11
Abbildung 2.8: Monatsmittelwerte der NO _x - und NO ₂ -Immissionen sowie der NO _x -Emissionen bei Siezenheim A1 (05.2017-04.2018).	12
Abbildung 2.9: Häufigkeit von Tempo80 je Wochentag auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).	13
Abbildung 2.10 (letzte Seite): Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 je Wochentagstyp auf der A1 bei Siezenheim, 05.2017-04.2018 (oben), 05.2016-04.2017 (Mitte) bzw. 05.2015-04.2016 (unten).	15
Abbildung 2.11: DTV je Wochentag auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).	15
Abbildung 2.12: Mittelwerte der Immissionen von NO _x und NO ₂ sowie der NO _x -Emissionen (E-NO _x) je Wochentag bei Siezenheim A1 (05.2017-04.2018).	16

Abbildung 3.1: Anzahl Tage pro Monat mit extremen Tempo80-Schaltzeiten, Siezenheim (05.2017-04.2018).	18
Abbildung 4.1: Täglicher Geschwindigkeitsbereich der Pkw auf der Basis der Stundenwerte, Siezenheim A1 (05.2017-04.2018).	21
Abbildung 4.2: Mit dem Pkw-Aufkommen gewichtete Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit auf der A1 bei Siezenheim, Basis Stundenwerte (05.2017-04.2018 und 05.2016-04.2017).	22
Abbildung 4.3: Mittlerer Tagesgang von Pkw-Geschwindigkeit, Anzahl Pkw pro Stunde, Häufigkeit von T100 und NO _x -Immissionen für Samstag je Phase (Urlaub und übrige Samstag, Winter und Sommer) auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).	23
Abbildung 4.3: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs LV (oben) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; unten) auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).	25
Abbildung 4.4: Monatswerte der mittleren gemessenen Fahrgeschwindigkeit von 6-22 Uhr des Leichtverkehrs (LV; links; mit Trendlinien) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; rechts) auf der A1 bei Siezenheim, 05.2017-04.2018.	25
Abbildung 5.1: Aufkommen des Leichtverkehrs (LV; oben) bzw. des Schwerverkehrs (SV; unten) je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2017-04.2018.	29
Abbildung 5.2: Prozentuale Verteilung des Leichtverkehrs (LV) je Fahrstreifen und Richtung bei Tempo80, Testphase 2014 sowie drei Betriebsjahre 2015/16 (05.2015-04.2016), 2016/17 (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017) sowie 2017/18, Siezenheim (A1).	30
Abbildung 5.3: Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (LV; oben) bzw. des Schwerverkehrs (SV; unten) je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2017-04.2018.	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) und 2017/18 (05.2017-04.2018).	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, 05.2017-04.2018.	33
Abbildung 5.6: Verkehrsaufkommen des Leichtverkehrs je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1) in Abhängigkeit vom Wochentag, 05.2017-04.2018.	34

Abbildung 5.7: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des LV in Fahrtrichtung 1 und 2 je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2017-04.2018.	35
Abbildung 5.8: Jahresverlauf (Basis Monatswerte) der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs in Fahrtrichtung 1 und 2 je Fahrstreifen (FS1-FS3) und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2017-04.2018.	36
Abbildung 6.1: Verlauf des empirischen Ausbreitungsfaktors τ für NO _x 2017/18 und 2016/17 bei Siezenheim A1: Mittlerer Tagesgang (links) und Jahresgang als Monatsmittel (rechts).	38

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018 und 05.2016-04.2017 mit Änderung von 2016/17 auf 2017/18) und auf der A10 bei Hallein (05.2017-04.2018).	5
Tabelle 2.2: Jahreszeitliche Tempo80-Häufigkeiten auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018 sowie 05.2016-04.2017 und 05.2015-04.2016).	8
Tabelle 3.1: Tägliche Anzahl Stunden mit Tempo80-Schaltung, Siezenheim A1 (05.2017-04.2018).	17
Tabelle 3.2: Die 10 Tage mit hohen Tempo80-Schaltzeiten (19-23 h) bei Siezenheim A1 (05.2017-04.2018).	19
Tabelle 4.2: 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, 2017/18, 2016/17 = (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017); 05.2015-04.2016 und Testphasen 2013/2014.	26
Tabelle 6.1: Emissionsreduktionen für NO _x und CO ₂ durch das real umgesetzte flexible Tempo80-Limit auf dem 10.3 km langen Abschnitt Salzburg-Nord bis Wals-Siezenheim der A1, 05.2017-04.2018:	37
Tabelle 6.2: Absolute Kennzahlen der vier Szenarien \pm Tempo80 immer \pm Tempo80 nie \pm Tempo80 temporär \pm und \pm Tempo80 Winterhj. \pm Siezenheim A1, Mai 2017 . April 2018.	40
Tabelle 6.3: Relative Effekte eines permanenten Tempo80 im Vergleich zu permanentem \pm Tempo100 \pm bei den real ermittelten Fahrgeschwindigkeiten für \pm Tempo80 \pm (86.1 km/h tagsüber bzw. 89.2 km/h nachts) bzw. für \pm Tempo100 \pm (96.6 km/h tagsüber bzw. 99.0 km/h nachts), Siezenheim A1, Mai 2017 . April 2018.	41
Tabelle 6.4: Relative Effekte des flexiblen Tempo80-Limits in Bezug auf ein permanentes Tempo80, Siezenheim A1, Mai 2017 . April 2018.	42

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 2017 . April 2018 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.

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

2.1. Jahreswerte

2.1.1. Tempo 80

Im Betriebsjahr Mai 2017 . April 2018 war Tempo80 auf der A1 bei Siezenheim während durchschnittlich 40.6% der Betriebszeit geschaltet (Vorjahr 48%). Bei einer Verfügbarkeit der Tempo80-Schaltung von gut 96% (vor allem wegen Ausfällen der Immissionsmessung) entspricht dies rund 40% der Gesamtzeit. Die folgenden Abschnitte analysieren das Auftreten von Tempo80.

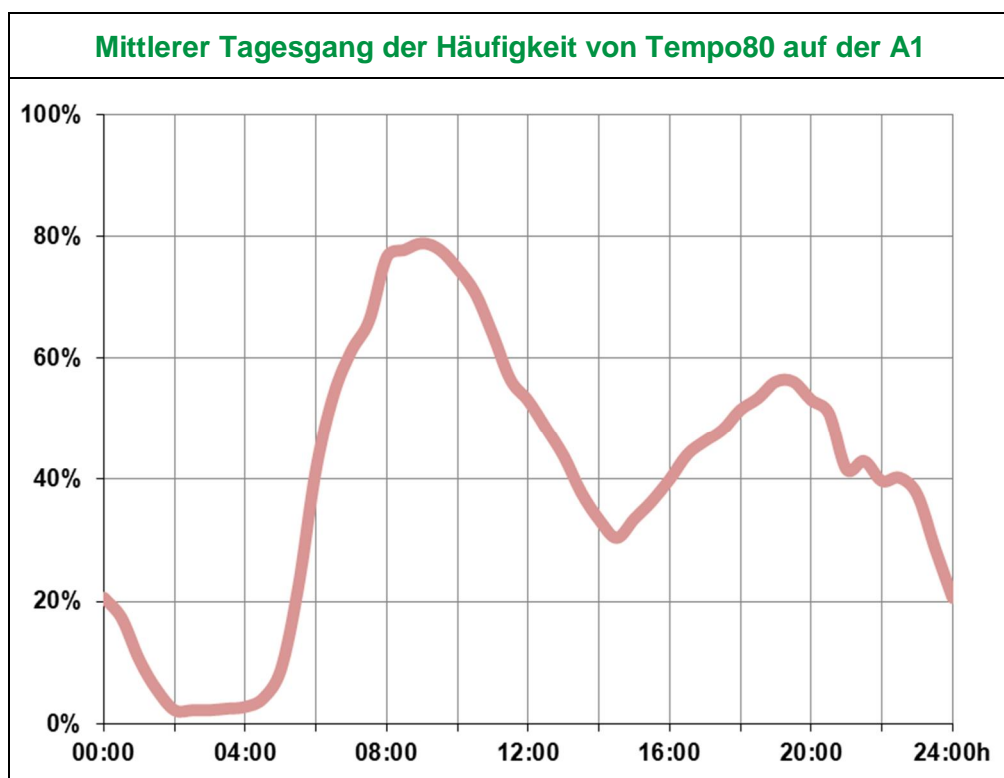


Abbildung 2.1: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).

Die Häufigkeit von Tempo80 war am Morgen zwischen 06:30 und 11:00 Uhr mit mehr als 60% am größten, die Abendspitze von 18:30 bis 19:30 erreichte dieses

Jahr nur mehr 56%. Am Morgen zwischen 1 und 5 Uhr war Tempo80 mit weniger als 10% Häufigkeit am seltensten, von 01:30-04:00 war sie sogar kleiner als 3%.

Im Jahresverlauf (nächste [Abbildung 2.2](#): Gleitende Wochenmittel) zeigten sich Phasen mit weniger Tempo80-Schaltungen von Ende Mai bis Mitte Juli 2017 (mit 4-6 Stunden täglich mit Tempo80). Im Winter (Dezember 2017 . Februar 2018) traten die meisten Tempo80-Schaltungen auf (mit einzelnen gleitenden Wochenmitteln über 16 Stunden täglich mit Tempo80).

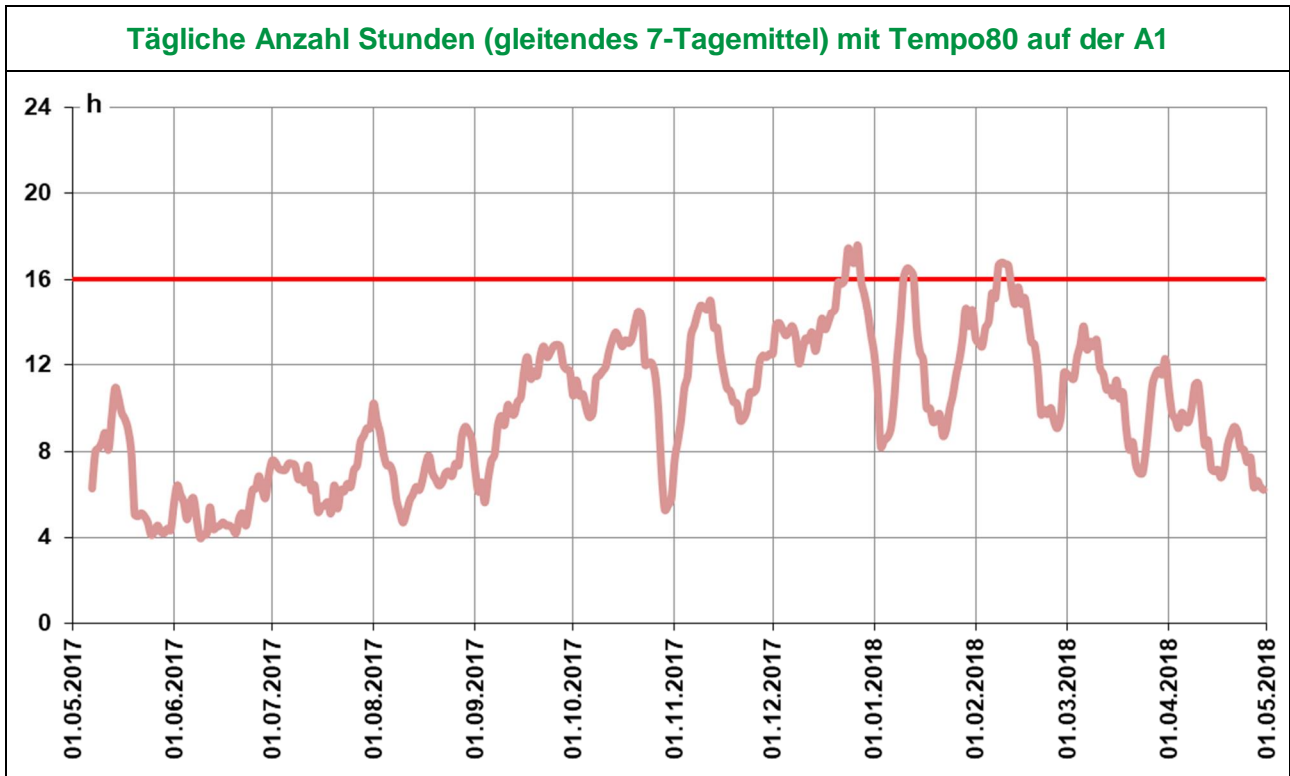


Abbildung 2.2: Tägliche Anzahl Stunden (gleitendes 7-Tagemittel) mit Tempo80 auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).

2.1.2. Verkehrsaufkommen

Die A1 bei Salzburg wies im Untersuchungsjahr (Mai 2017 . April 2018) einen DTV von rund 82'000 Fahrzeugen auf, eine massive Steigerung um 8% gegenüber dem Vorjahr. Alle Fahrzeugkategorien haben zugenommen, am meisten die Lieferwagen mit +11%.

Tabelle 2.1: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018 und 05.2016-04.2017 mit Änderung von 2016/17 auf 2017/18) und auf der A10 bei Hallein (05.2017-04.2018).

DTV A1	Lieferwagen	Pkw	Schwere Güterfahrzeuge	Bus	Summe
Siezenheim 05.2017-04.2018	7'531	68'641	5'949	359	82'480
05.2016-04.2017	6'778	63'557	5'599	339	76'272
<i>Änderung zu 2016/17</i>	<i>+11.1%</i>	<i>+8.0%</i>	<i>+6.2%</i>	<i>+5.9%</i>	<i>+8.1%</i>
Hallein A10 05.2017-04.2018	5'278	46'967	5'190	374	57'809

Im Vergleich mit der A10 bei Hallein war der Verkehr auf der A1 bei Salzburg in allen Fahrzeugkategorien außer bei den Bussen höher, prozentual am meisten bei den Pkw und Lieferwagen.

Der Tagesverlauf des Verkehrsaufkommens zeigt im Vergleich zum Vorjahr praktisch keinen Unterschied; 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.

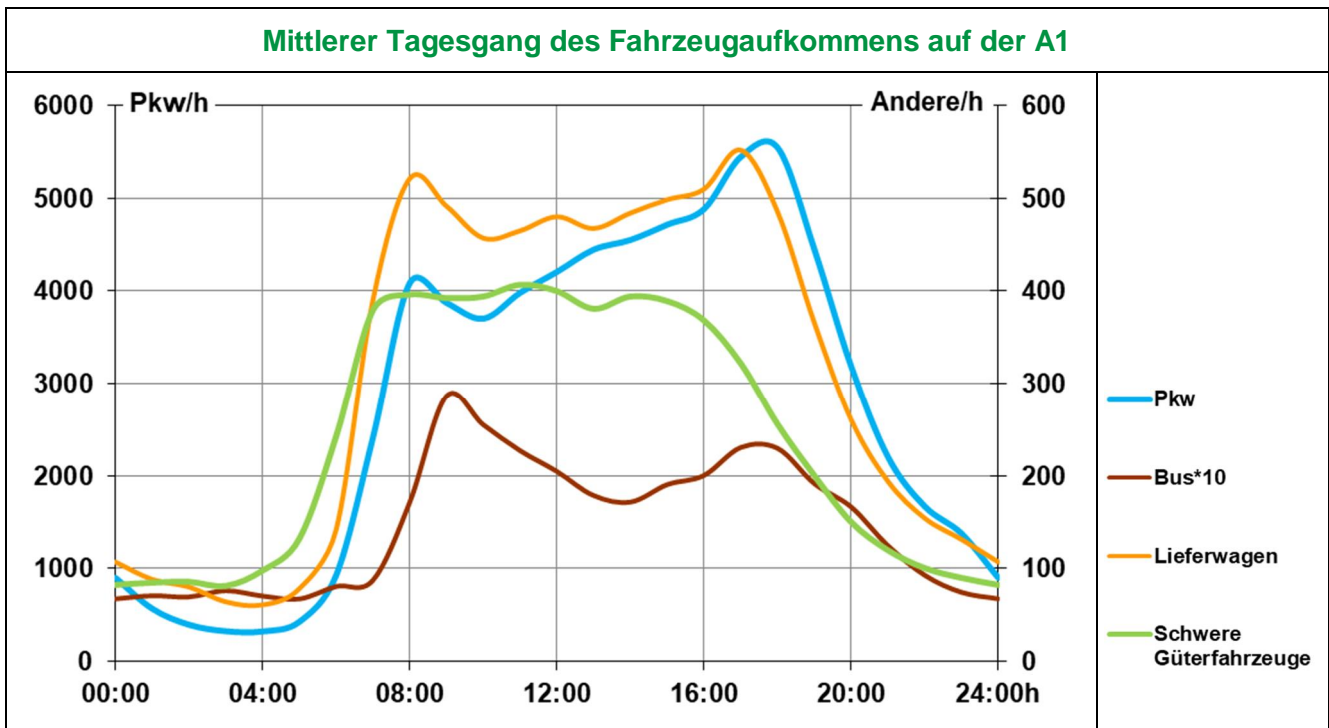


Abbildung 2.3: Mittlerer Tagesgang des Fahrzeugaufkommens je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).

