

Evaluation des flexiblen Tempo80-Limits auf der A1 bei Salzburg von Mai 2016 bis April 2017



Dr. Jürg Thudium
Dr. Carine Chélala
31.08.2017 / 5295.70

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	2
2.1. Jahreswerte	2
2.1.1. Tempo 80	2
2.1.2. Verkehrsaufkommen	4
2.1.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden	5
2.2. Jahresverlauf	6
2.2.1. Tempo80	6
2.2.2. Verkehrsaufkommen	8
2.2.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden	9
2.3. Wochenverlauf	10
2.3.1. Tempo 80	10
2.3.2. Verkehrsaufkommen	13
2.3.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden	13
3. Dokumentation der täglichen Schaltzeiten	15
4. Effektive Fahrgeschwindigkeiten auf der A1 bei Salzburg	18
5. Analyse von Verkehrsaufkommen und Fahrgeschwindigkeiten separat für alle 6 Fahrspuren	24
6. Wirksamkeit der flexiblen Tempo80-Schaltung auf der A1 bei Salzburg	33
6.1. Emissionsreduktionen	33
6.2. Szenarien der Immissionsreduktionen	34
6.3. Ergebnisse der Geschwindigkeitsszenarien	35
6.3.1. Emissionen und Immissionen bei Siezenheim für permanente und flexible Tempo80-Schaltungen im Betriebsjahr	35
6.3.2. Relative Effekte eines <i>permanenten</i> Tempo80 bei Siezenheim (A1) im Betriebsjahr 2016/17:	36
6.3.3. Relative Effekte des flexiblen Tempo80 bei Siezenheim (A1) im Betriebsjahr 2016/17:	37
6.3.4. Vergleich mit der Testphase für Tempo80 vom 20.02.-19.05.2014	37
7. Zusammenfassung	39

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 (05.2016-04.2017).	3
Abbildung 2.2: Tägliche Anzahl Stunden (gleitendes 7-Tagemittel) mit Tempo80 auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017).	4
Abbildung 2.3: Mittlerer Tagesgang des Fahrzeugaufkommens je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017).	5
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 (05.2016-04.2017).	6
Abbildung 2.5: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 je Jahreszeit auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017).	7
Abbildung 2.6: Häufigkeit von Tempo80 je Monat auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017).	8
Abbildung 2.7: Monatswerte des DTV je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017).	9
Abbildung 2.8: Monatsmittelwerte der NO _x - und NO ₂ -Immissionen sowie der NO _x -Emissionen bei Siezenheim A1 (05.2016-04.2017).	10
Abbildung 2.9: Häufigkeit von Tempo80 je Wochentag auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017).	11
Abbildung 2.10: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 je Wochentagstyp auf der A1 bei Siezenheim, 05.2016-04.2017 (unten) bzw. 05.2015-04.2016 (oben).	12
Abbildung 2.11: DTV je Wochentag auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017).	13
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 (05.2016-04.2017).	14
Abbildung 3.1: Anzahl Tage pro Monat mit extremen Tempo80-Schaltzeiten, Siezenheim (05.2016-04.2017).	16

Abbildung 4.1: Täglicher Geschwindigkeitsbereich der Pkw auf der Basis der Stundenwerte, Siezenheim A1 (05.2016-04.2017).	19
Abbildung 4.2: Mit dem Pkw-Aufkommen gewichtete Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit auf der A1 bei Siezenheim, Basis Stundenwerte (05.2016-04.2017).	20
Abbildung 4.3: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (oben) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; unten) auf der A1 bei Siezenheim (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017).	21
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, 05.2016-04.2017. Blau umrandete Säulen: Baustellenphase.	22
Abbildung 5.1: Aufkommen des Leichtverkehrs (LV; oben) bzw. des Schwerverkehrs (SV; unten) je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017).	25
Abbildung 5.2: Prozentuale Verteilung des Leichtverkehrs (LV) je Fahrstreifen und Richtung bei Tempo80, Testphase 2014 sowie 2015/16 (05.2015-04.2016) und 2016/17 (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017), Siezenheim (A1).	26
Abbildung 5.3: Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (LV; oben) bzw. des Schwerverkehrs (SV; unten) je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017).	28
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) und 2016/17 (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017).	29
Abbildung 5.5: Mittlere Geschwindigkeit des LV in Fahrtrichtung 1 und 2 für den dritten Fahrstreifen (FS3) je Tempolimit bei Siezenheim (A1) in Abhängigkeit vom Wochentag, (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017).	30
Abbildung 5.6: Verkehrsaufkommen des Leichtverkehrs je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1) in Abhängigkeit vom Wochentag, (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017).	30
Abbildung 5.7: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des LV in Fahrtrichtung 1 und 2 je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017).	31

Abbildung 5.8: Jahresverlauf (Basis Monatswerte) der Geschwindigkeit des LV in Fahrtrichtung 1 und 2 je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2016-04.2017 (Schwarz markierte Monate: Baustellenphase).

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017 und 05.2015-04.2016 mit Änderung von 2015/16 auf 2016/17) und auf der A10 bei Hallein (05.2016-04.2017).	4
Tabelle 2.2: Jahreszeitliche Tempo80-Häufigkeiten auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017 und 05.2015-04.2016).	7
Tabelle 3.1: Tägliche Anzahl Stunden mit Tempo80-Schaltung, Siezenheim A1 (05.2016-04.2017).	15
Tabelle 3.2: Die 19 Tage mit hohen Tempo80-Schaltzeiten (20.5-24 h) bei Siezenheim A1 (05.2016-04.2017). Blau: Tage mit häufigen Tempo80-Schaltungen trotz relativ geringem Verkehr; rot: Samstag unter den Spitzentagen.	17
Tabelle 4.1: Verteilung der Halbstunden mit Pkw-Geschwindigkeit <60km/h je Monat von Juni bis November 2016:	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, (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017) = 2016/17; 05.2015-04.2016 und Testphasen 2013/2014.	22
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, 05.2016-04.2017:	34
Tabelle 6.2: Absolute Kennzahlen der vier Szenarien 'Tempo80 immer', 'Tempo80 nie', 'Tempo80 temporär' und 'Tempo80 Winterhj.' Siezenheim A1, Mai 2016 – April 2017.	35
Tabelle 6.3: Relative Effekte eines permanenten Tempo80 im Vergleich zu permanentem 'Tempo100' bei den real ermittelten Fahrgeschwindigkeiten für 'Tempo80' (85.4 km/h tagsüber bzw. 88.3 km/h nachts) bzw. für 'Tempo100' (94.3 km/h tagsüber bzw. 94.4 km/h nachts), Siezenheim A1, Mai 2016 – April 2017.	36
Tabelle 6.4: Relative Effekte des flexiblen Tempo80-Limits in Bezug auf ein permanentes Tempo80, Siezenheim A1, Mai 2016 – April 2017.	37

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 2016 – April 2017 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 2016 – April 2017 war Tempo80 auf der A1 bei Siezenheim während durchschnittlich **48 %** der Betriebszeit geschaltet. Bei einer Verfügbarkeit der Tempo80-Schaltung von guten 97% entspricht dies rund 47 % der Gesamtzeit. Die folgenden Abschnitte analysieren das Auftreten von Tempo80.

Die Häufigkeit von Tempo80 war am Morgen zwischen 06:30 und 12:00 Uhr und am Abend von 18:30 – 20:30 Uhr mit mehr als 60% am größten, von 8 – 10 Uhr

überstieg sie sogar 80%. Am Morgen zwischen 2 und 4 Uhr war Tempo80 mit weniger als 10% Häufigkeit am seltensten.

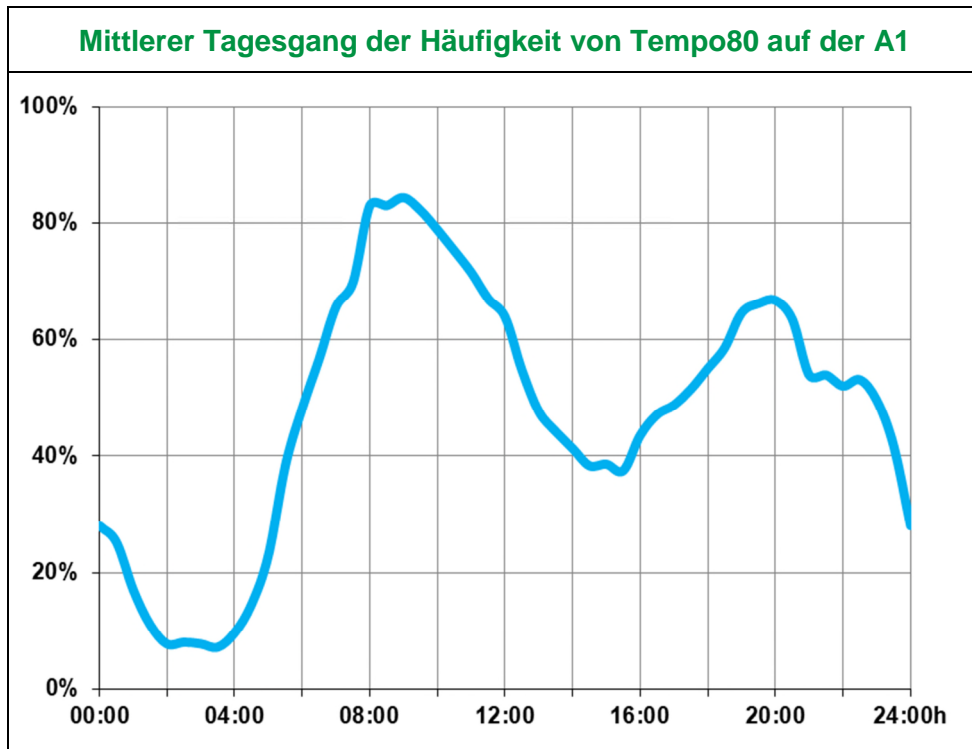


Abbildung 2.1: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017).