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. Der Anteil der NO_2 -Immissionen an den NO_x -Immissionen hat im Vergleich zum Vorjahr deutlich zugenommen; er ist im Frühjahr und Sommer wesentlich höher als im Herbst und Winter (die NO_2 -Säulen in [Abbildung 2.4](#) sind im Frühjahr und Sommer nur wenig niedriger als die NO_x -Säulen, im Herbst und Winter aber deutlich niedriger).

Die Jahreszeiten wurden wie folgt eingeteilt:

Frühjahr: Mai 2017 und März-April 2018;

Sommer: Juni . August 2017;

Herbst: September . November 2017;

Winter: Dezember 2017 . Februar 2018.

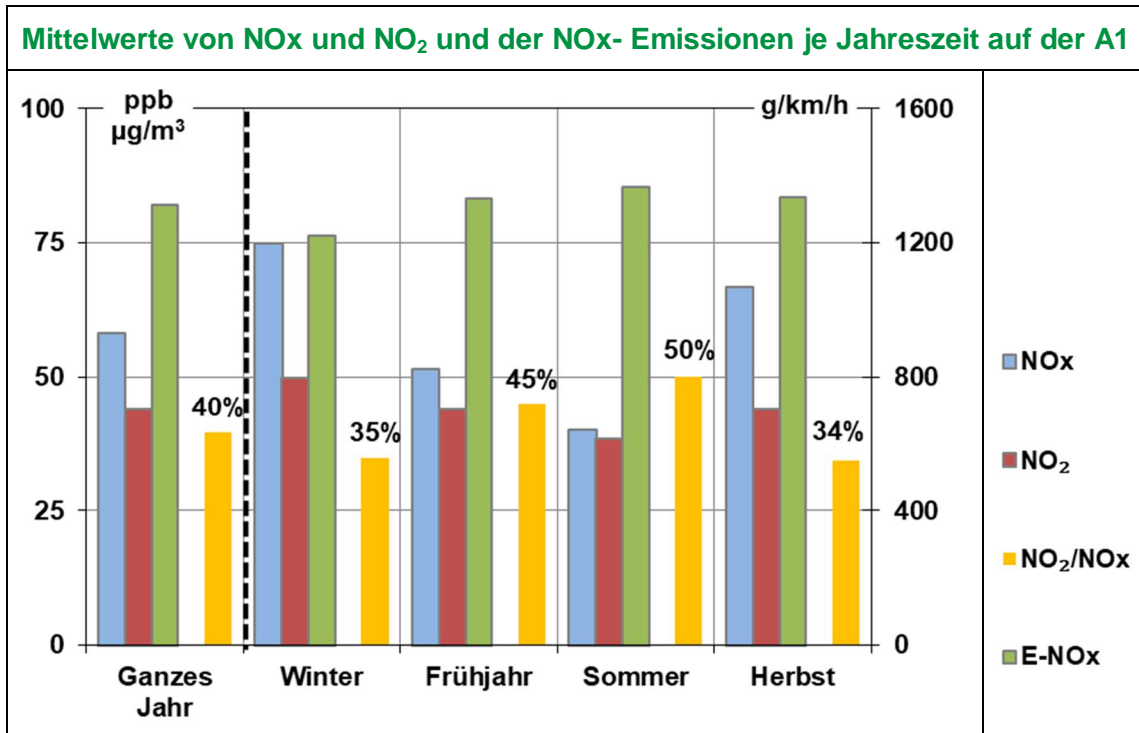


Abbildung 2.4: Mittelwerte der Immissionen an NO_x und NO₂ sowie deren Verhältnis und der NO_x-Emissionen im Jahresmittel und je Jahreszeit bei Siezenheim (05.2017-04.2018).

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. Der Winter wies eine höhere Schalthäufigkeit als der Herbst auf, obwohl die NOx-Emissionen (s. [Abbildung 2.4](#)) etwas geringer waren. Hingegen waren die Ausbreitungsbedingungen im Winter nochmals deutlich schlechter als im Herbst, was eben zur erhöhten Schalthäufigkeit geführt hat.

Im Vergleich zu den beiden Vorjahren hat die Tempo80-Häufigkeit in allen Jahreszeiten außer dem Frühjahr merklich abgenommen.

Tabelle 2.2: Jahreszeitliche Tempo80-Häufigkeiten auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018 sowie 05.2016-04.2017 und 05.2015-04.2016).

% Tempo 80	05.2017-04.2018	<i>Vorjahr</i> 05.2016-04.2017	<i>Vorvorjahr</i> 05.2015-04.2016
Winter	54%	66%	62%
Frühjahr	34%	35%	36%
Sommer	27%	40%	35%
Herbst	47%	52%	54%
Ganzes Jahr	41%	48%	47%

Die Tempo80-Häufigkeit verlief am frühen Morgen bis ca. 10 Uhr in allen Jahreszeiten ähnlich. Die jahreszeitlichen Unterschiede in den Tempo80-Häufigkeiten erklären sich vor allem durch die Situation vom späten Vormittag bis zum Abend (Ausmaß der Absenkung der Schalthäufigkeit nachmittags sowie der Abendspitze infolge meteorologischer Einflüsse).

Von 15 bis 19 Uhr waren die jahreszeitlichen Unterschiede in der Tempo80-Häufigkeit besonders deutlich.

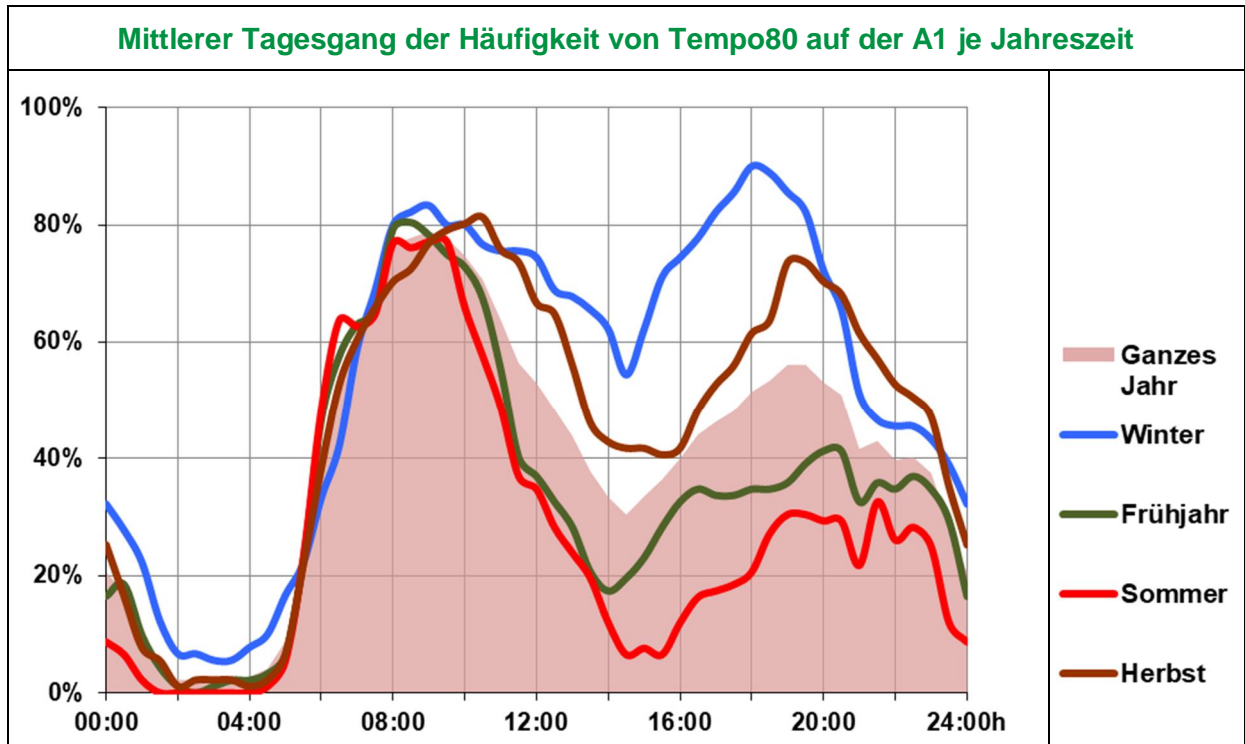


Abbildung 2.5: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 je Jahreszeit auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).

Die monatlichen Tempo80-Häufigkeiten entsprechen dem Bild der gleitenden 7-Tagemittel. Die monatlichen Schalthäufigkeiten schwankten zwischen 23% (Juni 2017) und 59% (Dezember 2017).

Die geringere Tempo80-Häufigkeit im Vergleich zum Vorjahr zeigte sich vor allem im Sommer und Winter.

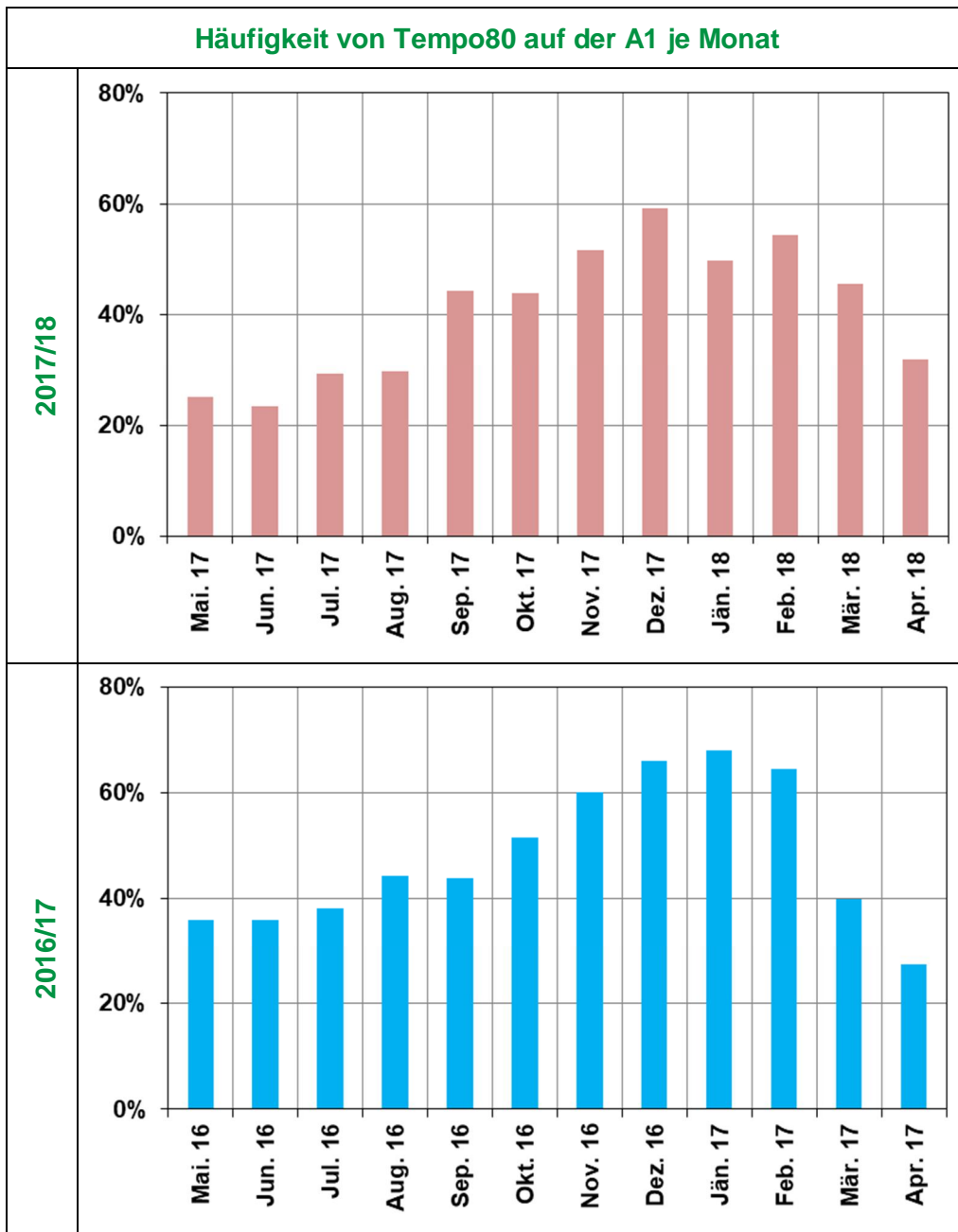


Abbildung 2.6: Häufigkeit von Tempo80 je Monat auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018 und 05.2016-04.2017).

2.2.2. Verkehrsaufkommen

Im Jahresverlauf wurden im Sommer 2017 und Spätwinter 2018 am meisten Pkw und Lieferwagen verzeichnet; die Lieferwagen zeigten im Unterschied zu den Pkw und ähnlich wie die Lkw ein deutlichen Rückgang im Dezember/Januar. Der schwere Güterverkehr zeigte ein nicht ausgeprägtes Maximum im November 2017, jedoch einen temporären Rückgang im Hochsommer (Urlaubszeit Juli-August) und eben Dezember/Januar. Das Aufkommen an Bussen war im November 2017 am geringsten.

Währenddem der relative Jahresverlauf der schweren Güterfahrzeuge demjenigen der A10 recht ähnlich war, unterschieden sich die Pkw deutlich. Auf der A10 zeigten die Pkw ein ausgeprägtes Maximum im Hochsommer.

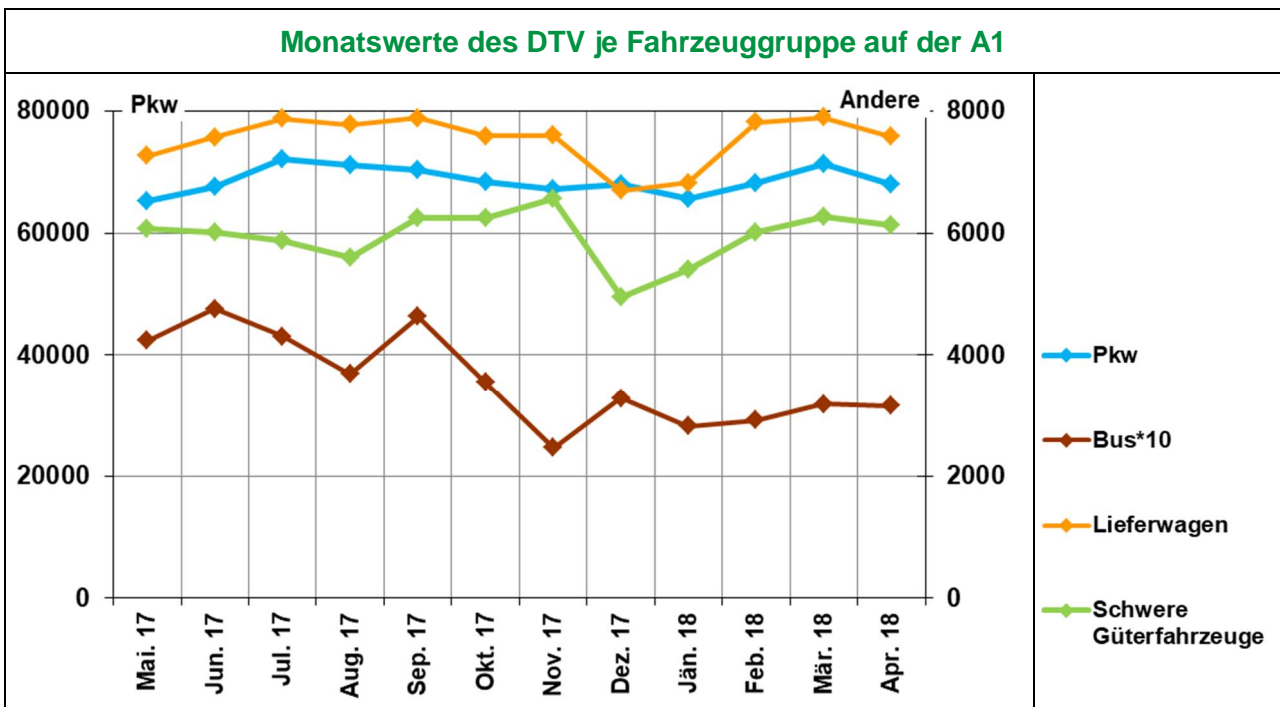


Abbildung 2.7: Monatswerte des DTV je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).

2.2.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden

Die Gegenläufigkeit der NOx-Emissionen und . Immissionen zeigte sich auch bei den Monatswerten. Die höchsten NOx- und NO₂-Immissionen fanden sich von November 2017 bis Februar 2018, das Maximum im Dezember mit gleichzeitig dem tiefsten Emissionswert; die tiefsten Immissionen traten im Sommer 2017 auf mit gleichzeitig dem höchsten Emissionswert.