Im Jahresverlauf (nächste [Abbildung 2.2](#): Gleitende Wochenmittel) zeigten sich Phasen mit weniger Tempo80-Schaltungen zu Beginn und am Ende des Betriebsjahres (Mai 2016; April 2017). Im Winter (Dezember 2016 – Februar 2017) traten die meisten Tempo80-Schaltungen auf (mit gleitenden Wochenmitteln über täglich 16 Stunden mit Tempo80).

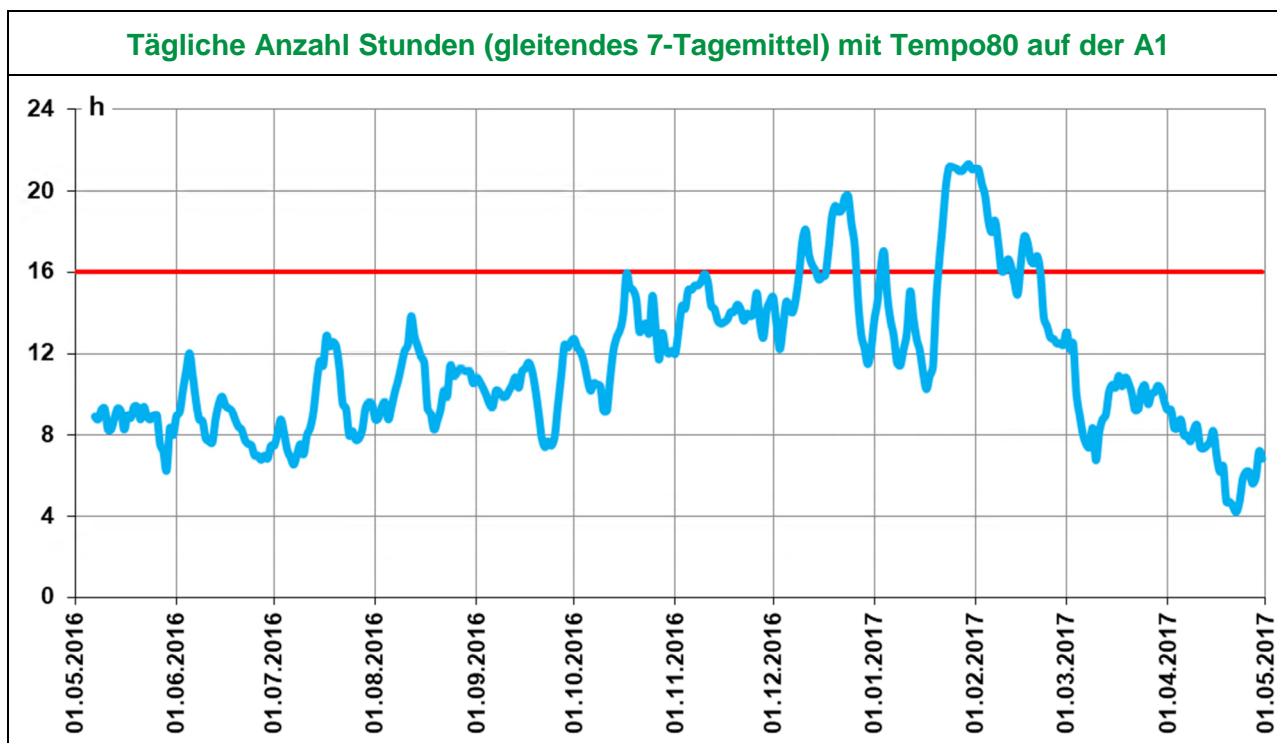


Abbildung 2.2: Tägliche Anzahl Stunden (gleitendes 7-Tagemittel) mit Tempo80 auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017).

2.1.2. Verkehrsaufkommen

Die A1 bei Salzburg wies im Untersuchungsjahr (Mai 2016 – April 2017) einen DTV von rund 76'000 Fahrzeugen auf, 3% weniger als im Vorjahr. Davon waren 83% Pkw und 7% schwere Güterfahrzeuge, letztere haben leicht zugenommen.

Tabelle 2.1: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017 und 05.2015-04.2016 mit Änderung von 2015/16 auf 2016/17) und auf der A10 bei Hallein (05.2016-04.2017).

DTV A1	Lieferwagen	Pkw	Schwere Güterfahrzeuge	Bus	Summe
Siezenheim 05.2016-04.2017	6778	63557	5599	339	76272
05.2015-04.2016	6886	65929	5563	359	78737
<i>Änderung zu 2015/16</i>	<i>-1.6%</i>	<i>-3.6%</i>	<i>+0.7%</i>	<i>-5.7%</i>	<i>-3.1%</i>
Hallein 05.2016-04.2017	4992	45658	4957	352	55959

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 Tagesgang des Verkehrsaufkommens zeigt für die drei Kategorien Pkw, Lieferwagen und schwere Güterfahrzeuge einen raschen Anstieg am Morgen, so dann 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.

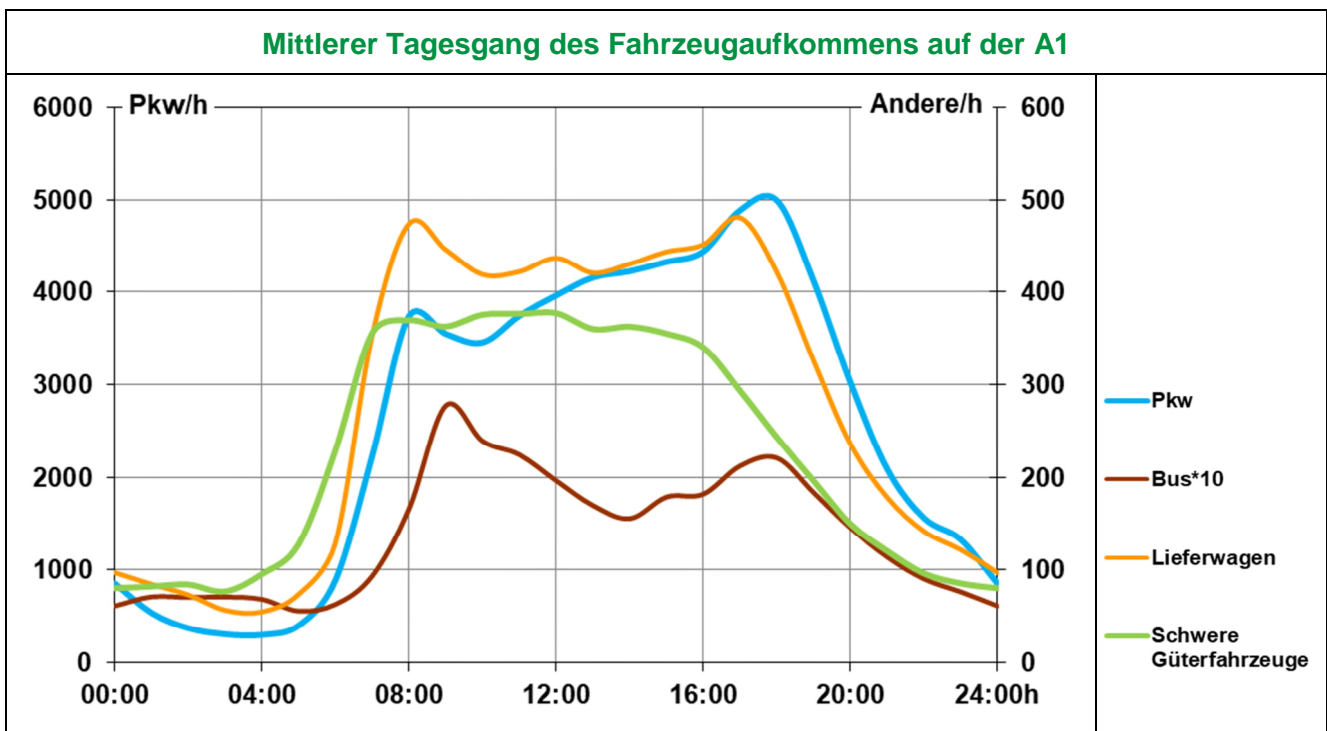


Abbildung 2.3: Mittlerer Tagesgang des Fahrzeugaufkommens je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017).