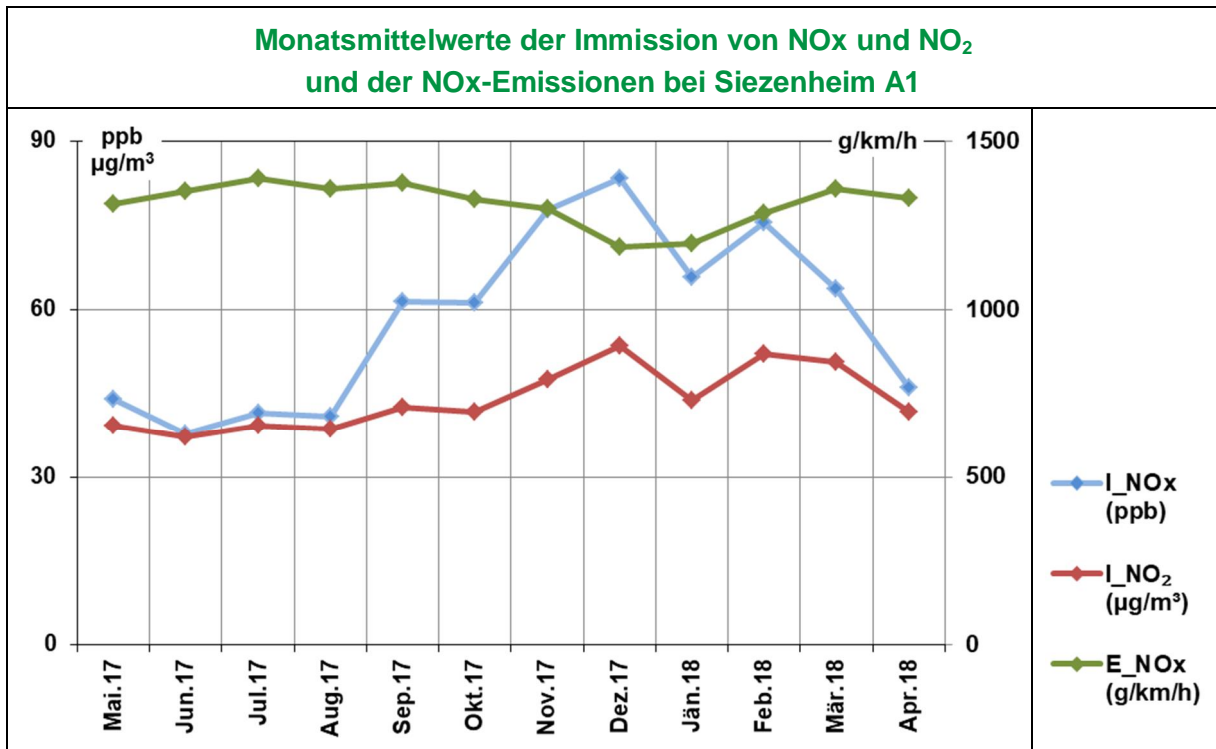


Abbildung 2.8: Monatsmittelwerte der NOx- und NO₂-Immissionen sowie der NOx-Emissionen bei Siezenheim A1 (05.2017-04.2018).

Dass sich von Februar auf März 2018 die NOx-Immissionen deutlich absenkten, die NO₂-Immissionen aber nur wenig, hat seinen Grund im höheren Ozonangebot im März mit entsprechend stärkerer Umwandlung von NO in NO₂ in der Atmosphäre.

2.3. Wochenverlauf

2.3.1. Tempo 80

Die Tempo80-Schaltungen wiesen am Freitag die größten Häufigkeiten auf. Am Sonntag waren sie nur gut halb so groß.

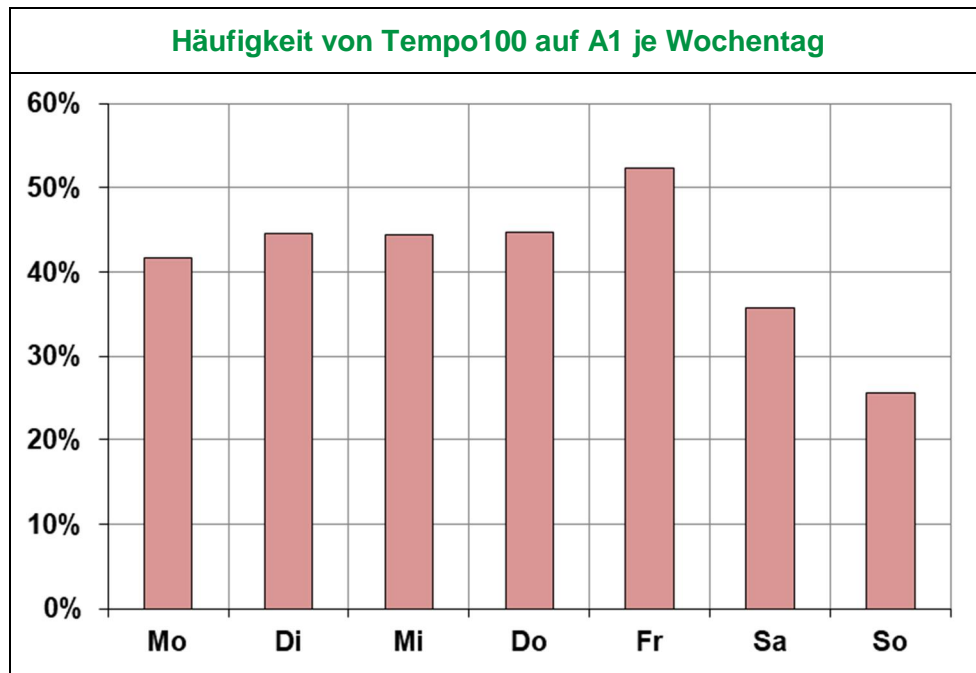


Abbildung 2.9: Häufigkeit von Tempo80 je Wochentag auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).

Der Tagesgang der Tempo80-Häufigkeit nach Wochentagstyp wies im Vorjahr einige deutliche Unterschiede zum Vorvorjahr auf:

- Im Vorvorjahr war die Tempo80-Häufigkeit am Sonntagmorgen deutlich geringer als an den anderen Wochentagen, im Vorjahr war sie nur wenig geringer.
- Im Vorvorjahr war die nächtliche Tempo80-Häufigkeit am Wochenende (Samstag und Sonntag) ähnlich wie werktags (mit Ausnahme eines kurzen Peaks am Samstag), im Vorjahr war sie am Wochenende deutlich höher als werktags.

Im aktuellen Betriebsjahr haben sich bzgl. Wochentagsabhängigkeit wieder die Verhältnisse des Vorvorjahres eingestellt. Hierbei handelt es sich um ganzjährige Mittelwerte.

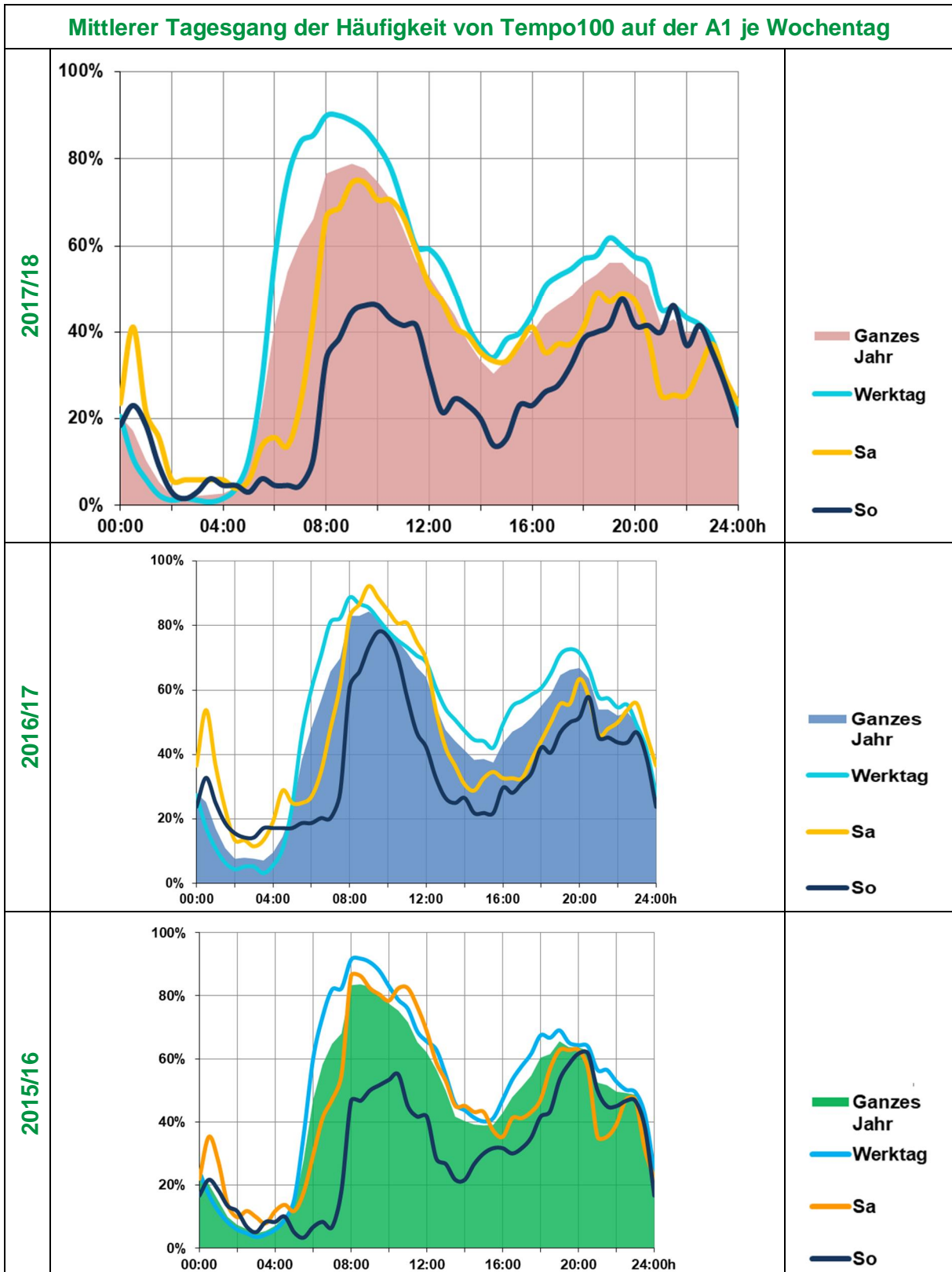


Abbildung 2.10 (letzte Seite): Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 je Wochentagstyp auf der A1 bei Siezenheim, 05.2017-04.2018 (oben), 05.2016-04.2017 (Mitte) bzw. 05.2015-04.2016 (unten).

2.3.2. Verkehrsaufkommen

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.

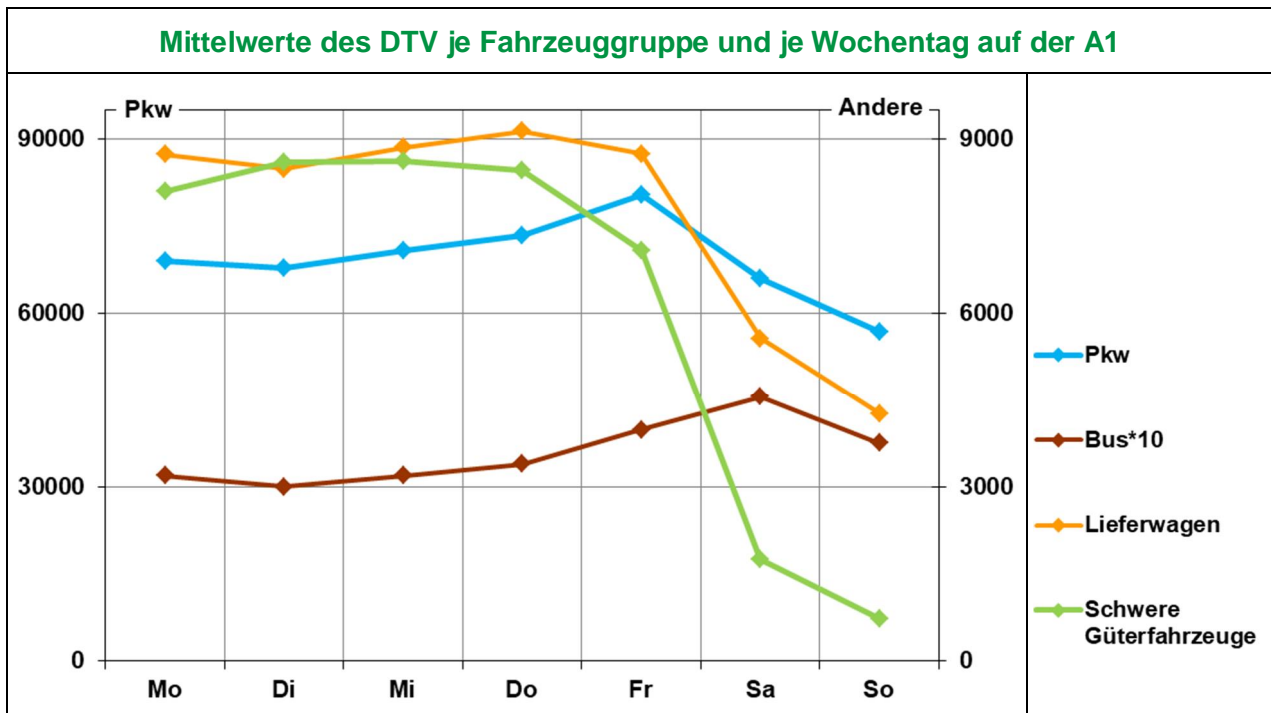


Abbildung 2.11: DTV je Wochentag auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).

2.3.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden

Die Immissionen und Emissionen an NO_x verlaufen über die gesamte Woche weitgehend parallel, jedoch ist die prozentuale Absenkung der Immissionen am Sonntag höher als diejenige der Emissionen, da die Lkw real im Mittel mehr NO_x-Emissionen ausstoßen als gemäß HBEFA (was die realen Immissionen am Sonntag mit nur wenigen Lkw mehr absenkt als die berechneten Emissionen). 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.

Das NO₂ folgt der NO_x-Abnahme zum Wochenende hin erwartungsgemäß nur gedämpft; die NO₂-Bildung aus NO und Ozon in der Atmosphäre nimmt nicht proportional zur NO_x-Immission ab.

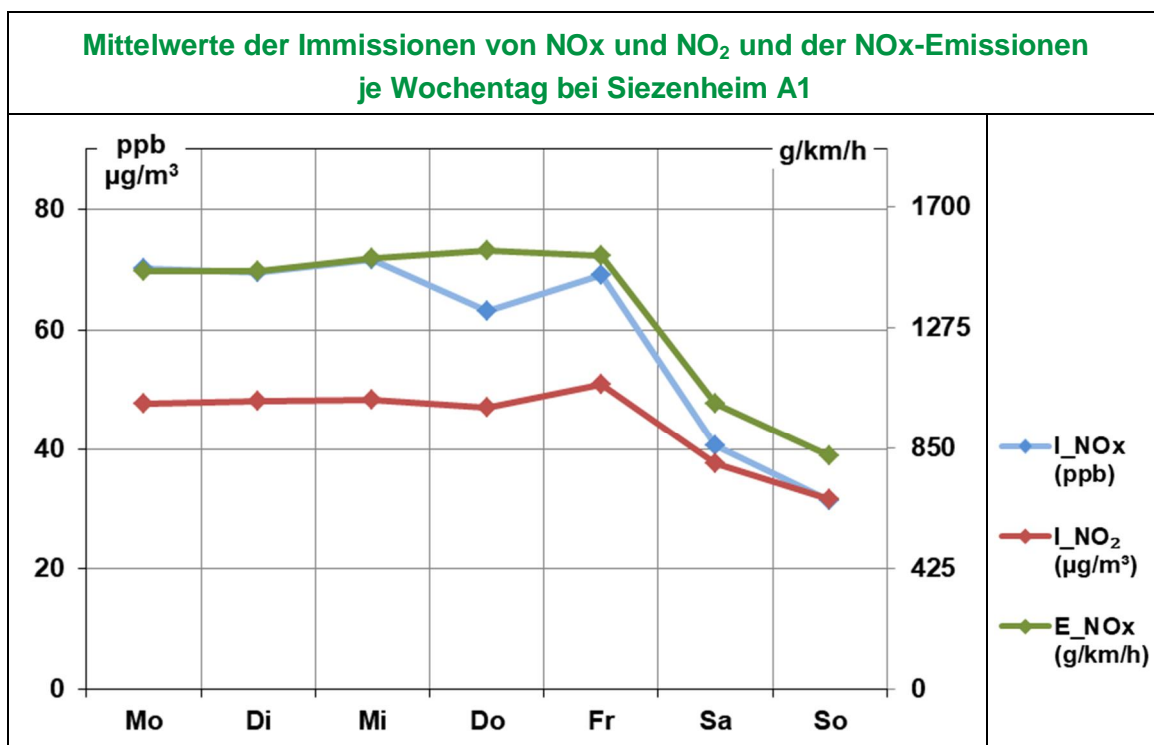


Abbildung 2.12: Mittelwerte der Immissionen von NO_x und NO₂ sowie der NO_x-Emissionen (E-NO_x) je Wochentag bei Siezenheim A1 (05.2017-04.2018).