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 Frühjahr, das Maximum der Stickstoffoxidimmissionen im Winter. Dieser Unterschied liegt in den meteorologischen Ausbreitungsbedingungen begründet; die größere Stagnation der Atmosphäre im Winter hält die geringeren Emissionen länger und damit konzentrierter in Bodennähe als im Sommer. Der Anteil der NO₂-Immissionen an den NO_x-Immissionen ist im Frühjahr und

Sommer wesentlich höher als im Herbst und Winter (die NO₂-Säulen in [Abbildung 2.4](#) sind im Frühjahr und Sommer nur wenig niedrigerer als die NO_x-Säulen, im Herbst und Winter aber deutlich niedriger).

Die Jahreszeiten wurden wie folgt eingeteilt:

Frühjahr: Mai 2016 und März-April 2017;

Sommer: Juni – August 2016;

Herbst: September – November 2016;

Winter: Dezember 2016 – Februar 2017.

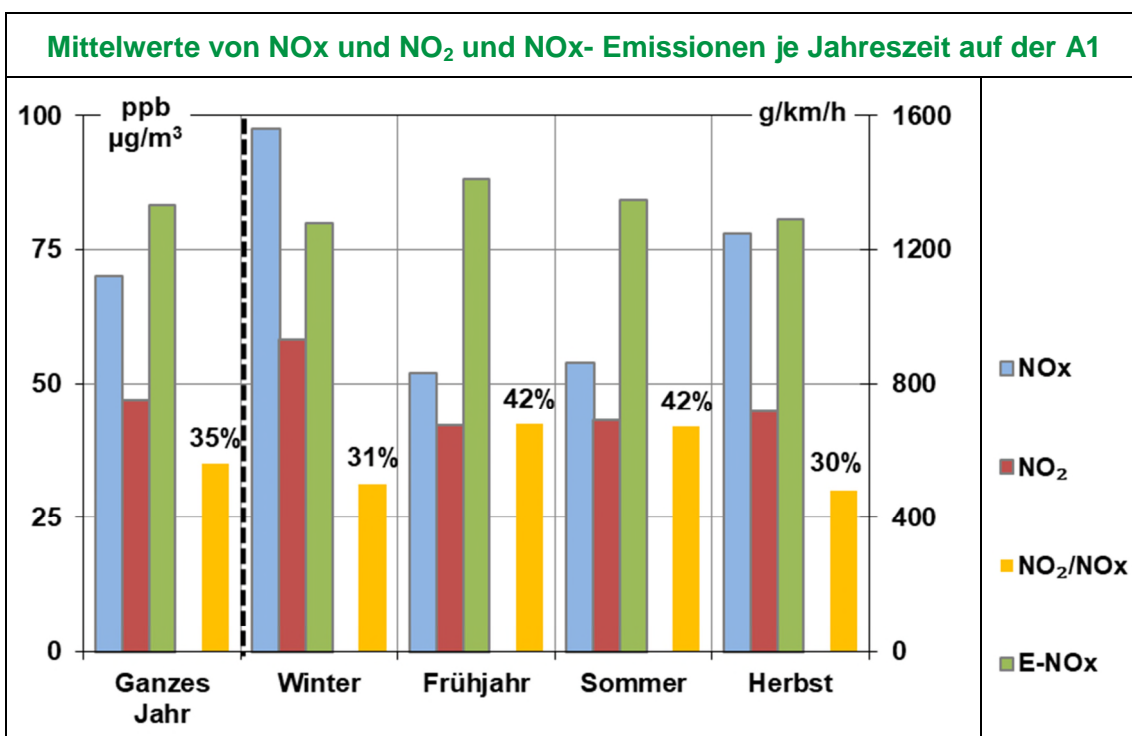


Abbildung 2.4: Mittelwerte der Immissionen an NO_x und NO₂ sowie deren Verhältnis und der NO_x-Emissionen im Jahresmittel und je Jahreszeit bei Siezenheim (05.2016-04.2017).

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, trotz ähnlichen NO_x-Emissionen (s. [Abbildung 2.4](#)). Hingegen waren die Ausbreitungsbedingungen im Winter noch-

mals deutlich schlechter als im Herbst, was eben zur erhöhten Schalzhäufigkeit geführt hat.

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

% Tempo 80	05.2016-04.2017	Vorjahr 05.2015-04.2016
Winter	66%	62%
Frühjahr	35%	36%
Sommer	40%	35%
Herbst	52%	54%
Ganzes Jahr	48%	47%

Die Tempo80-Häufigkeit verlief am Morgen und Abend in allen Jahreszeiten außer dem Winter 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 Schalzhäufigkeit tagsüber infolge meteorologischer Einflüsse).

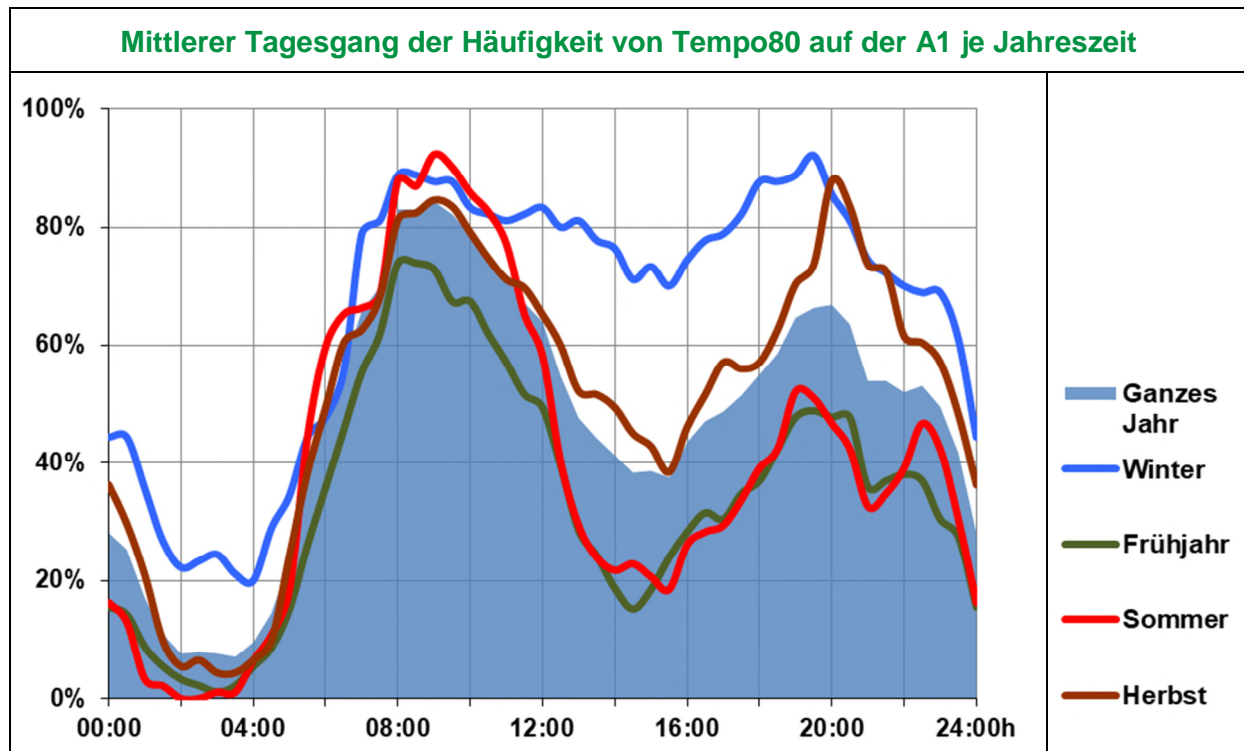


Abbildung 2.5: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 je Jahreszeit auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017).

Im Winter wurde von 11-19 Uhr wesentlich häufiger Tempo80 geschaltet als in den übrigen Jahreszeiten. Im Sommer und Frühjahr war die Schalthäufigkeit von 13 – 16 Uhr besonders tief.

Die monatlichen Tempo80-Häufigkeiten entsprechen dem Bild der gleitenden 7-Tagemittel. Die monatlichen Schalthäufigkeiten schwankten zwischen 27% (April 2017) und 64-68% in den Wintermonaten (Dezember 2016-Februar 2017). Aber auch der November 2016 wies mit 60% eine hohe Tempo80-Schalthäufigkeit auf.

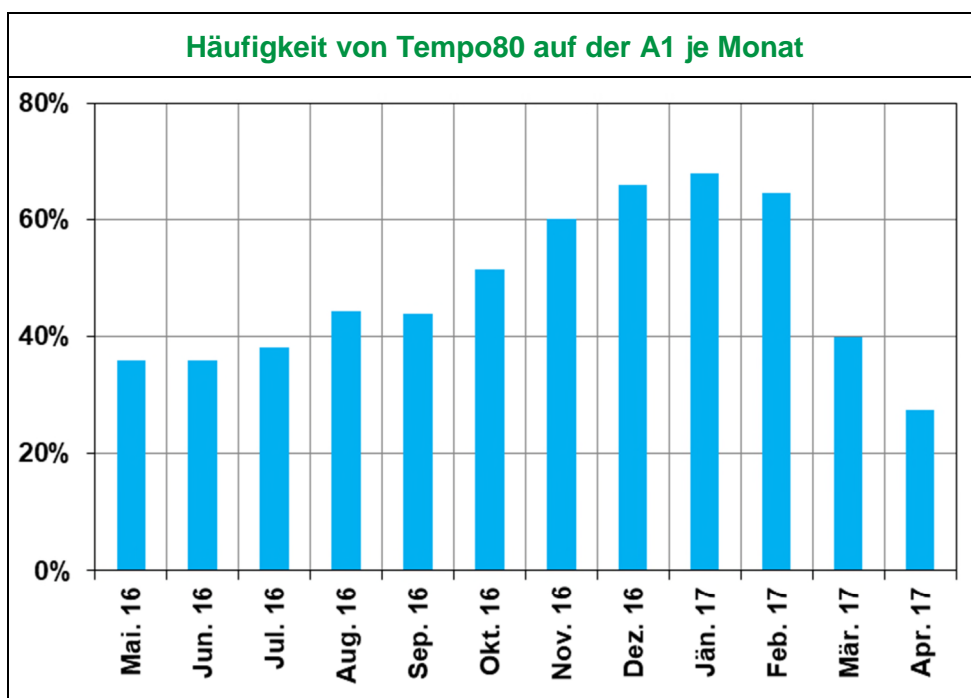


Abbildung 2.6: Häufigkeit von Tempo80 je Monat auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017).