3. Dokumentation der täglichen Schaltzeiten

In der folgenden Tabelle werden alle täglichen Schaltzeiten von Tempo80 im Betriebsjahr 2017/18 dokumentiert.

Tabelle 3.1: Tägliche Anzahl Stunden mit Tempo80-Schaltung, Siezenheim A1 (05.2017-04.2018).

	Mai.17	Jun.17	Jul.17	Aug.17	Sep.17	Okt.17	Nov.17	Dez.17	Jän.18	Feb.18	Mär.18	Apr.18
1	1	12.5	10	12.5	1	2	16.5	17.5	8.5	7.5	13.5	0
2	7	12	5.5	7.5	0	16	14	18	4.5	14.5	15	2.5
3	6.5	0	5	6.5	7	10.5	17.5	5.5	3.5	17	11	12
4	7.5	0	6.5	6.5	9.5	12.5	10	12.5	9.5	14.5	9	15
5	16	0	5.5	5	15	8	4	13.5	14.5	20	13.5	12.5
6	4.5	10.5	8	4.5	14.5	10.5	15.5	13.5	14	19.5	15.5	12
7	1.5		11.5	6	8	9	19	16	17	13	11.5	11.5
8	13	6.5	9.5	4.5	10.5	13	20.5	14	23	18	16	4.5
9	8	7	1	3.5	3	17	17	9.5	16.5	15.5	13.5	10
10	8.5	1	6	3	4	12	16.5	9.5	18	16.5	13	12.5
11	10.5	0	4.5	9.5	16	14	9.5	16.5	12.5	14	0	5.5
12	10.5	7.5	11	9	12.5	13	7	13	14	12.5	11.5	2
13	15	4.5	0	6.5	14	14	6.5	16	12	14.5	10.5	13.5
14		5	13	8.5	12	11.5	19	10	0	18.5	12	2.5
15		7	1	3.5	12	11	12	18.5	15	12.5	13.5	3.5
16	4.5	8	2.5	7	11.5	14.5	11	15.5	14	17.5	18.5	10.5
17	7	0	6.5	8	8.5	14	11.5	6	2.5	9.5	7	10
18	8	0	5.5	12	9		8.5	19	12.5	6.5	2	8.5
19	5	6.5	7.5	3.5	15	14.5	3.5	16	9.5	11.5	0	9.5
20	1	3	9	4.5	12.5	18.5	6	17	13	6	3.5	17
21	4.5	10	5.5	6.5	18.5	14.5	13.5	19	1.5	4.5	14.5	5
22	6	8.5	7	4.5	15	9	12.5	18	8	14	6	2
23	3.5	4	2	10	8	1.5	13.5	17	16	16	16	5
24	5	5.5	9	8.5	10	14.5	17.5	16	9	11.5	7	9.5
25	4	6	4.5	10.5	11		8.5	15	17	2	9.5	4.5
26	6	7	13	7.5	15.5		5	15.5	16	9.5	10.5	11
27	3	7	10.5	4	12	10.5	14.5	22.5	18	9.5	14	7.5
28	2.5	5.5	13	16	12.5	0	15.5	7.5	8.5	19	18	7
29	5.5	6	9	7.5	13.5	0	12	13.5	18		7.5	0
30	5	11.5	4.5	8.5	7.5	2.5	14.5	11.5	10		14.5	4
31	4.5		9	6		16		8.5	14.5		12	

Am 14. Mai 2017 fiel die Schaltung vollständig aus, am 15.5., 25.10. und 26.10.2017 zu mehr als 9 Stunden. Zu 97.4% der Gesamtzeit funktionierte die Schaltung hingegen mit korrekten Inputdaten. An den übrigen 225.5 h war dies nicht der Fall.

Die monatliche Verteilung der Tage mit "extremen" Schaltzeiten (0 h bzw. 19-23 h Schaltzeit) folgte grundsätzlich der allgemeinen Verteilung der Schaltzeiten: Sehr hohe tägliche Schaltzeiten fanden sich im Winter, tiefe vor allem im Frühjahr und Frühsommer.

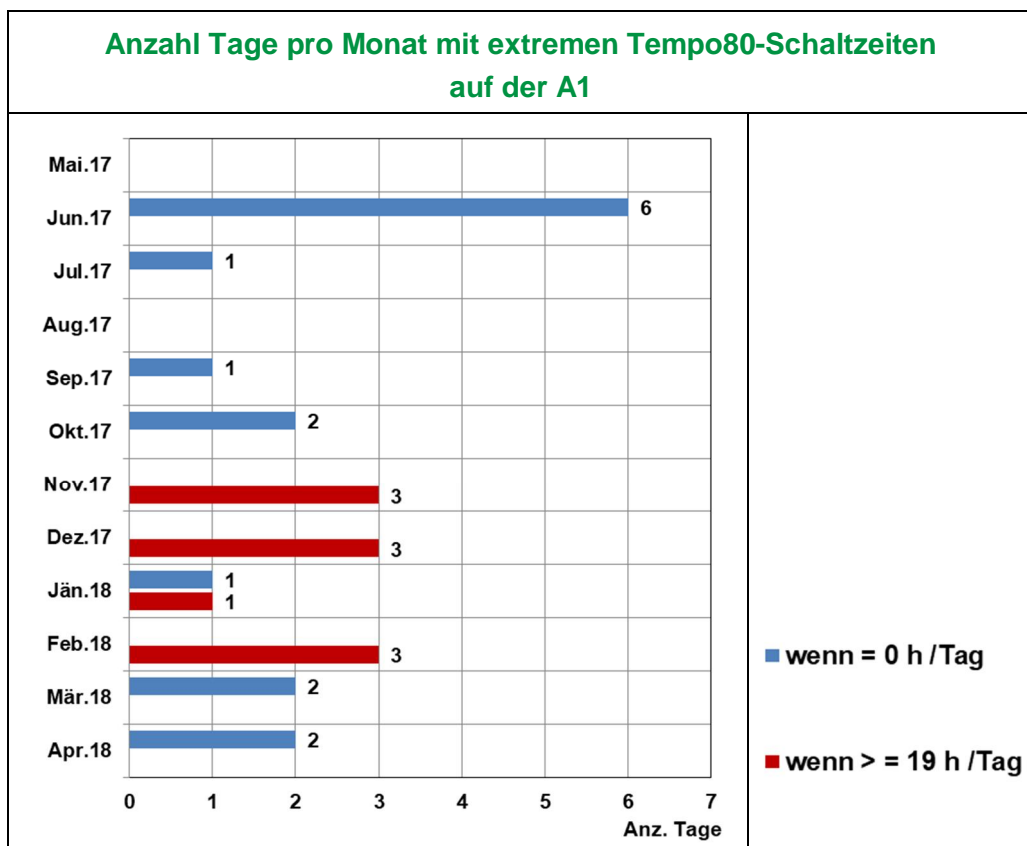


Abbildung 3.1: Anzahl Tage pro Monat mit extremen Tempo80-Schaltzeiten, Siezenheim (05.2017-04.2018).

Bei den 10 Tagen mit hohen Schaltzeiten (19-23 h) handelte es sich um Tage von November 2017 bis Ende Februar 2018. Dabei handelte es sich durchwegs um Werktage (Montag . Donnerstag), im Gegensatz zum Vorjahr, als es sich bei 12 von 19 Extremtagen um Freitag-Sonntag handelte. An 7 von 10 Tagen war das Verkehrsaufkommen durchschnittlich (im Bereich des Jahres-DTV). Dass trotzdem so lange Schaltzeiten auftraten, lag an entsprechenden meteorologi-

schen Ausbreitungsbedingungen. Das maximale tägliche Pkw-Aufkommen ereignete sich am Freitag 9.2.2018 mit rund 87'000.

Tabelle 3.2: Die 10 Tage mit hohen Tempo80-Schaltzeiten (19-23 h) bei Siezenheim A1 (05.2017-04.2018).

Tag	Datum	Pkw-Aufkommen	Tempo80-Schaltzeit [h]
Di	07.11.2017	66871	19
Mi	08.11.2017	68509	21
Di	14.11.2017	70967	19
Mo	18.12.2017	75240	19
Do	21.12.2017	81002	19
Mi	27.12.2017	73415	23
Mo	08.01.2018	66842	23
Mo	05.02.2018	67159	20
Di	06.02.2018	66647	20
Mi	28.02.2018	67684	19

4. Effektive Fahrgeschwindigkeiten auf der A1 bei Salzburg

In diesem Kapitel werden die **mittleren** Fahrgeschwindigkeiten auf der A1 bei Siezenheim vom Mai 2017 . April 2018 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 102 km/h auf der Basis der mittleren Stundenwerte. Bisweilen gab es kurze Phasen mit verringerten Fahrgeschwindigkeiten, wegen Stau, Unfällen etc. Außerhalb dieser Phasen variierten die Geschwindigkeitsbereiche jedoch wenig (s. [Abbildung 4.1](#)).

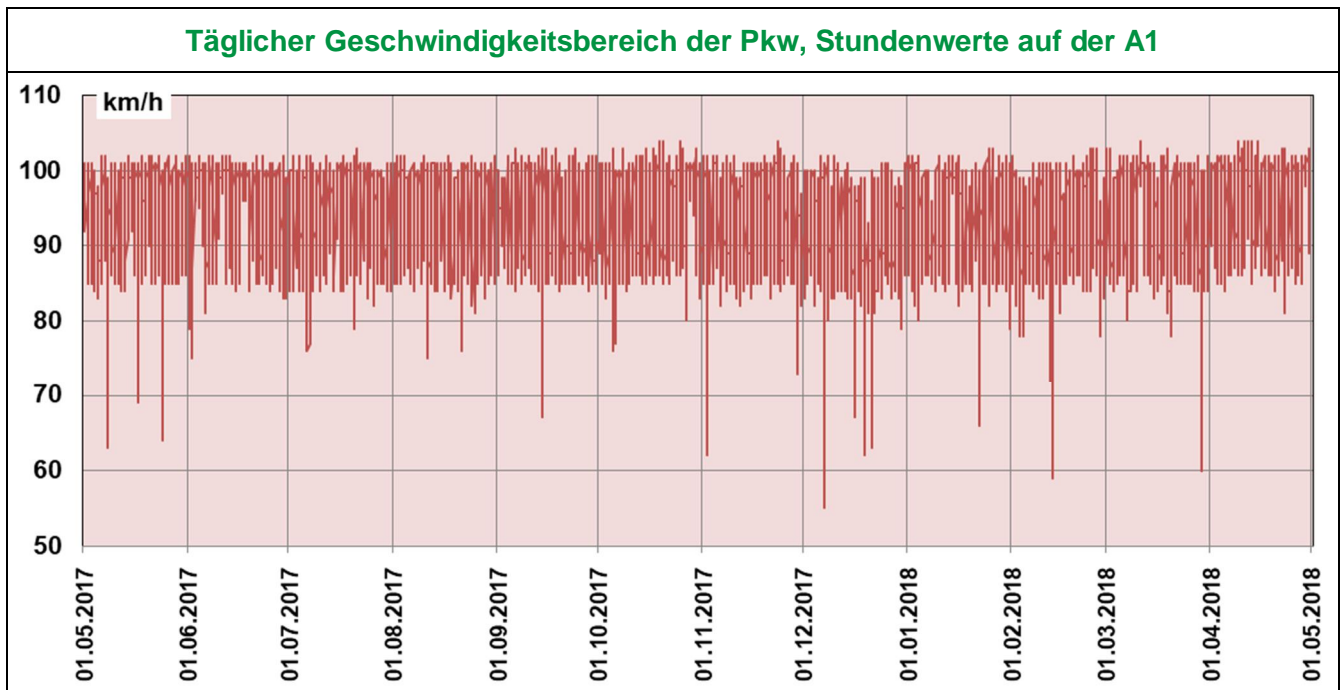


Abbildung 4.1: Täglicher Geschwindigkeitsbereich der Pkw auf der Basis der Stundenwerte, Siezenheim A1 (05.2017-04.2018).

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 96 km/h bei Tempo 100 und 86 km/h bei Tempo 80. Nur wenige Stundenwerte betragen über 102 km/h bei Tempo 100 und über 93 km/h bei Tempo 80. Über das Fahrverhalten einzelner Pkw ist damit nichts ausgesagt, die Basis dieser Auswertung sind Stundenmittelwerte der Pkw-Fahrgeschwindigkeit.

Im Vorjahr betragen die häufigsten Fahrgeschwindigkeiten bei beiden Tempolimits 2 km/h weniger. Auch war die Verteilung bei Tempo100 deutlich breiter als bei Tempo80, was nun nicht mehr der Fall war. Es wird vermutet, dass diese Änderungen mit der Baustelle im Vorjahr von Juni-November 2016 zu tun haben.

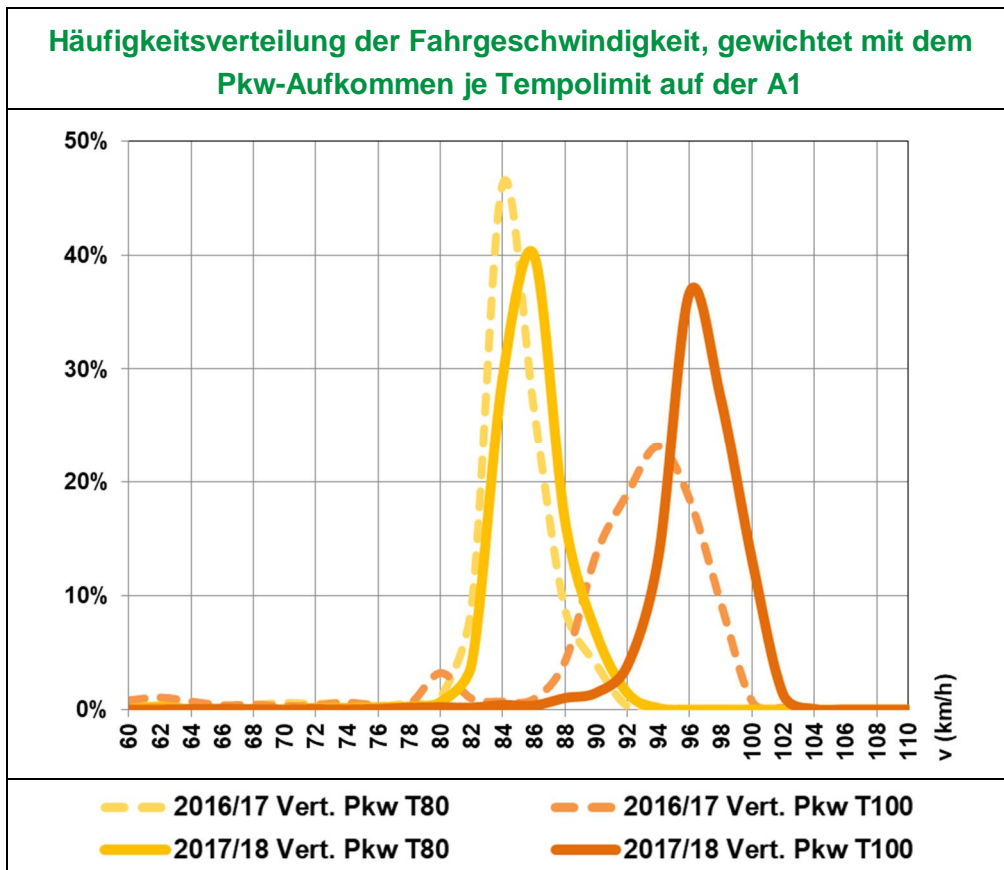


Abbildung 4.2: Mit dem Pkw-Aufkommen gewichtete Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit auf der A1 bei Siezenheim, Basis Stundenwerte (05.2017-04.2018 und 05.2016-04.2017).