2.2.2. Verkehrsaufkommen

Im Jahresverlauf wurden von Februar-April 2017 am meisten Pkw und Lieferwagen verzeichnet; im Vorjahr war dies noch im Sommer der Fall gewesen. Der schwere Güterverkehr zeigte kein deutliches Maximum, jedoch einen temporären Rückgang im Hochsommer (Urlaubszeit Juli-August) und Dezember/Januar. Das Aufkommen an Bussen war im November 2016 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 im Hochsommer ein ausgeprägtes Maximum.

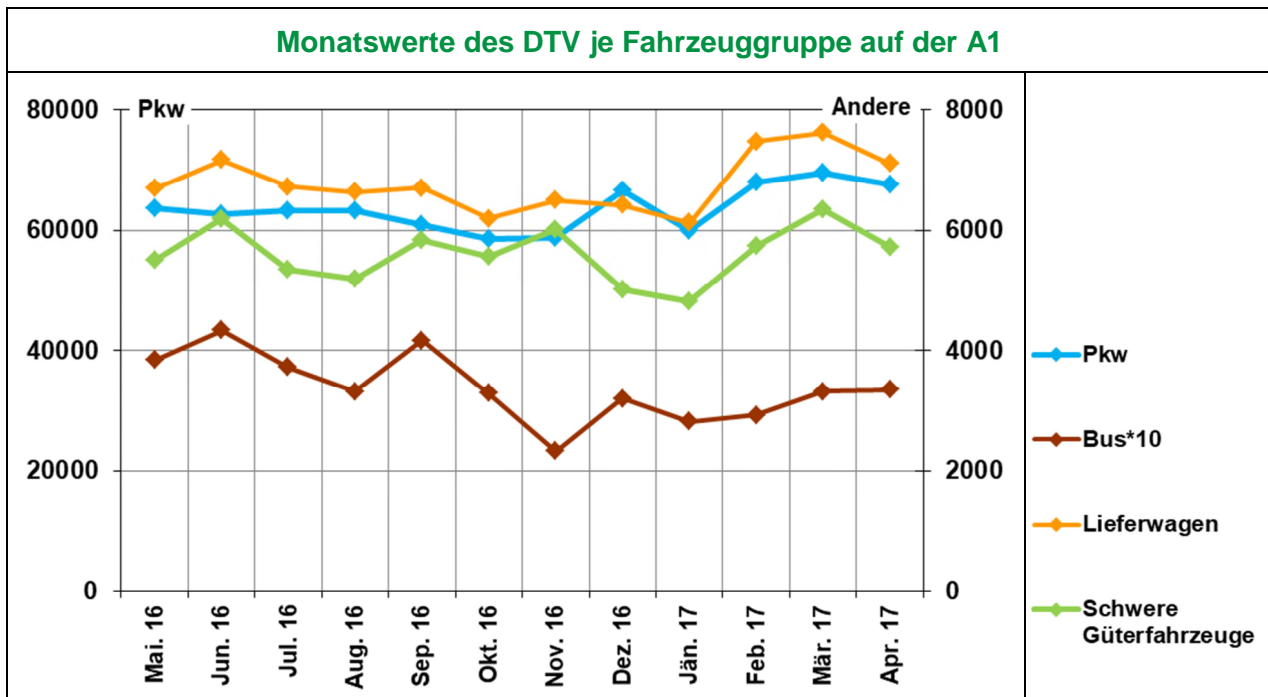


Abbildung 2.7: Monatswerte des DTV je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017).

2.2.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden

Die Gegenläufigkeit von NOx-Emissionen und –Immissionen zeigte sich auch bei den Monatswerten. Die höchsten NOx- und NO₂-Immissionen fanden sich von November 2016 bis Februar 2017 mit Maximum im Januar, die tiefsten im April 2017.

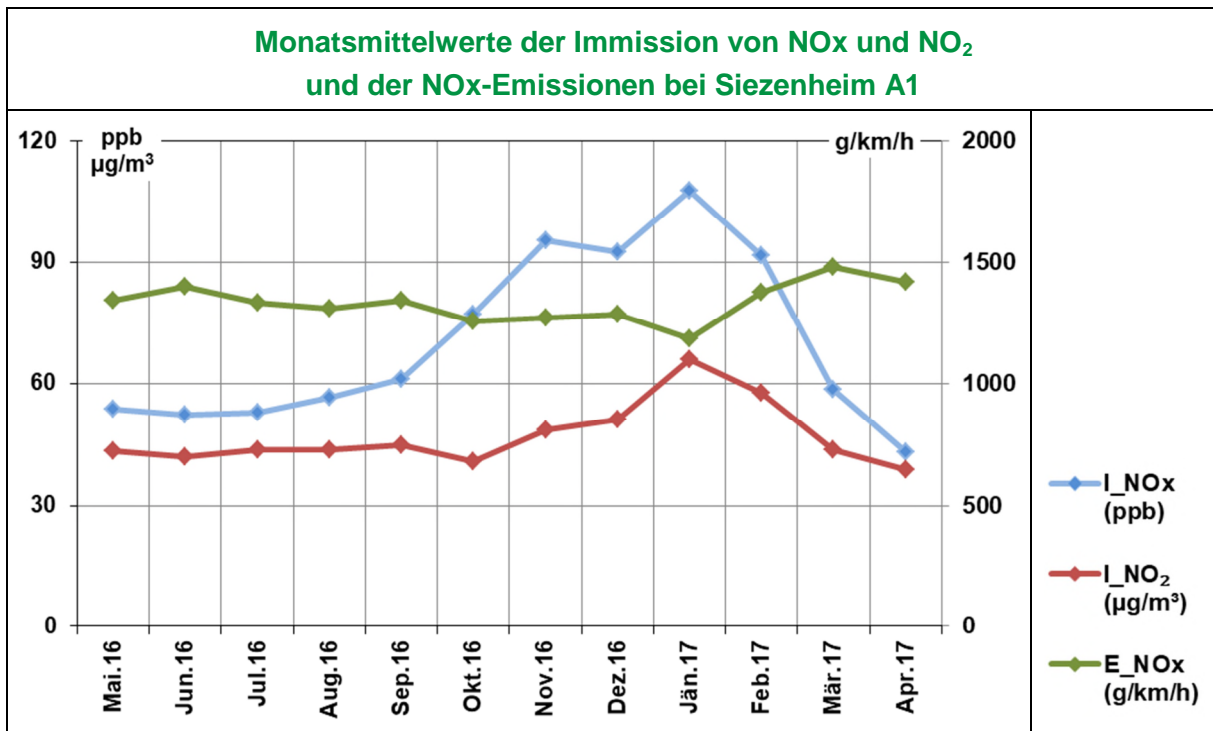


Abbildung 2.8: Monatsmittelwerte der NOx- und NO₂-Immissionen sowie der NOx-Emissionen bei Siezenheim A1 (05.2016-04.2017).

2.3. Wochenverlauf

2.3.1. Tempo 80

Die Tempo80-Schaltungen wiesen am Freitag die größten Häufigkeiten auf, gefolgt von Montag und Donnerstag. Am Sonntag waren sie nur etwa zwei Drittel so hoch.

Der Tagesgang der Tempo80-Häufigkeit nach Wochentagstyp weist doch einige deutliche Unterschiede zum Vorjahr auf:

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

Hierbei handelt es sich um ganzjährige Mittelwerte.

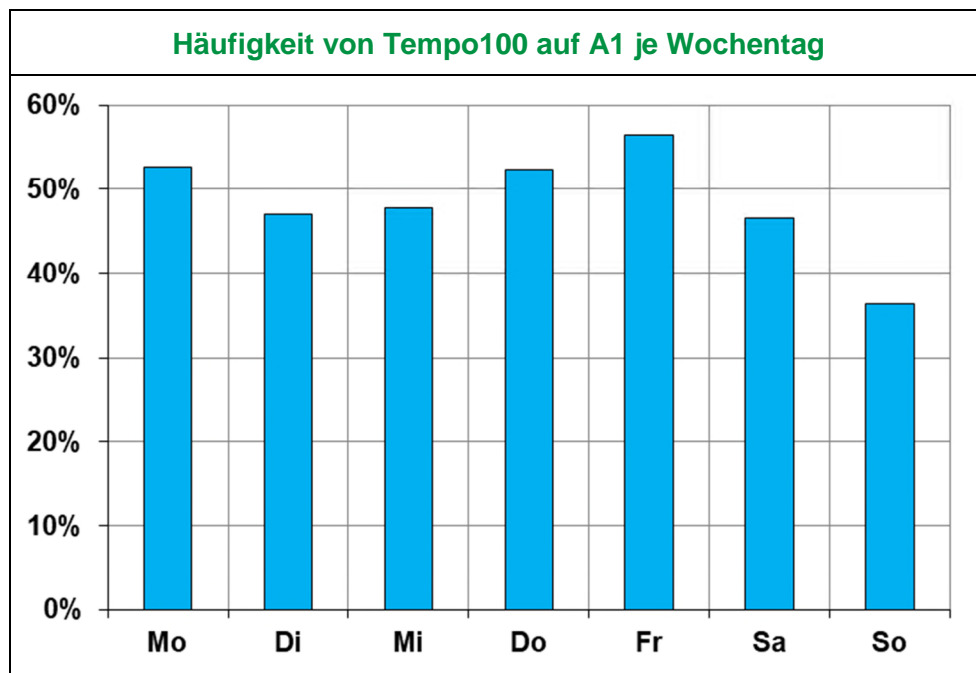


Abbildung 2.9: Häufigkeit von Tempo80 je Wochentag auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017).

In beiden Betriebsjahren erfolgte die Morgenspitze der Tempo80-Häufigkeit samstags etwas später als montags-freitags, erreichte aber etwa das gleiche Ausmaß.

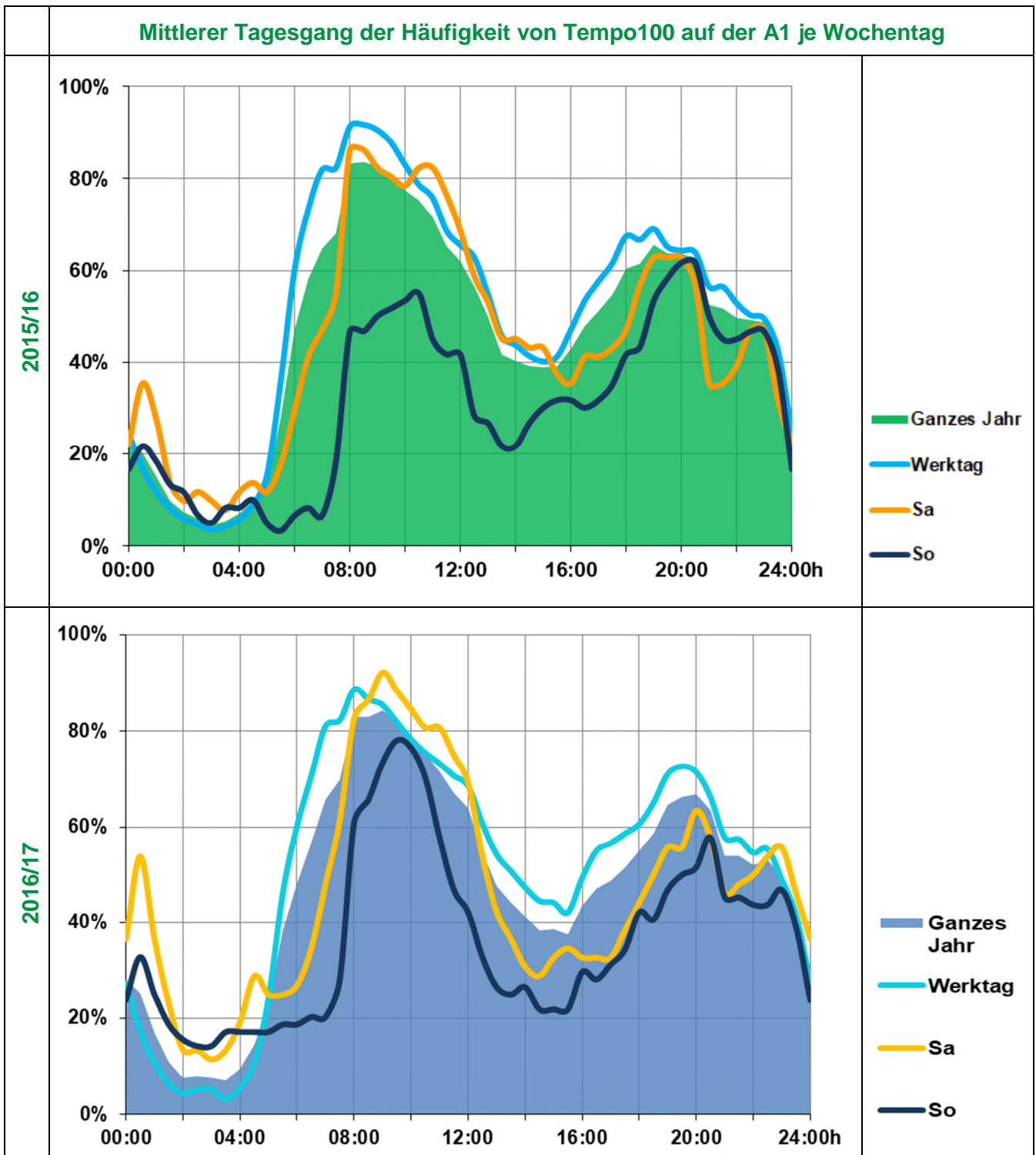


Abbildung 2.10: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo80 je Wochentagstyp auf der A1 bei Siezenheim, 05.2016-04.2017 (unten) bzw. 05.2015-04.2016 (oben).

2.3.2. Verkehrsaufkommen

Alle Fahrzeugkategorien mit Ausnahme der Busse wiesen sonntags das geringste Aufkommen auf. Lieferwagen und schwere Güterfahrzeuge wiesen zudem samstags das zweittiefste Aufkommen auf. 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.

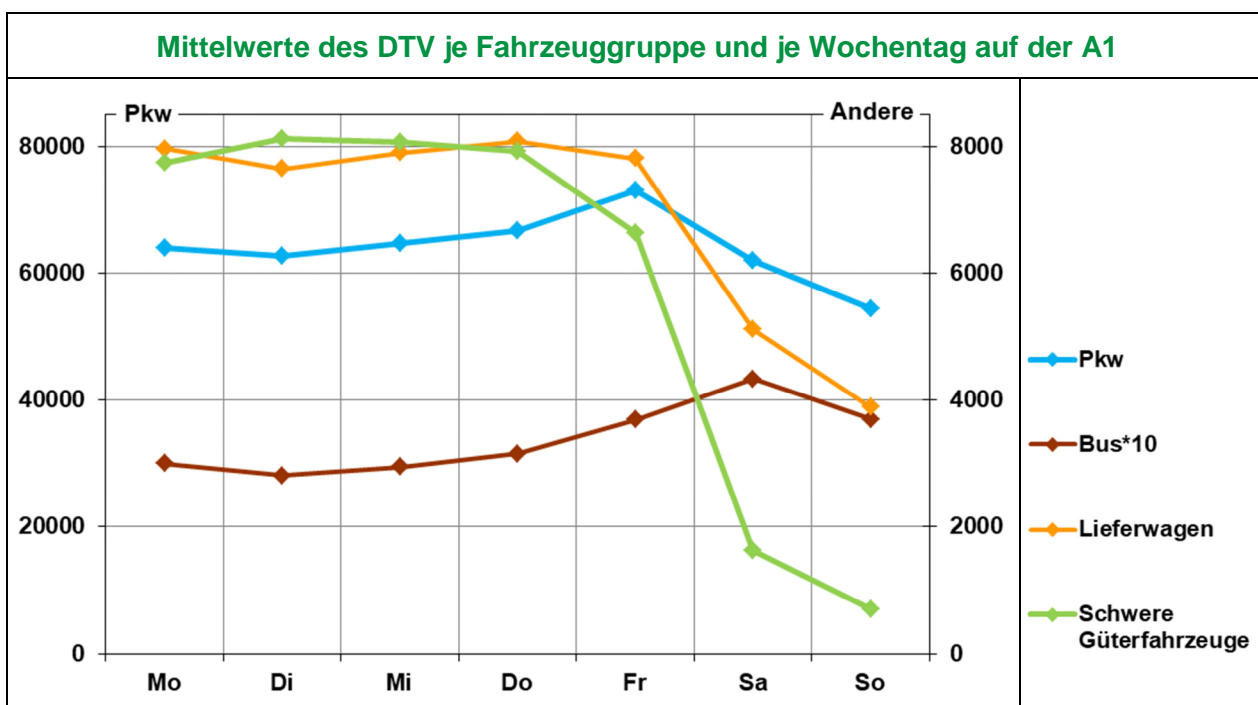


Abbildung 2.11: DTV je Wochentag auf der A1 bei Siezenheim (05.2016-04.2017).

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 höher als diejenige der 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-Immission ab.