4.3. Effekte von Urlaubssamstagen

Die Urlaubssamstage wurden speziell betrachtet. Fragestellung war, ob sich der spezielle Verkehr an Urlaubssamstagen im Vergleich zu den übrigen Samstagen auf die Fahrgeschwindigkeiten, das Verkehrsaufkommen, die Tempo80-Häufigkeit und die Immissionen auswirkt. Die Phasen waren:

Phasen	Urlaubs-Samstage	Übrige Samstage
Winter	23.12.2017-24.03.2018 <i>Ausgenommen 17.03.2018</i>	07.10.-16.12.2017 und 31.03.2018
Sommer	15.07.-09.09.2017	06.05.-08.07.2017 und 16.09.-30.09.2017

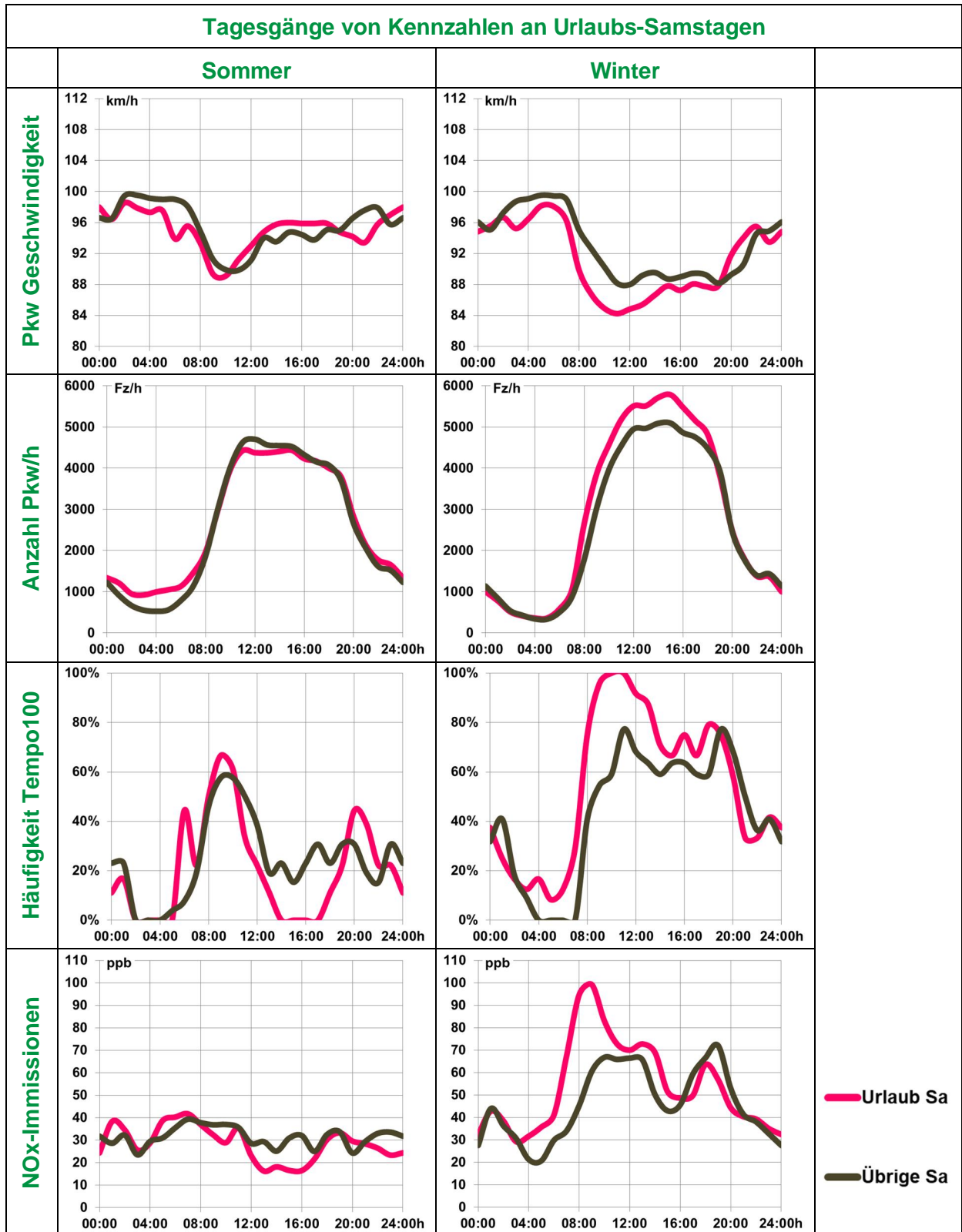


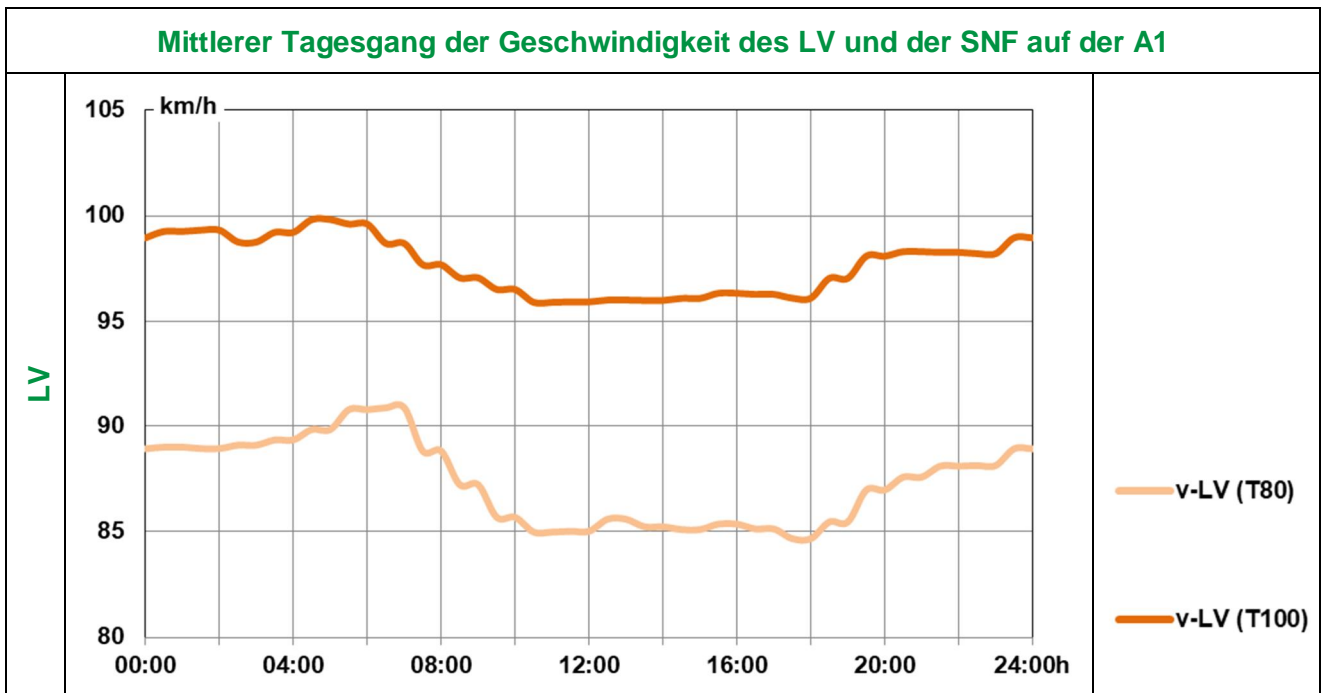
Abbildung 4.3: Mittlerer Tagesgang von Pkw-Geschwindigkeit, Anzahl Pkw pro Stunde, Häufigkeit von T100 und NO_x-Immissionen für Samstage je Phase (Urlaub und übrige Samstage, Winter und Sommer) auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).

Im Sommer unterscheiden sich die Urlaubssamstage auf der A1 bei Siezenheim praktisch nicht von den übrigen Samstagen; dies gilt für alle Kennzahlen. Im Winter jedoch weisen die Urlaubssamstage tagsüber mehr Verkehr, geringere Fahrgeschwindigkeiten, häufigere Tempo80-Schaltungen und höhere NOx- und NO₂-Immissionen auf (in der Abbildung werden nur die NOx-Immissionen gezeigt).

4.4. Tagesgang der mittleren Fahrgeschwindigkeit

Der mittlere Geschwindigkeit des Leichtverkehrs war nachts bei Tempo80 um etwa 3-5 km/h höher als tagsüber. Bei Tempo100 ist kein Tagesgang auszumachen.

Die schweren Nutzfahrzeuge (SNF) fahren 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 erreicht. Der tageszeitliche Geschwindigkeitsverlauf ist bei den SNF ziemlich parallel zu demjenigen beim Leichtverkehr.



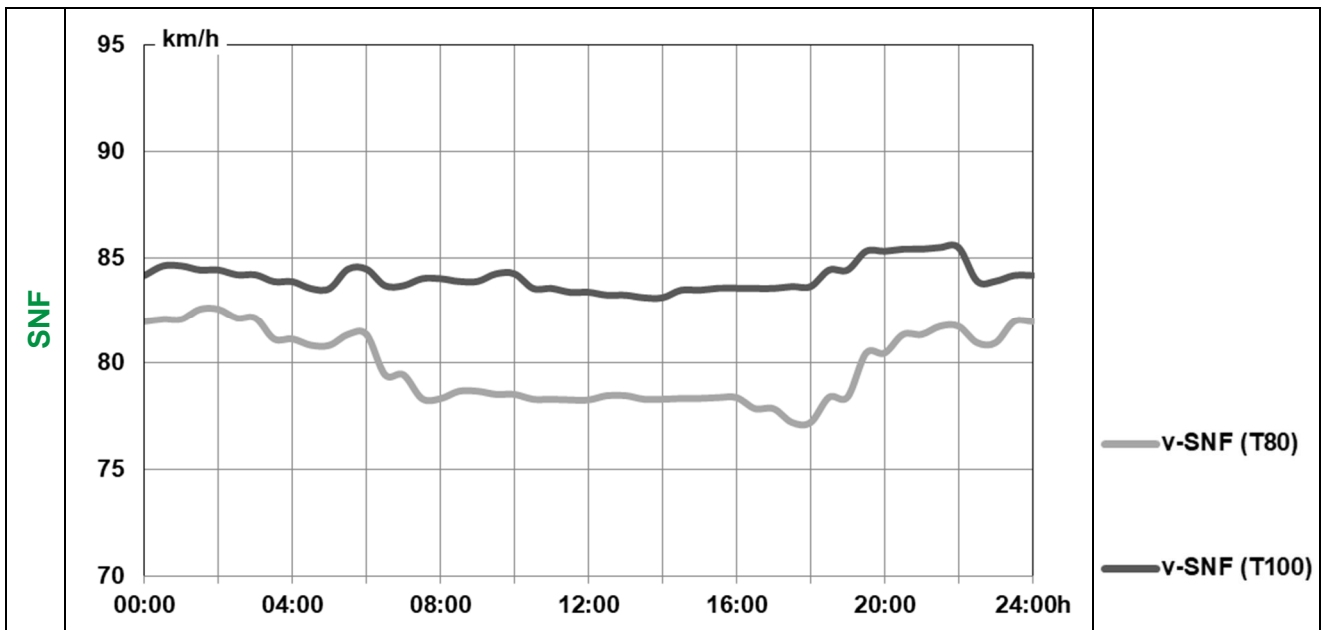


Abbildung 4.4: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs LV (oben) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; unten) auf der A1 bei Siezenheim (05.2017-04.2018).

4.5. Monatsmittel der Fahrgeschwindigkeit

Die im Folgenden dargestellten Monatsmittelwerte beziehen sich nur auf die Tagesstunden von 6 . 22 Uhr. Etwas geringere Werte im Hochwinter könnten witterungsbedingt sein.

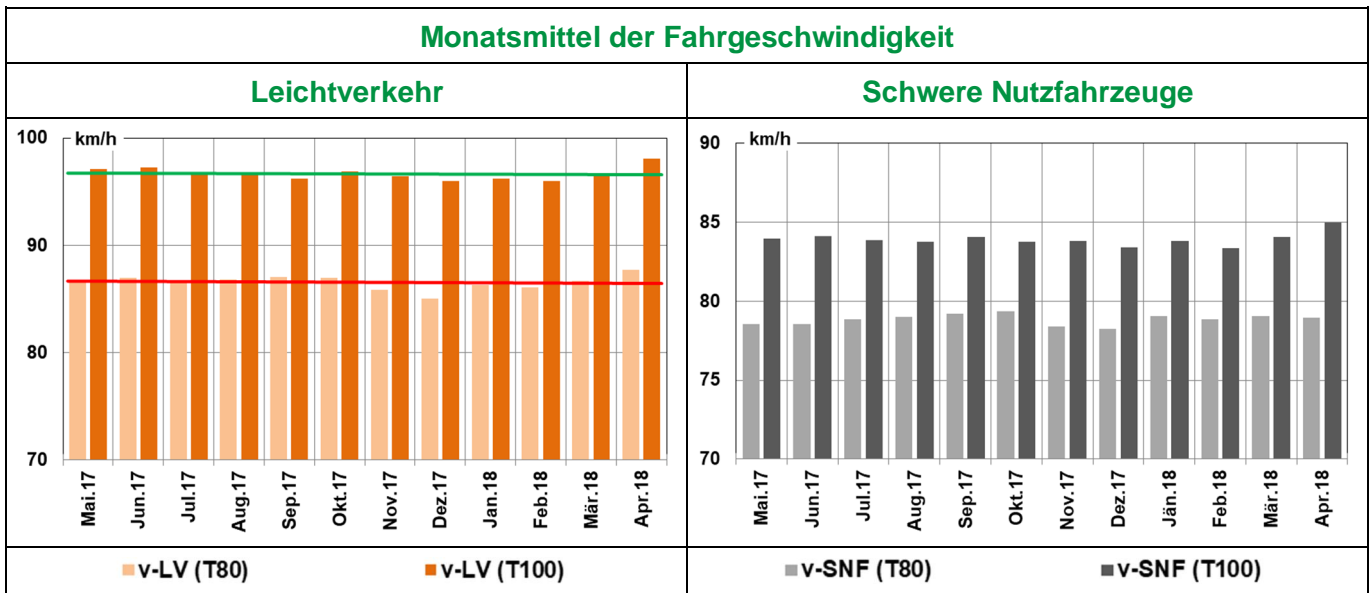


Abbildung 4.5: Monatswerte der mittleren gemessenen Fahrgeschwindigkeit von 6-22 Uhr des Leichtverkehrs (LV; links; mit Trendlinien) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; rechts) auf der A1 bei Siezenheim, 05.2017-04.2018.

Übers ganze Betriebsjahr gesehen ergaben sich keine Trends bei den Fahrgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs; im 2015/16 ergaben sich noch stetige Zunahmen bei beiden Tempolimits.

4.6. 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 der letzten beiden Betriebsjahre angegeben.

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, 2017/18, 2016/17 = (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017); 05.2015-04.2016 und Testphasen 2013/2014.

Tempolimit (05.2017-04.2018)	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L Schaltung (T80)	86.1	89.2
ohne IG-L Schaltung (T100)	96.6	99.0
Tempolimit 2016/17	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L Schaltung (T80)	85.4	88.3
ohne IG-L Schaltung (T100)	94.3	94.4
Tempolimit (05.2015-04.2016)	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L Schaltung (T80)	84.9	88.1
ohne IG-L Schaltung (T100)	94.2	96.6
Testphasen zu T80 und T100 (2013/2014)	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
T80-Phase (20.2. ÷ 19.5.2014)	82.2	85.3
T100-Phase (17.10.2013-19.02.2014)	94.0	96.2

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 **10.5 km/h** (Vorjahr: 8.9 km/h) erreicht. **Im Vergleich zur Testphase hat die Geschwindigkeit bei Tempo100 um knapp 3 km/h zugenommen, diejenige bei Tempo80 hat sich im Mittel um gar 4 km/h erhöht.** Seit 2014 haben diese Geschwindigkeiten Jahr für Jahr zugenommen; bei Tempo80 liegen die mittleren Geschwindigkeiten inzwischen deutlich über 80 km/h. Immerhin ist die Differenz zwischen Tempo80 und Tempo100 im Wesentlichen erhalten geblieben.

Der Schwerverkehr fuhr im Schnitt tagsüber (6-22 Uhr) 79 km/h bei Tempo80 und 84 km/h bei Tempo100. Die mittlere Differenz zum Leichtverkehr betrug damit etwa 7 km/h bei Tempo80 und etwa 12 km/h bei Tempo100.

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. Auf den dritten Spuren hat es im Vergleich zum Vorjahr etwa gleich viele Fahrzeuge bei Tempo100, aber deutlich mehr bei Tempo80.

Die Fahrzeugverteilung auf den je Richtung drei Fahrspuren kann nicht direkt je Tempolimit verglichen werden, da bei Tempo80 insgesamt mehr Fahrzeuge unterwegs waren (etwa 60% des Gesamtverkehrs im Betriebsjahr).

In [Abbildung 5.2](#) wird deshalb die *prozentuale* Verteilung des LV auf die drei Spuren je Richtung von den Betriebsjahren 2017/18, 2016/17 und 2015/16 und der Testphase 2014 verglichen. Mit jedem Jahr fuhr ein etwas größerer Anteil auf der dritten Spur und ein etwas kleinerer auf der rechten Spur. Der Anteil auf der mittleren Spur ist etwa gleich geblieben. Im aktuellen Betriebsjahr führen im Mittel etwa 40% der Leichtfahrzeuge auf der rechten Spur, 45% auf der mittleren und 15% auf der dritten.