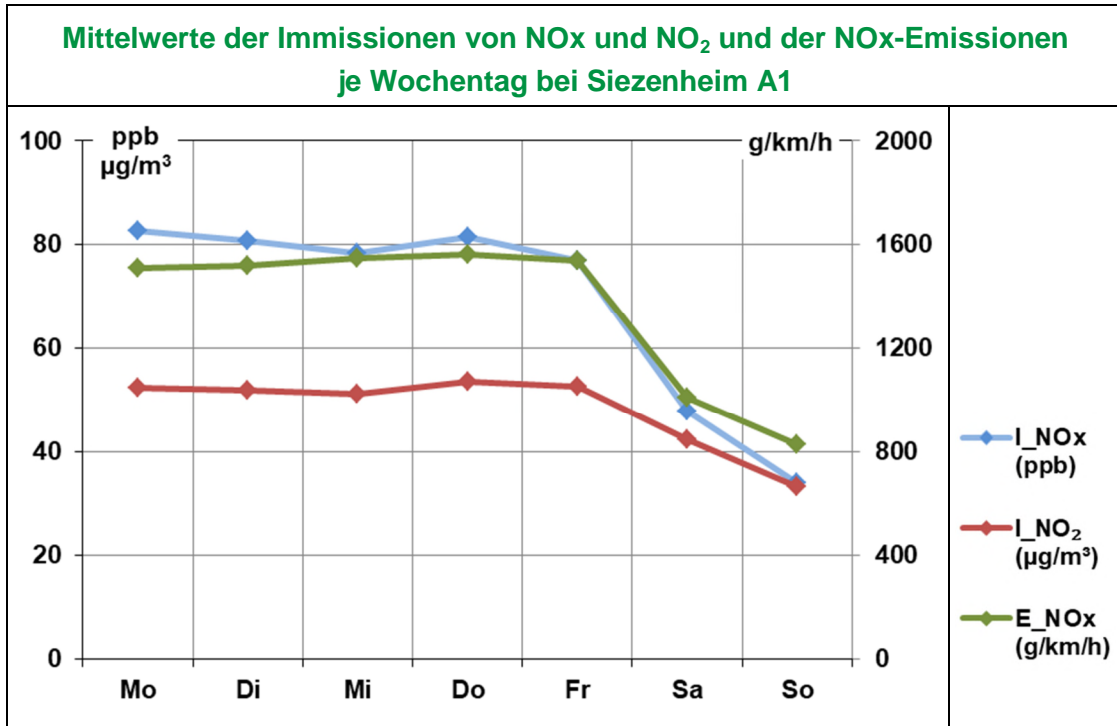


Abbildung 2.12: Mittelwerte der Immissionen von NO_x und NO₂ sowie der NO_x-Emissionen (E-NO_x) je Wochentag bei Siezenheim A1 (05.2016-04.2017).

3. Dokumentation der täglichen Schaltzeiten

In der folgenden Tabelle werden alle täglichen Schaltzeiten von Tempo80 im Betriebsjahr 2016/17 dokumentiert.

Tabelle 3.1: Tägliche Anzahl Stunden mit Tempo80-Schaltung, Siezenheim A1 (05.2016-04.2017).

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

An keinem Tag fiel die Schaltung vollständig aus. An insgesamt 261 Stunden fiel sie aus, dies ist eine gute Verfügbarkeit von 97.0%.

Die monatliche Verteilung der Tage mit "extremen" Schaltzeiten (0 - 2.5 h bzw. 20.5 - 24 h Schaltzeit) folgte grundsätzlich der allgemeinen Verteilung der Schaltzeiten: Sehr hohe tägliche Schaltzeiten fanden wir vor allem im Januar 2017, tiefe vor allem im Mai 2016 und April 2017.

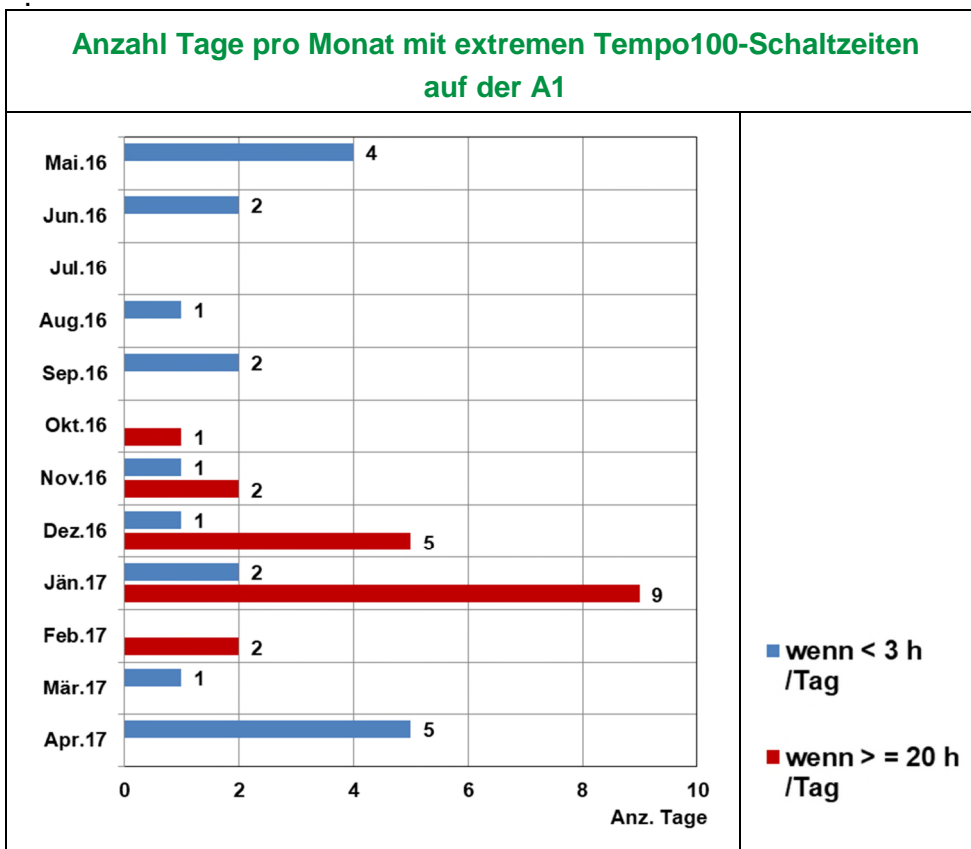


Abbildung 3.1: Anzahl Tage pro Monat mit extremen Tempo80-Schaltzeiten, Siezenheim (05.2016-04.2017).

Bei den 19 Tagen mit hohen Schaltzeiten (>20-24 h) handelte es sich um Tage von Ende November 2016 bis Mitte Februar 2017 plus den 14.10.2016. Dabei handelte es sich um 11 Werktage (Montag – Freitag), 4 Samstage und 4 Sonntage. An 15 der 19 Tage war das Verkehrsaufkommen unterdurchschnittlich (weniger als der Jahres-DTV). Dass trotzdem so lange Schaltzeiten auftraten, lag an entsprechenden meteorologischen Ausbreitungsbedingungen und an den Wochenenden an der tageszeitlichen Verteilung des Verkehrs mit höheren Anteilen am Mittag/Nachmittag und in der Nacht.

Tabelle 3.2: Die 19 Tage mit hohen Tempo80-Schaltzeiten (20.5-24 h) bei Siezenheim A1 (05.2016-04.2017). Blau: Tage mit häufigen Tempo80-Schaltungen trotz relativ geringem Verkehr; rot: Samstage unter den Spitzentagen.

Tag	Datum	Pkw-Aufkommen	Tempo80-Schaltzeit [h]
Fr	14.10.2016	67403	22
Di	29.11.2016	64659	21
Mi	30.11.2016	67850	21
Do	08.12.2016	65912	23
So	18.12.2016	51833	22
Do	22.12.2016	79872	21
Fr	23.12.2016	81144	24
Sa	31.12.2016	45432	23
So	01.01.2017	42730	23
Fr	20.01.2017	78600	24
Sa	21.01.2017	70823	24
So	22.01.2017	53938	23
Mo	23.01.2017	62730	23
Fr	27.01.2017	74620	23
Sa	28.01.2017	68094	24
So	29.01.2017	53855	24
Mo	30.01.2017	63813	24
Sa	11.02.2017	78108	24
Mi	15.02.2017	68234	23

4. Effektive Fahrgeschwindigkeiten auf der A1 bei Salzburg

In diesem Kapitel werden die mittleren Fahrgeschwindigkeiten auf der A1 bei Siezenheim vom Mai 2016 – April 2017 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.

Im Winter gibt es bisweilen witterungsbedingt Phasen mit verringerten Fahrgeschwindigkeiten. Dieses Betriebsjahr jedoch war vor allem von einer Baustelle vom 20.6. – 25.11.2016 geprägt. Außerhalb dieser Phase variierten die Geschwindigkeitsbereiche jedoch wenig (s. [Abbildung 4.1](#)). Der Anstieg der Untergrenze des täglichen Geschwindigkeitsbereichs ist jedoch zu sehen.

Neu wurden mit der Fahrzeuganzahl gewichtete Häufigkeitsverteilungen der Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit ermittelt.