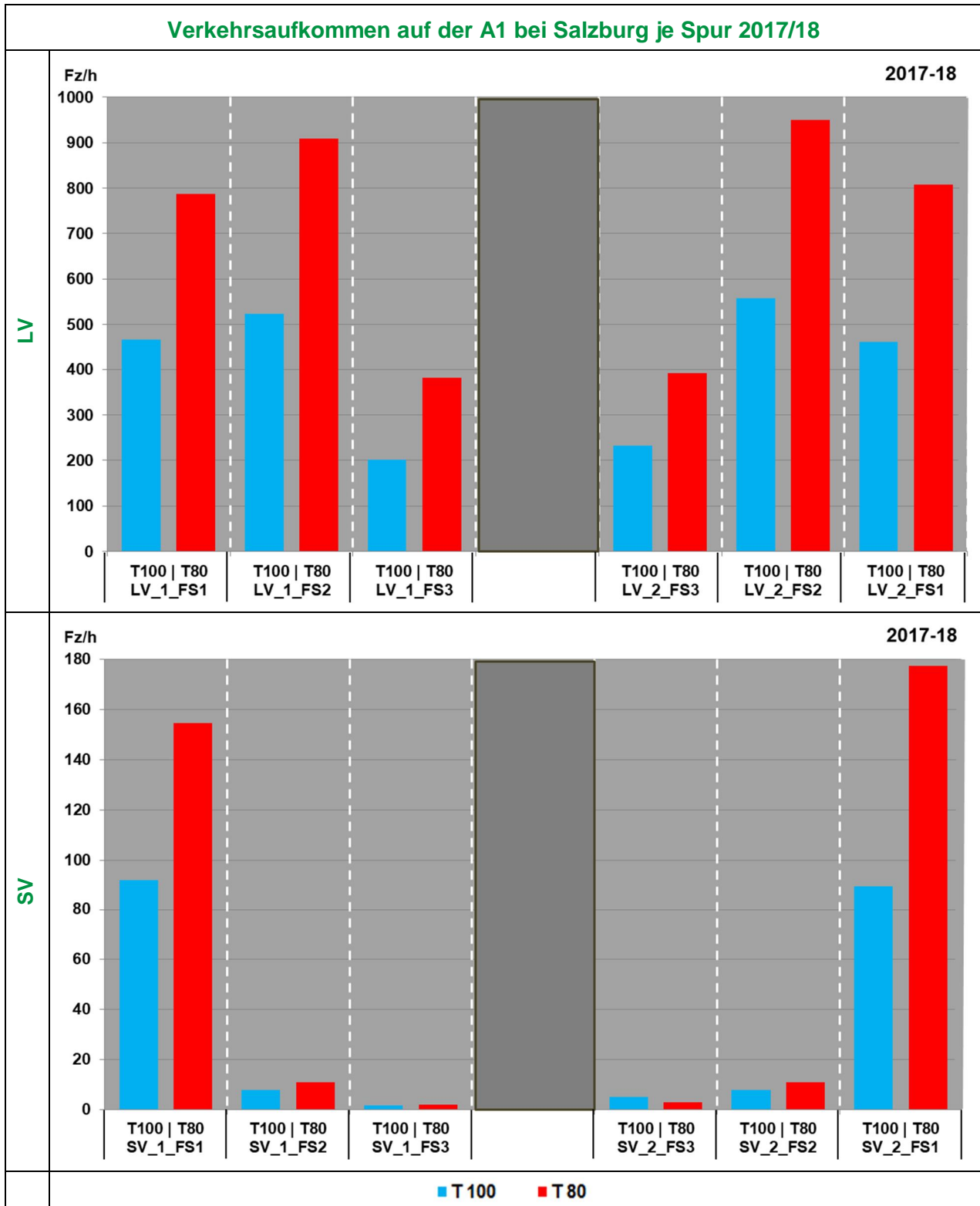


Abbildung 5.1: Aufkommen des Leichtverkehrs (LV; oben) bzw. des Schwerverkehrs (SV; unten) je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2017-04.2018.

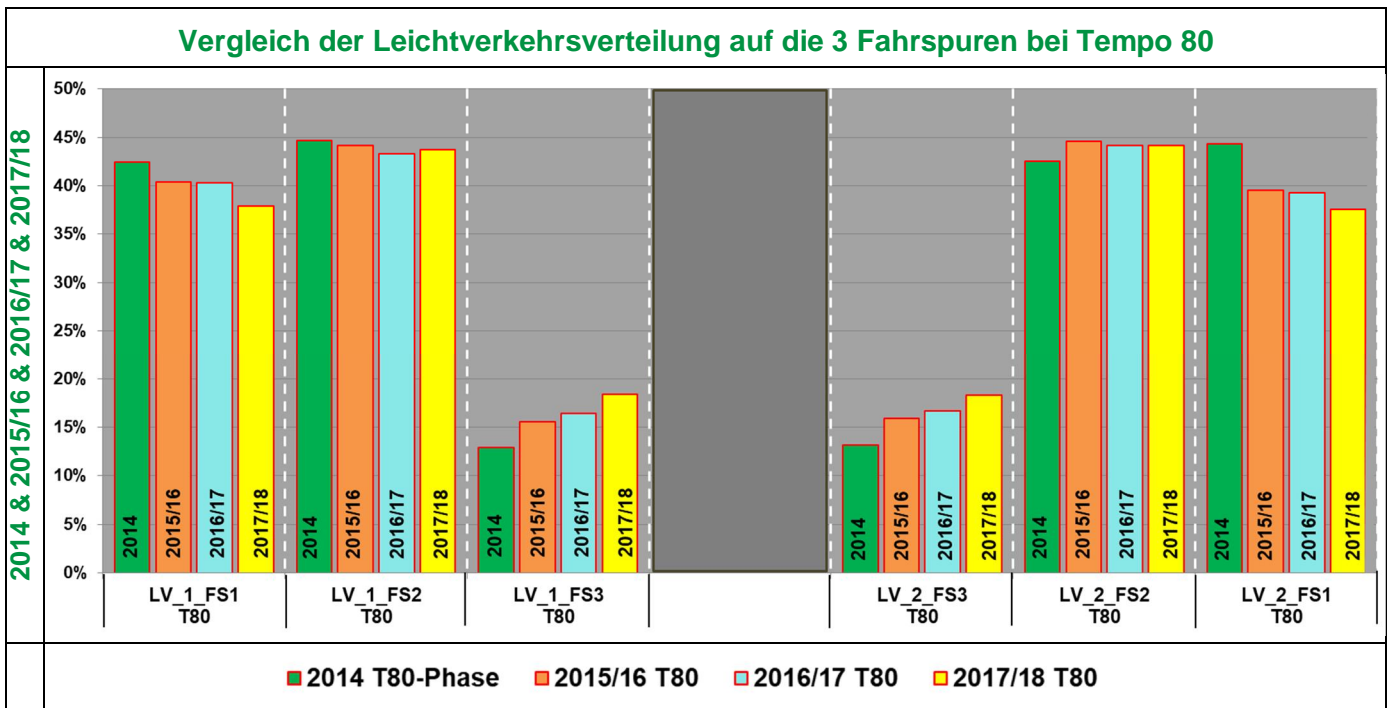


Abbildung 5.2: Prozentuale Verteilung des Leichtverkehrs (LV) je Fahrstreifen und Richtung bei Tempo80, Testphase 2014 sowie drei Betriebsjahre 2015/16 (05.2015-04.2016), 2016/17 (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017) sowie 2017/18, Siezenheim (A1).

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 LV 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 FS1 bis FS3 zu. Die mittlere Geschwindigkeit auf FS3 lag während Tempo80 markant über 80 km/h (98 bzw. 100 km/h je Richtung). Die Geschwindigkeitsunterschiede von der ersten bis zur dritten Fahrspur sind groß, betragen im Mittel bis zu 18 km/h. Bei Tempo80 betragen die Mittelwerte von 1% der Stunden auf der dritten Spur um 130 bzw. 140 km/h, je nach Richtung, immerhin etwas weniger als im Vorjahr. Diese Stunden kommen überwiegend in der Nacht vor.

Auf den FS1 und 2 liegen die Q-Werte 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. 95 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 sind. 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 9-10 km/h langsamer gewesen als der Leichtverkehr, bei Tempo80 um 2-3 km/h.

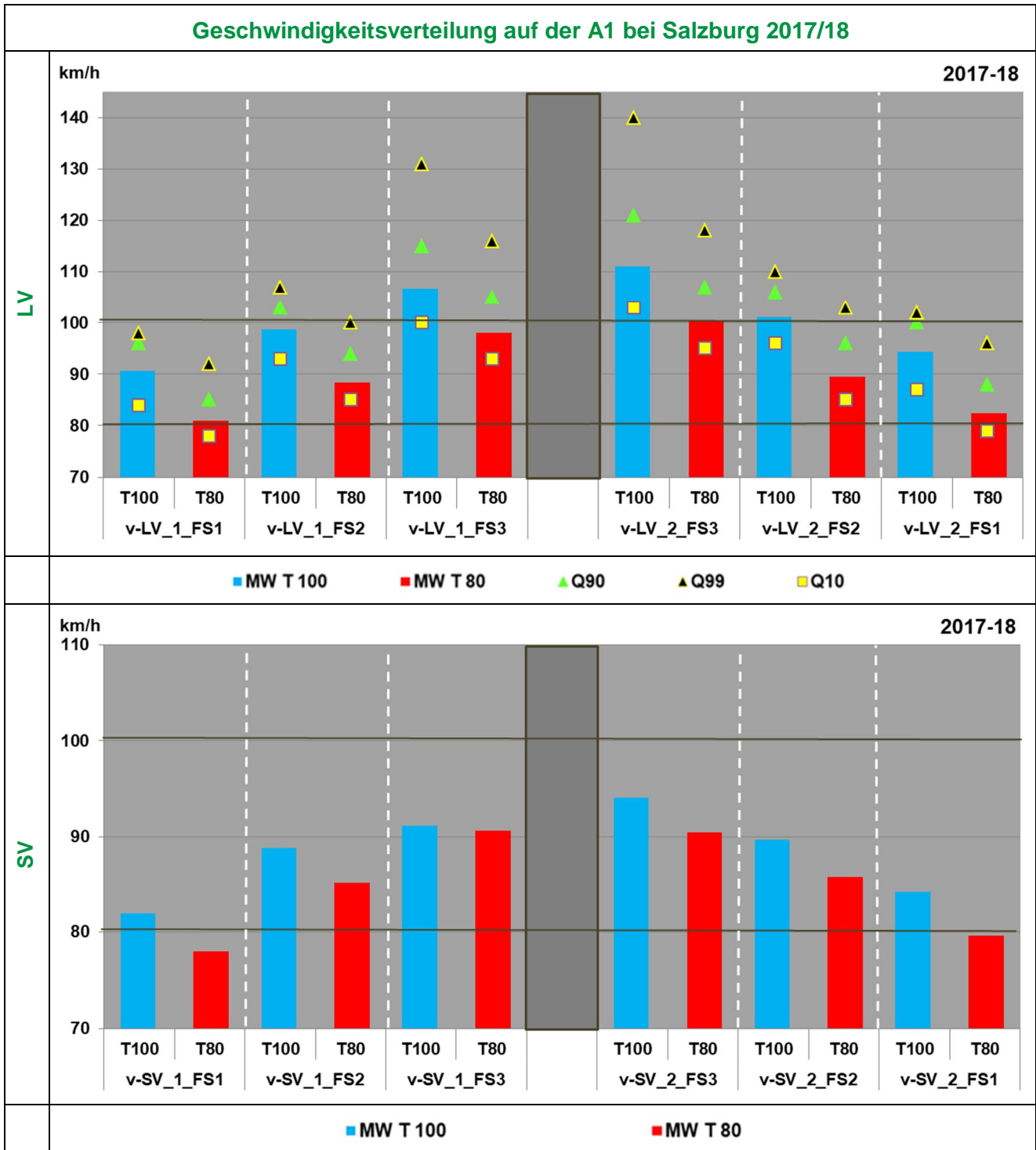


Abbildung 5.3: Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (LV; oben) bzw. des Schwerverkehrs (SV; unten) je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2017-04.2018.

Die Fahrgeschwindigkeiten bei Tempo80 sind im Vergleich der letzten drei Betriebsjahre und der Tempo80-Testphase im 2014 auf allen sechs Fahrspuren schneller geworden, am meisten auf den dritten Fahrspuren.

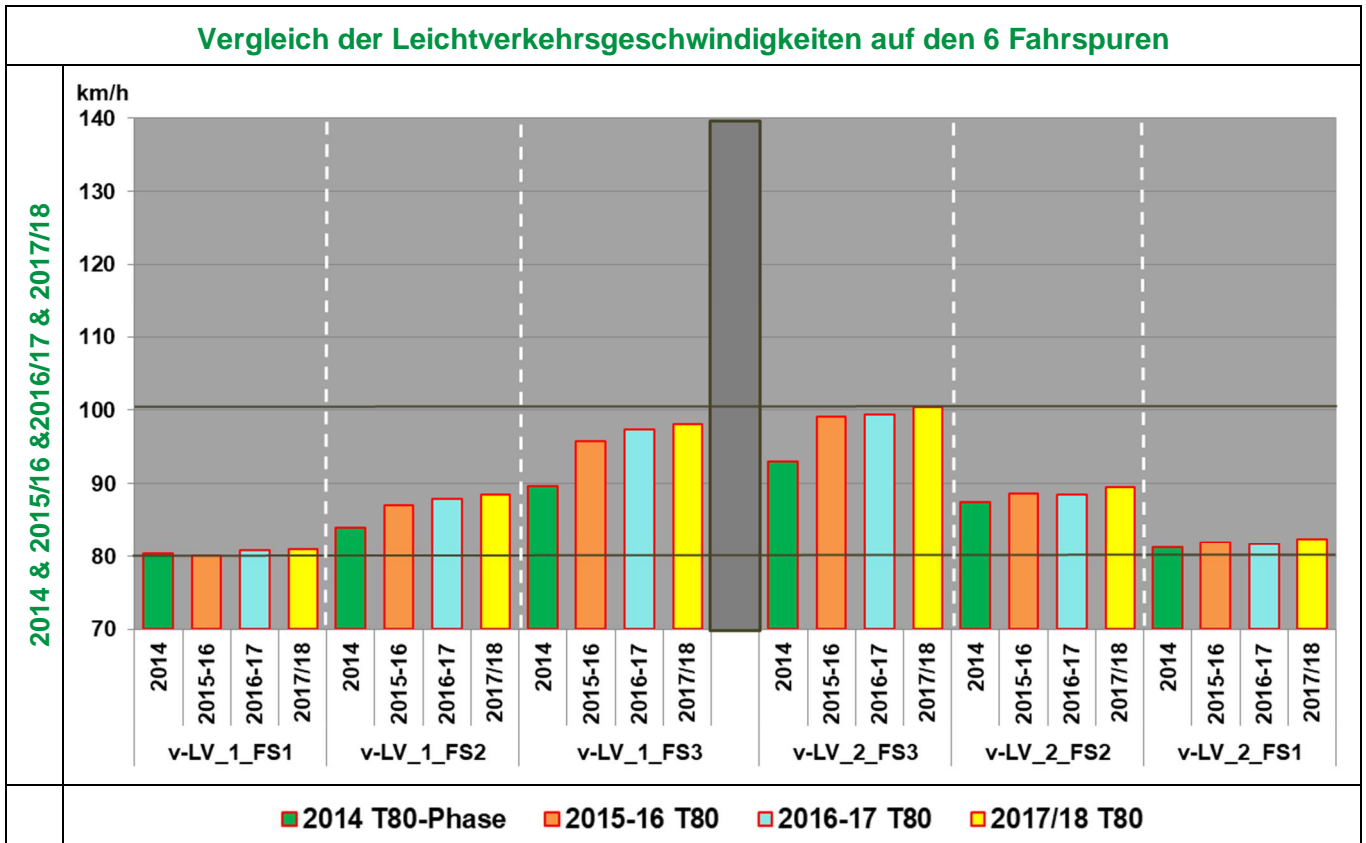


Abbildung 5.4: Vergleich der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (LV) bei Tempo80 je Fahrstreifen bei Siezenheim (A1), Testphase 2014 sowie 2015/16 (05.2015-04.2016), 2016/17 (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017) und 2017/18 (05.2017-04.2018).