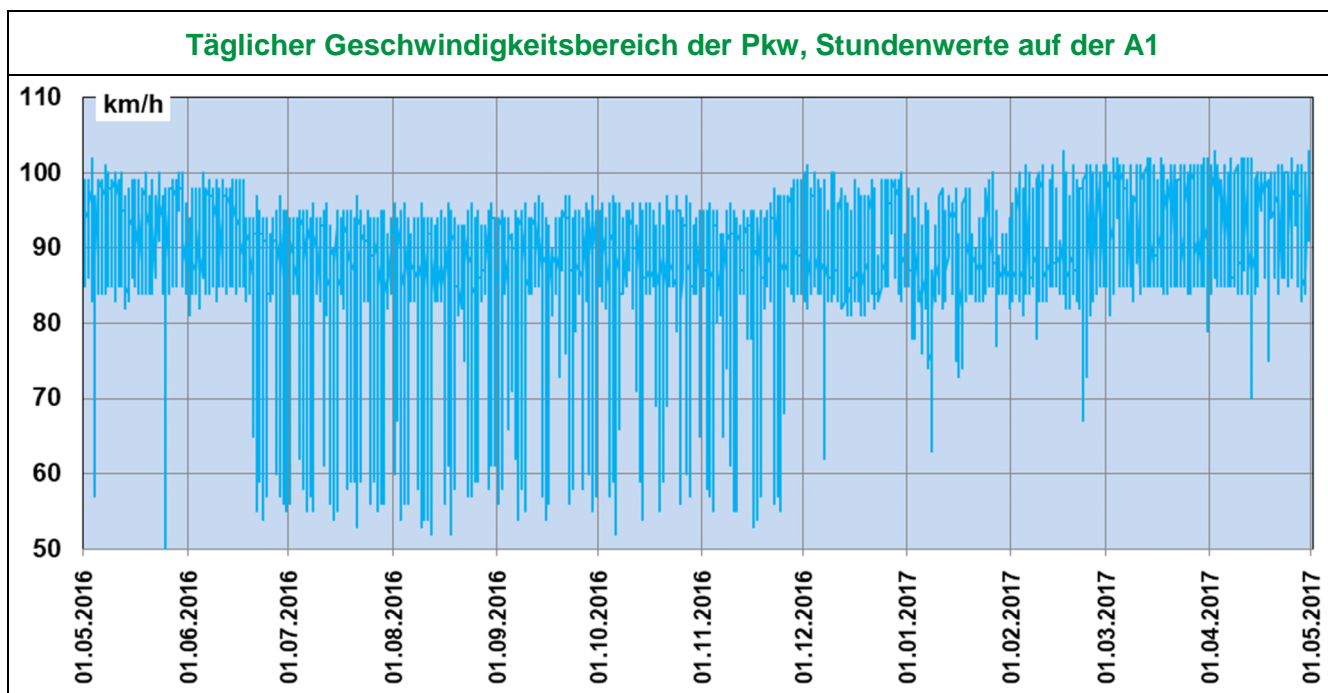


Abbildung 4.1: Täglicher Geschwindigkeitsbereich der Pkw auf der Basis der Stundenwerte, Siezenheim A1 (05.2016-04.2017).

Die Baustelle vom 20.6. – 25.11.2016 ist deutlich zu sehen. Sie hat zu untypischen Geschwindigkeiten geführt. Für alle charakteristischen Geschwindigkeiten (Tagesgänge, insbesondere auch die Geschwindigkeiten in den Szenarien zur Ermittlung der lufthygienischen Effekte des flexiblen Tempo80) wurde deshalb diese Baustellenphase weggelassen.

Tabelle 4.1: Verteilung der Halbstunden mit Pkw-Geschwindigkeit <60km/h je Monat von Juni bis November 2016:

	Anzahl Halbstunden v-Pkw <60 km/h
Juni	38
Juli	114
August	106
September	56
Oktober	32
November	32
Total Juni-November	378
Total Betriebsjahr	384

Auch die Zeiten mit tiefen Geschwindigkeiten < 60 km/h ereigneten sich ganz überwiegend während der Baustellenphase (nur 6 Halbstunden außerhalb dieser Phase).

Die nächste Abbildung zeigt mit der Fahrzeuganzahl gewichtete Häufigkeitsverteilungen der Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit. Die Häufigkeitsverteilungen unterscheiden sich deutlich nach dem Tempolimit. Die häufigsten Fahrgeschwindigkeiten sind 94 km/h bei Tempo 100 und 84 km/h bei Tempo 80. Nur wenige Stundenwerte betragen über 100 km/h bei Tempo 100 und über 92 km/h bei Tempo 80. Über das Fahrverhalten einzelner Pkw ist damit nichts ausgesagt, die Basis dieser Auswertung sind Stundenmittelwerte der Pkw-Fahrgeschwindigkeit.

Die Verteilung ist bei Tempo130 deutlich breiter als bei Tempo100.

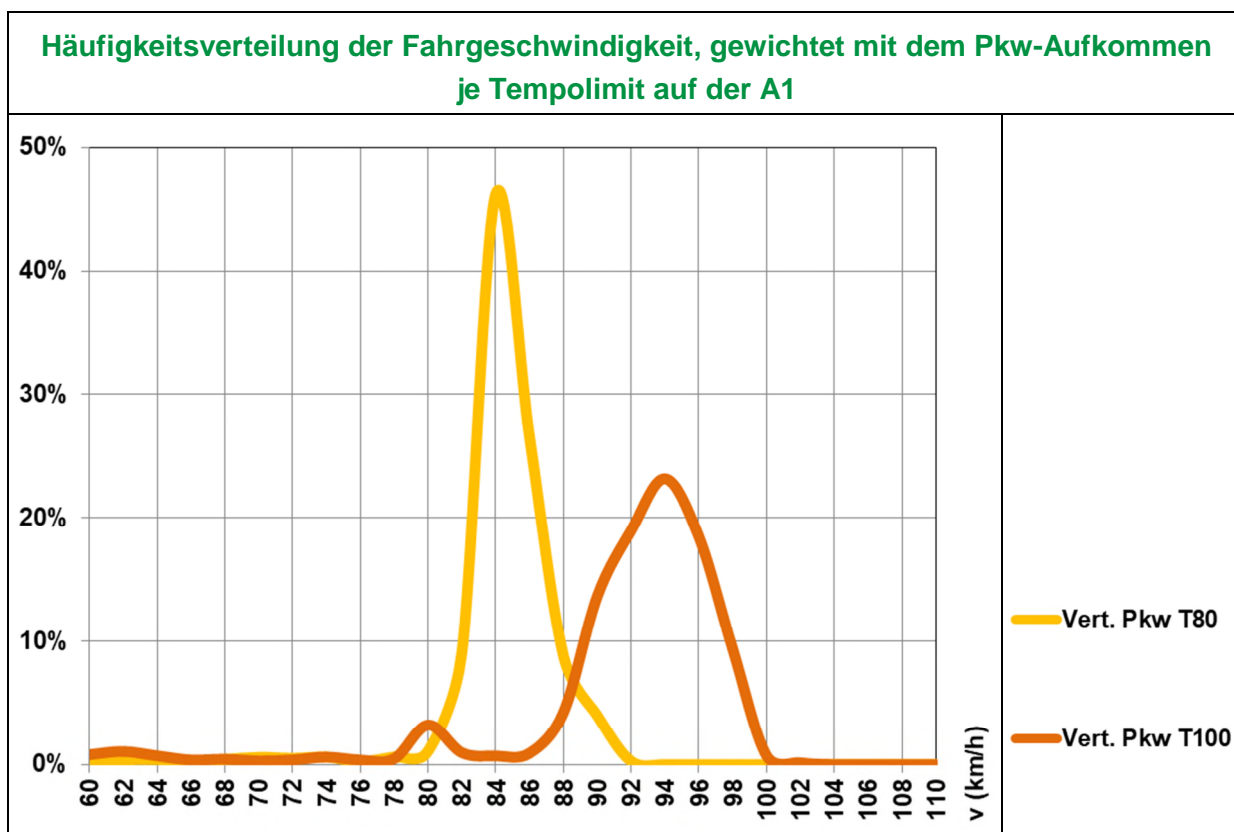


Abbildung 4.2: Mit dem Pkw-Aufkommen gewichtete Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit auf der A1 bei Siezenheim, Basis Stundenwerte (05.2016-04.2017).

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.