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

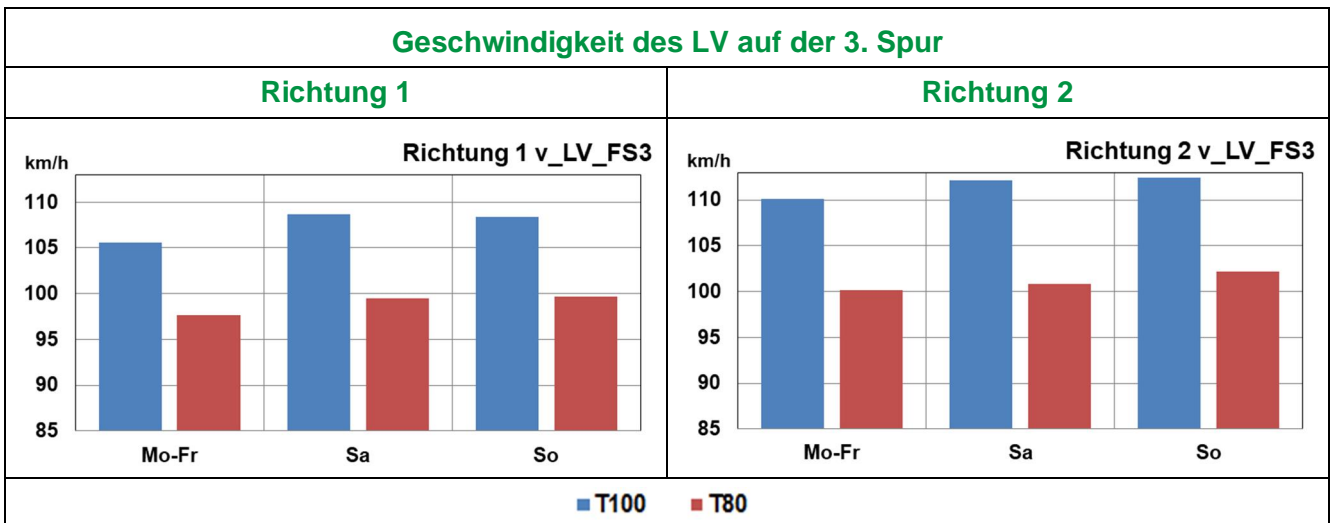


Abbildung 5.5: Mittlere Geschwindigkeit des LV in Richtung 1 und 2 für den dritten Fahrstreifen (FS3) je Tempolimit bei Siezenheim (A1) in Abhängigkeit vom Wochentag, 05.2017-04.2018.

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.

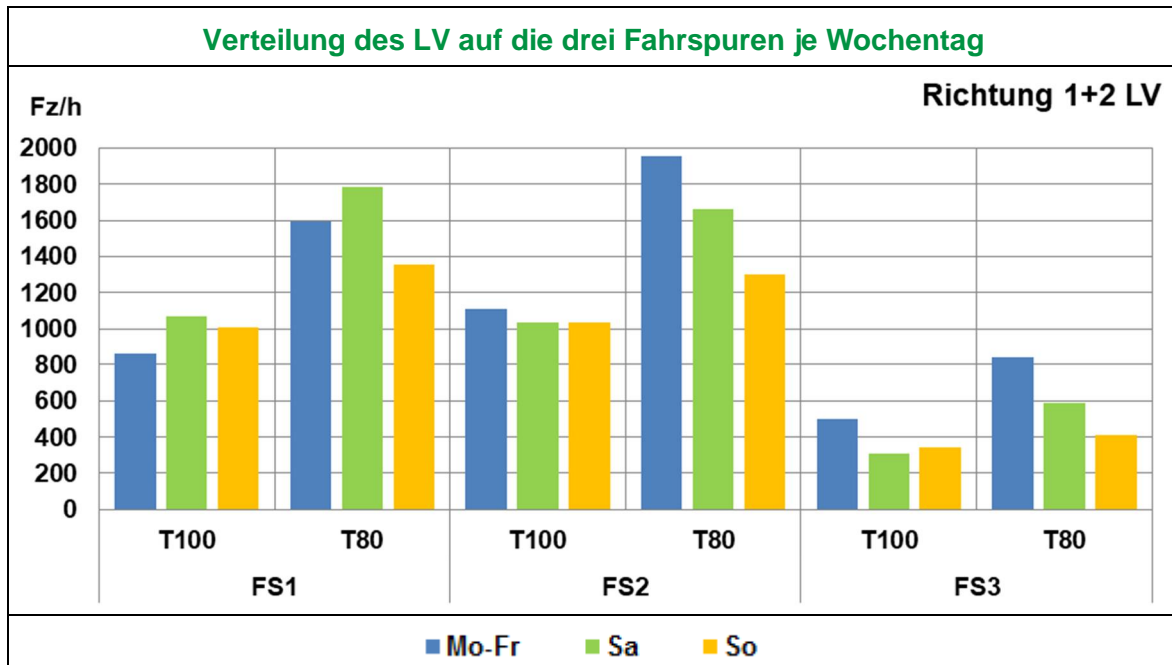


Abbildung 5.6: Verkehrsaufkommen des Leichtverkehrs je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1) in Abhängigkeit vom Wochentag, 05.2017-04.2018.

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

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: Die 99-Perzentile der Stundenmittel der Fahrgeschwindigkeit auf diesen Spuren, die also während 87 Stunden im Betriebsjahr übertroffen wurden, betragen 116 bzw. 118 km/h bei Tempo80 und 131 bzw. 140 km/h bei Tempo100. Diese Stunden lagen typischerweise in den frühen Morgenstunden und wurden jeweils von wenigen Fahrzeugen verursacht.

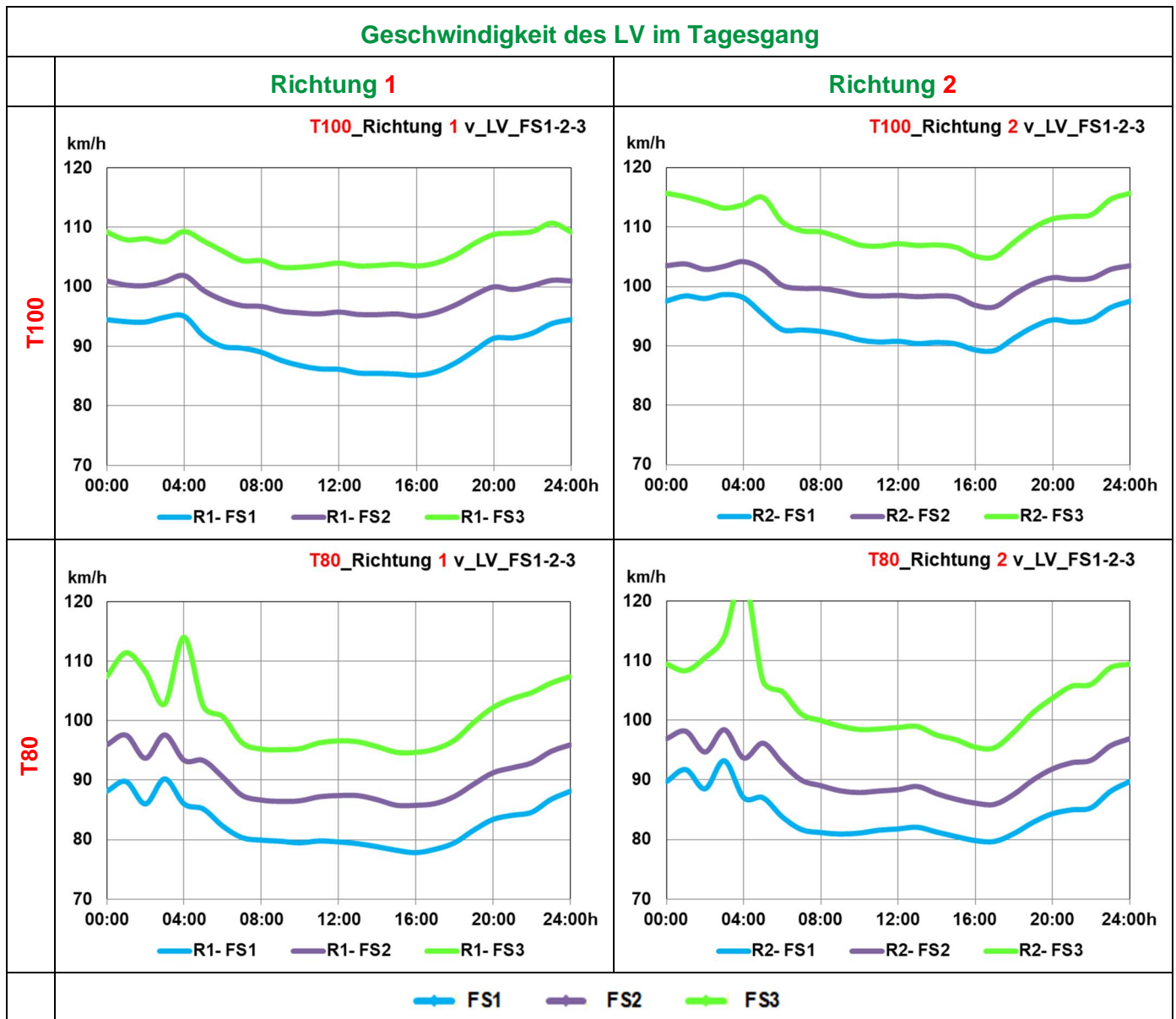


Abbildung 5.7: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des LV in Fahrrichtung 1 und 2 je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2017-04.2018.

Die nächste Abbildung zeigt den Jahresverlauf (Basis Monatswerte) der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs je Richtung und Fahrspur.

Es gibt keine prägnanten Änderungen im Laufe des Jahres. Nach wie vor kann bei Tempo80 ein leichter Trend zu höheren Geschwindigkeiten erkannt werden.

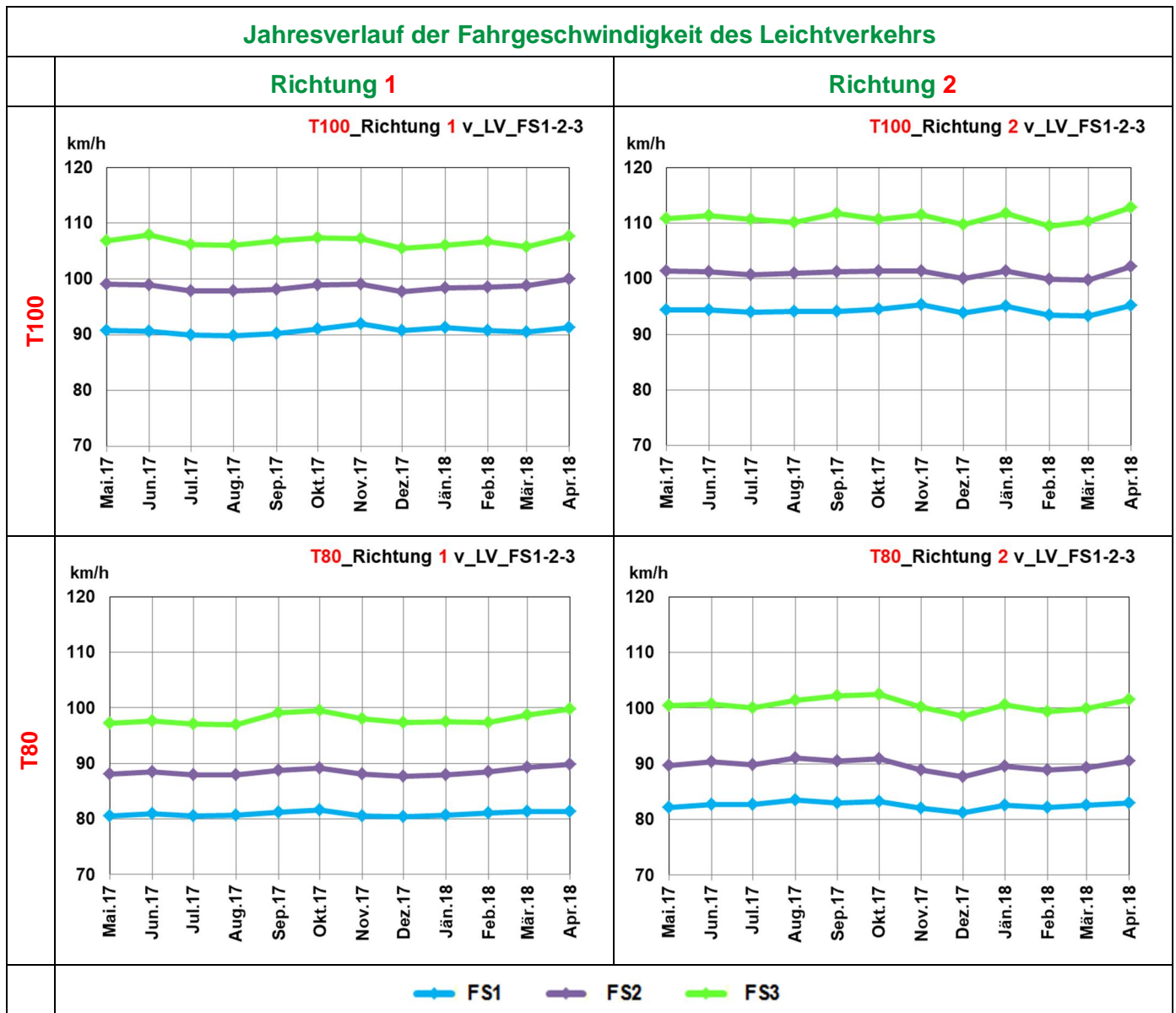


Abbildung 5.8: Jahresverlauf (Basis Monatswerte) der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs in Fahr- richtung 1 und 2 je Fahrstreifen (FS1-FS3) und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2017-04.2018.

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

Zur Abschätzung der Wirksamkeit von 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 NO_x und CO₂ lassen sich die folgenden **Reduktionen durch das real umgesetzte Tempo80-Limit** abschätzen (Reduktion der mittleren Geschwindigkeit des Leichtverkehrs um die ermittelten 10.5 km/h tagsüber).

Durch das flexible Geschwindigkeitslimit auf der A1 bei Salzburg konnten 5.1% der NO_x- bzw. 1.5% der CO₂-Emissionen eingespart werden. Dies ist etwas mehr als im Vorjahr; die erreichte mittlere Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Tempo80 und Tempo100 war ebenfalls etwas größer als im Vorjahr.

Tabelle 6.1: Emissionsreduktionen für NO_x und CO₂ durch das real umgesetzte flexible Tempo80-Limit auf dem 10.3 km langen Abschnitt Salzburg-Nord bis Wals-Siezenheim der A1, 05.2017-04.2018:

	NO _x	CO ₂
Gesamtemission [t/y]	120	51'983
Einsparung durch flexibles T80 [t/y]	-6	-799
in %	-5.1%	-1.5%

Die prozentuale fossile Kraftstoffeinsparung dürfte sich etwa im Bereich der CO₂-Einsparung bewegt haben. Die Abschätzung der Emissionsreduktionen basiert

auf dem Handbuch der Emissionsfaktoren HBEFA 3.2. Die Gesamtemission an CO₂ wird inklusive Bio-Kraftstoffe angegeben.

Gegenüber dem Vorjahr haben die berechneten NO_x-Emissionen um 2.2% abgenommen, die NO_x-Immissionen jedoch um 17%. Dies bedeutet, dass die meteorologischen Ausbreitungsbedingungen bedeutend günstiger gewesen sein müssen als im Vorjahr. Ein Indiz dafür liefert der Faktor τ (Tau) des Szenarienmodells von Oekoscience. Er entspricht der NO_x-Immission, die von einer NO_x-Emissionseinheit erzeugt wird. Bei schlechteren Ausbreitungsbedingungen wird τ größer. Im Folgenden wird der Jahres- und mittlere Tagesverlauf von τ im aktuellen Jahr und Vorjahr gezeigt:

Von 10-16 Uhr war der mittlere Tagesgang des τ -Faktors in beiden Jahren sehr ähnlich, der Unterschied stellte sich hauptsächlich am Abend und in der Nacht ein. Im Jahresverlauf waren die τ -Werte außer im September 2017 sowie im März/April 2018 durchwegs niedriger als im Vorjahr, besonders im Januar 2018 (also wesentlich bessere Ausbreitungsbedingungen); der Wert im Januar war im Vorjahr nahezu doppelt so hoch. Der Januar 2017 war lufthygienisch außerordentlich ungünstig, der Januar 2018 aber (einer der wärmsten seit Beginn meteorologischer Messungen) speziell günstig. Auch Oktober, November und Februar waren im aktuellen Messjahr lufthygienisch günstiger.

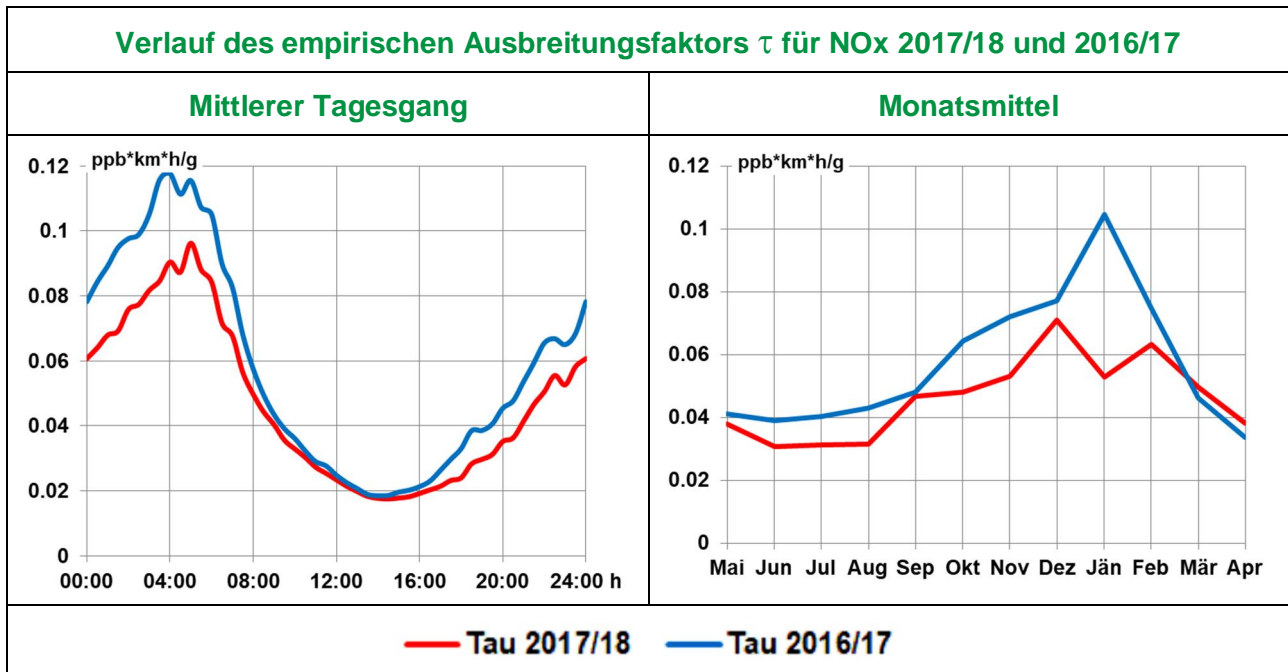


Abbildung 6.1: Verlauf des empirischen Ausbreitungsfaktors τ für NO_x 2017/18 und 2016/17 bei Siezenheim A1: Mittlerer Tagesgang (links) und Jahresgang als Monatsmittel (rechts).

Die Absenkung der τ -Werte im aktuellen Messjahr im Vergleich zum Vorjahr ist bei Siezenheim A1 deutlich stärker ausgefallen als bei Hallein A10, trotz der geografischen Nähe.

Es könnte auch sein, dass die Emissionen im aktuellen Betriebsjahr mehr abgenommen haben als gemäß HBEFA, z.B. infolge Rückrufaktionen und Software-Updates bei Diesel-Pkw. Dies kann nicht ausgeschlossen werden, der meteorologische Einfluss dominiert aber als Ursache des starken Rückgangs der τ -Werte (im Winter besonders stark, nur nachts und abends, am Ende des Betriebsjahres kein Rückgang mehr). Im Jahresmittel haben die τ -Werte um 19% abgenommen (entspricht im Wesentlichen der Fläche zwischen der roten und blauen Kurve in obiger Abbildung im Verhältnis zur Gesamtfläche unter der blauen Kurve). Inwieweit dies wegen des Klimawandels irreversibel ist, kann zurzeit nicht abgeschätzt werden.

Die NO_2 -Emissionen haben sogar um 0.4% zugenommen; modernere Fahrzeuge weisen einen höheren relativen Anteil an NO_2 in den gesamten NO_x -Emissionen auf. Die NO_2 -Immissionen haben gegenüber dem Vorjahr um 6% abgenommen.

6.2. Szenarien der Immissionsreduktionen durch das Tempolimit

Zur **Abschätzung der Reduktionen bei den Immissionen an NO_x und NO_2** wurden vier Szenarien für den Zeitraum Mai 2016 . April 2017 berechnet:

- **Í Tempo80 immer**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren stets mit der bei Siezenheim gemessenen Durchschnittsgeschwindigkeit bei 'Tempo 80' (86.1 km/h tagsüber bzw. 89.2 km/h nachts).
- **Í Tempo80 nieÍ**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren stets mit der bei Siezenheim gemessenen Durchschnittsgeschwindigkeit bei 'Tempo 100' (96.6 km/h tagsüber bzw. 99.0 km/h nachts).
- **Í Tempo80 temporärÍ**: 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 NOx und NO₂ 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 bei Siezenheim für permanente und flexible Tempo80-Schaltungen im Betriebsjahr

Die Tempo80-Schaltungen ergeben merkbliche 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, Mai 2017 – April 2018.

Siezenheim Absolute Werte	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂	I_NO ₂
	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	95 %	95 %	Anz HST
	g/km/h	g/km/h	ppb	µg/m ³	ppb	µg/m ³	>200µg/m ³
T80 immer	1269	315	57	42.6	162	90	0
T80 nie	1401	356	62	46.2	178	98	0
T80 temporär	1330	334	58	44.0	163	91	0
T80 WHj.	1337	336	59	44.2	165	92	0

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

Die flexible Tempo80-Schaltung hat die mittlere NO₂-Immission um 2.2 µg/m³ reduziert gegenüber einem permanenten Tempo100. Ein permanentes Tempo80 brächte nochmals eine Immissionsreduktion um 1.4 µg/m³ NO₂.

6.3.2. Relative Effekte eines permanenten Tempo80 bei Siezenheim (A1) im Betriebsjahr 2017/18

Die NO₂-Emissionen werden durch ein Tempolimit für den Leichtverkehr stärker reduziert als die NO_x-Emissionen, weil der Leichtverkehr einen größeren Anteil an den NO₂-Emissionen als an den NO_x-Emissionen hat. Von daher ist die Reduktion der NO₂-Immissionen ähnlich hoch wie bei den NO_x-Immissionen, obwohl das in der Luft aus NO gebildete NO₂ nur gedämpft auf Änderungen bei den NO_x-Immissionen reagiert.

Der Effekt bei den NO_x-Immissionen wäre bei einem permanenten Tempo80 etwas geringer als bei den NO_x-Emissionen, weil sich die Immissionen wegen des nicht von der A1 herrührenden Anteils prozentual weniger als die Emissionen reduzieren, und wegen Unterschieden in der zeitlichen Verteilung der Emissionen und Immissionen.

Tabelle 6.3: Relative Effekte eines permanenten Tempo80 im Vergleich zu permanentem ‘Tempo100’ bei den real ermittelten Fahrgeschwindigkeiten für ‘Tempo80’ (86.1 km/h tagsüber bzw. 89.2 km/h nachts) bzw. für ‘Tempo100’ (96.6 km/h tagsüber bzw. 99.0 km/h nachts), Siezenheim A1, Mai 2017 – April 2018.

Siezenheim: Reduktion der Gesamtwerte durch ein permanentes T80	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	95 %	95 %
	-9.4%	-11.7%	-8.9%	-7.9%	-8.8%	-8.5%

6.3.3. Relative Effekte des flexiblen Tempo80 bei Siezenheim (A1) im Betriebsjahr 2017/18

Die Forderung gemäß BVO, wonach der lufthygienische Effekt mindestens so hoch wie derjenige eines permanenten Tempolimits im Winterhalbjahr sein muss, ist sowohl beim NO_x als auch beim NO₂ bei weitem erfüllt worden. Die alternative Forderung gemäß BVO, wonach eine Immissionsreduktion beim NO_x erreicht werden soll, die 75% eines ganzjährigen permanenten Tempolimits ausmacht, ist mit 70% nicht mehr erfüllt worden. Der Grund dafür ist eine um 7% geringere Schalthäufigkeit als im Vorjahr (Rückgang von 47% auf 40%). Dieser Rückgang

kam vor allem wegen der im letzten Winter, insbesondere im Januar, außerordentlich günstigen meteorologischen Bedingungen zustande. Somit drängt sich eine Schwellenwert-Absenkung zur Erhöhung der Schalthäufigkeit zurzeit nicht auf. Sollte aber auch im nächsten Betriebsjahr wiederum die alternative Forderung gemäß BVO nur knapp oder gar nicht erreicht werden, wird eine Schwellenwert-Absenkung zur Erhöhung der Häufigkeit der Tempo80-Schaltung empfohlen.

Mit nur 40% Schaltzeit (bezogen auf die Gesamtzeit des Betriebsjahres) konnten immerhin 70% 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, Mai 2017 – April 2018.

Siezenheim: Relativer Tempo80-Effekt im Betriebsjahr	T100	I_NOx	I_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
	Zeit-anteil	Mittel	Mittel	95 %	95 %
T80 immer	100%	100%	100%	100%	100%
T80 nie	0%	0%	0%	0%	0%
T80 temporär	40%	70%	61%	91%	85%
T80 WHj.	50%	62%	56%	79%	72%

Die Schaltzeiten beziehen sich auf das gesamte Betriebsjahr (eingeschlossen die Betriebsausfälle).

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

6.3.4. Vergleich mit der Testphase für Tempo80 vom 20.02.-19.05.2014

Für die Testphase mit Tempo80 auf der A1 bei Salzburg wurde eine Reduktion der Stickstoffoxid-Immissionen um 6-7% gefunden ("Lufthygienische Wirkung von Tempo 80 auf der Autobahn A1 bei Salzburg", Oekoscience, Juni 2014), im gegenständlichen Betriebsjahr von Mai 2017 . April 2018 hätte gemäß Szenarienrechnung ein *permanentes Tempo80 eine Reduktion um 8-9%* erbracht, obwohl die mittlere Geschwindigkeitsdifferenz zwischen den beiden Tempolimits tagsüber nur noch 10.5 und nicht mehr 11.8 km/h betrug. In der Testphase wurde jedoch eine Emissionsreduktion von nur 70% des aus den Emissionsfaktoren ab-

leitbaren Wertes postuliert, in der vorliegenden Evaluation ist von den üblichen 100% ausgegangen worden.

Dies liegt darin begründet, dass es sich um eine kurze Testphase von nur drei Monaten ohne direkte Vergleichsmöglichkeit handelte (die Messstation Siezenheim ging erst im Oktober 2013 in Betrieb) und die Emissionsreduktionen mit einem konservativen Modell mit Einbezug der Station Hallein abgeschätzt wurden. Dies auch, weil Tempo80 auf der Salzburger A1 damals neu war, was zu teilweise unruhiger Fahrweise geführt hat; inzwischen kann davon ausgegangen werden, dass das Fahrverhalten nicht (mehr) grundsätzlich verschieden je nach Tempolimit ist.

Ebenso hat die Flottenentwicklung in den letzten drei Jahren dazu geführt, dass der Anteil des von Tempo80 betroffenen Leichtverkehrs an den Gesamtemissionen gestiegen ist, was den prozentualen Effekt von Tempo80 erhöht.

7. Zusammenfassung

Im Betriebsjahr Mai 2017 . April 2018 war Tempo80 auf der A1 bei Siezenheim während durchschnittlich 41 % der Gesamtzeit geschaltet, 7% weniger als im Vorjahr.

Die Häufigkeit von Tempo80 war am Morgen zwischen 06:30 und 11:00 Uhr mit mehr als 60% am größten, die Abendspitze von 18:30 bis 19:30 erreichte dieses Jahr nur mehr 56%. Am Morgen zwischen 1 und 5 Uhr war Tempo80 mit weniger als 10% Häufigkeit am seltensten, von 01:30-04:00 war sie sogar kleiner als 3%.

Nach Jahreszeiten unterteilt wiesen der Winter und der Herbst wesentlich größere Schalthäufigkeiten auf als das Frühjahr und der Sommer. Im Vergleich zu den beiden Vorjahren hat die Tempo80-Häufigkeit in allen Jahreszeiten außer dem Frühjahr merklich abgenommen.

Die monatlichen Schalthäufigkeiten schwankten zwischen 23% (Juni 2017) und 59% (Dezember 2017). Die geringere Tempo80-Häufigkeit im Vergleich zum Vorjahr zeigte sich vor allem im Sommer und Winter.

Die Tempo80-Schaltungen wiesen am Freitag die größten Häufigkeiten auf. Am Sonntag waren sie nur gut halb so groß.

An keinem Tag fiel die Schaltung vollständig aus. Zu 97.4% der Gesamtzeit funktionierte die Schaltung mit korrekten Inputdaten. An den übrigen 225.5 h war dies nicht der Fall.

Bei den 10 Tagen mit hohen Schaltzeiten (19-23 h) handelte es sich um Tage von November 2017 bis Ende Februar 2018. Dabei handelte es sich durchwegs um Werktage (Montag . Donnerstag), im Gegensatz zum Vorjahr, als es sich bei 12 von 19 Extremtagen um Freitag-Sonntag handelte. An 7 von 10 Tagen war das Verkehrsaufkommen durchschnittlich (im Bereich des Jahres-DTV). Dass trotzdem so lange Schaltzeiten auftraten, lag an entsprechenden meteorologischen Ausbreitungsbedingungen.

Die A1 bei Salzburg wies im Untersuchungsjahr (Mai 2016 . April 2017) einen DTV von rund 82'000 Fahrzeugen auf, 8% mehr als im Vorjahr. Davon waren 83% Pkw und 7% schwere Güterfahrzeuge, letztere haben um 6% zum Vorjahr zugenommen.

Durch das Tempolimit wurde also im aktuellen Betriebsjahr tagsüber eine Geschwindigkeitsreduktion um 10.5 km/h (Vorjahr: 8.9 km/h) erreicht. Im Vergleich zur Testphase hat die Geschwindigkeit bei Tempo100 um knapp 3 km/h zugenommen, diejenige bei Tempo80 hat sich im Mittel um gar 4 km/h erhöht. Seit 2014 haben diese Geschwindigkeiten Jahr für Jahr zugenommen; bei Tempo80 liegen die mittleren Geschwindigkeiten inzwischen deutlich über 80 km/h. Immerhin ist die Differenz zwischen Tempo80 und Tempo100 im Wesentlichen erhalten geblieben.

Auf dem 10.3 km langen Autobahnabschnitt zwischen Salzburg-Nord und Wals-Siezenheim konnten 5.1% der NO_x- bzw. 1.5% der CO₂-Emissionen eingespart werden. Dies ist etwas mehr als im Vorjahr; die erreichte mittlere Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Tempo80 und Tempo100 war ebenfalls etwas größer als im Vorjahr. Die prozentuale fossile Kraftstoffeinsparung dürfte sich etwa im Bereich der CO₂-Reduktion bewegt haben.

Die flexible Tempo80-Schaltung hat die mittlere NO₂-Immission um 2.2 µg/m³ reduziert gegenüber einem permanenten Tempo100. Ein permanentes Tempo80 brächte nochmals eine Immissionsreduktion um 1.4 µg/m³ NO₂.

Die gesamten NO_x- bzw. NO₂-Immissionen konnten durch das flexible Tempolimit um 5-6% reduziert werden. Mit nur 40% Schaltzeit (bezogen auf die Gesamtzeit des Betriebsjahres) konnten 70% des Effektes eines permanenten Tempo80-Limits erreicht werden; dies dank einer intelligenten Schaltung, die Tempo80 dann verfügt, wenn es sich lufthygienisch am meisten 'lohnt'.

Die Forderung gemäß BVO, wonach der lufthygienische Effekt mindestens so hoch wie derjenige eines permanenten Tempolimits im Winterhalbjahr sein muss, ist sowohl beim NO_x als auch beim NO₂ bei weitem erfüllt worden. Die alternative Forderung gemäß BVO jedoch, wonach eine Immissionsreduktion beim NO_x erreicht werden soll, die 75% eines ganzjährigen permanenten Tempolimits ausmacht, ist mit 70% nicht mehr erfüllt worden. Der Grund dafür ist eine um 7% geringere Schalthäufigkeit als im Vorjahr (Rückgang von 47% auf 40%). Dieser Rückgang kam vor allem wegen der im letzten Winter außerordentlich günstigen meteorologischen Bedingungen zustande. Somit drängt sich eine Schwellenwert-Absenkung zur Erhöhung der Schalthäufigkeit zurzeit nicht auf. Sollte aber auch im nächsten Betriebsjahr wiederum die alternative Forderung gemäß BVO nur knapp oder gar nicht erreicht werden, wird eine Schwellenwert-Absenkung zur Erhöhung der Häufigkeit der Tempo80-Schaltung empfohlen.

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 Geschwin-

digkeit auf den linken Spuren lag während Tempo80 markant über 80 km/h (98 bzw. 100 km/h je nach Richtung).

Die Fahrgeschwindigkeiten bei Tempo80 sind im Vergleich der letzten drei Betriebsjahre und der Tempo80-Testphase im 2014 auf allen sechs Fahrspuren schneller geworden, am meisten auf den linken Fahrspuren. Dort wird am Wochenende wie im Vorjahr in beiden Richtungen und bei beiden Tempolimits schneller gefahren als unter der Woche.