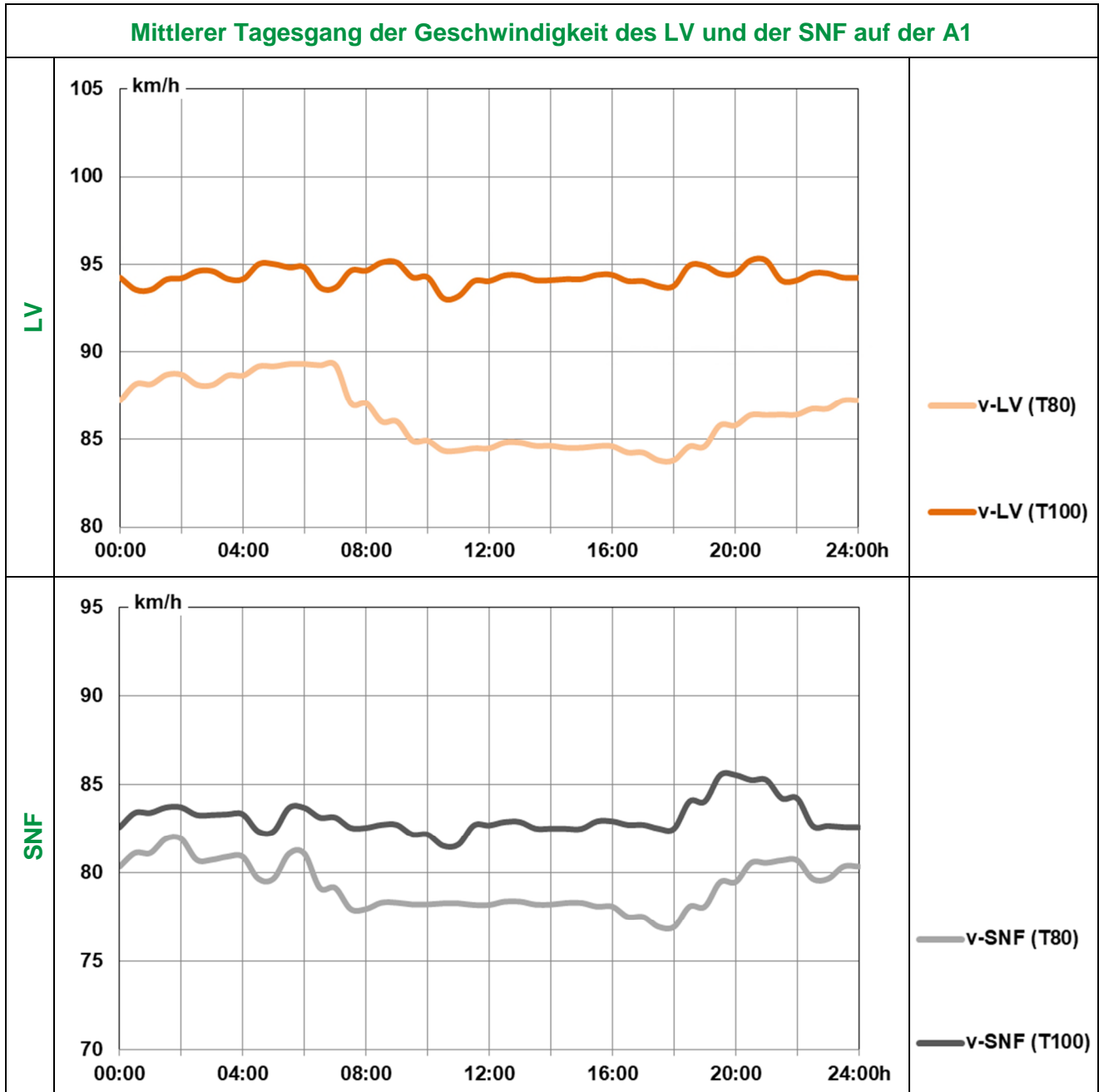


Abbildung 4.3: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (oben) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; unten) auf der A1 bei Siezenheim (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017).

Monatsmittel der Fahrgeschwindigkeit

Die im Folgenden dargestellten Monatsmittelwerte beziehen sich nur auf die Tagesstunden von 6 – 22 Uhr. Ein Trend kann aufgrund der langen Baustellenphase nicht ausgemacht werden.

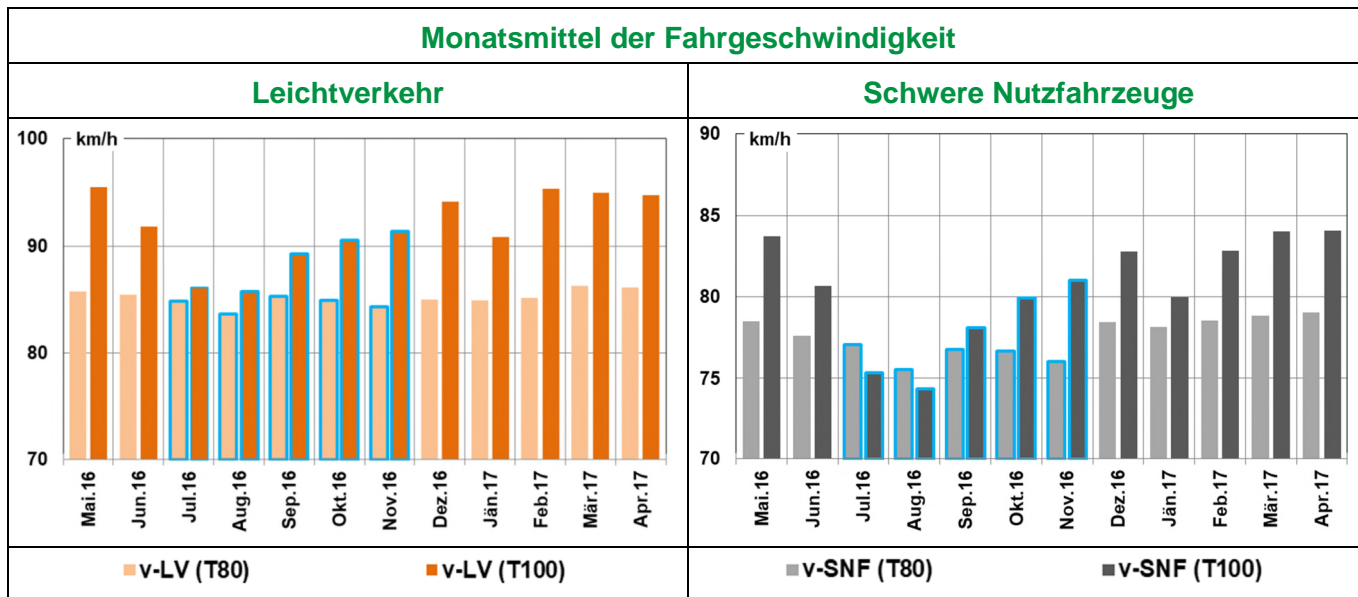


Abbildung 4.4: Monatswerte der mittleren gemessenen Fahrgeschwindigkeit von 6-22 Uhr des Leichtverkehrs (LV; links; mit Trendlinien) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; rechts) auf der A1 bei Siezenheim, 05.2016-04.2017. Blau umrandete Säulen: Baustellenphase.

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 vergangenen Testphase und des letzten Betriebsjahres angegeben.

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

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 4.2](#) angeführten Geschwindigkeiten werden zur Abschätzung der lufthygienischen Wirksamkeit der Tempo80-Schaltung verwendet; dabei wurde die Baustellenphase weggelassen. Durch das Tempolimit wurde also im aktuellen Betriebsjahr tagsüber eine Geschwindigkeitsreduktion um **8.9 km/h** (Vorjahr: 9.3 km/h) erreicht. **Im Vergleich zur Testphase ist die Geschwindigkeit bei Tempo100 etwa gleich geblieben, diejenige bei Tempo80 hat sich aber im Mittel um gut 3 km/h erhöht.** Diese Erhöhung muss als deutlich bezeichnet werden.

Man könnte theoretisch meinen, dass die **Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Leichtverkehr und Schwerverkehr** 0 bei Tempo80 und 20 km/h bei Tempo100 sei. Dem ist in Realität nicht so: Die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Leichtverkehr und Schwerverkehr betrug tagsüber bei Tempo80 im Mittel 7.4 km/h, bei Tempo100 11.1 km/h, **bei Tempo100 war sie also nur um 3.7 km/h höher als bei Tempo80.** Für die diesbezügliche Betrachtung der bei Einfahrten wichtigen ersten Fahrspur wird auf Kapitel 5 verwiesen.

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

In diesem Kapitel werden die Verkehrsverhältnisse (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 Grafik entspricht dabei den realen Verhältnissen: Außen liegen die jeweils rechten Fahrspuren (FS1).

Im aktuellen Betriebsjahr gab es eine lange Baustellenphase vom 20.06. – 25.11.2016 mit untypischen Fahrgeschwindigkeiten und Verkehrsverteilungen. In diesem ganzen Kapitel wird diese Phase deshalb weggelassen.

Die Fahrzeugverteilung auf den je Richtung drei Fahrspuren kann je Tempolimit nicht direkt verglichen werden, da bei Tempo80 insgesamt mehr Fahrzeuge unterwegs waren (etwa 60% des Gesamtverkehrs im Betriebsjahr). Es zeigt sich wie schon in der Testphase die Tendenz, dass bei Tempo80 ein höherer Anteil auf der rechten Spur (FS1) fuhr. Dies ist nun auch beim Schwerverkehr (SV) der Fall, im Unterschied zur Testphase.

In [Abbildung 5.2](#) wird die *prozentuale* Verteilung des LV auf die drei Spuren je Richtung von den Betriebsjahren 2015/16 und 2016/17 mit der Testphase 2014 verglichen. In den Betriebsjahren fuhr ein etwas größerer Anteil auf der dritten Spur und ein etwas kleinerer auf der rechten Spur. Zwischen den beiden Betriebsjahren ist praktisch kein Unterschied auszumachen, außer dass der Anteil auf der dritten Spur noch ein klein wenig gewachsen ist.

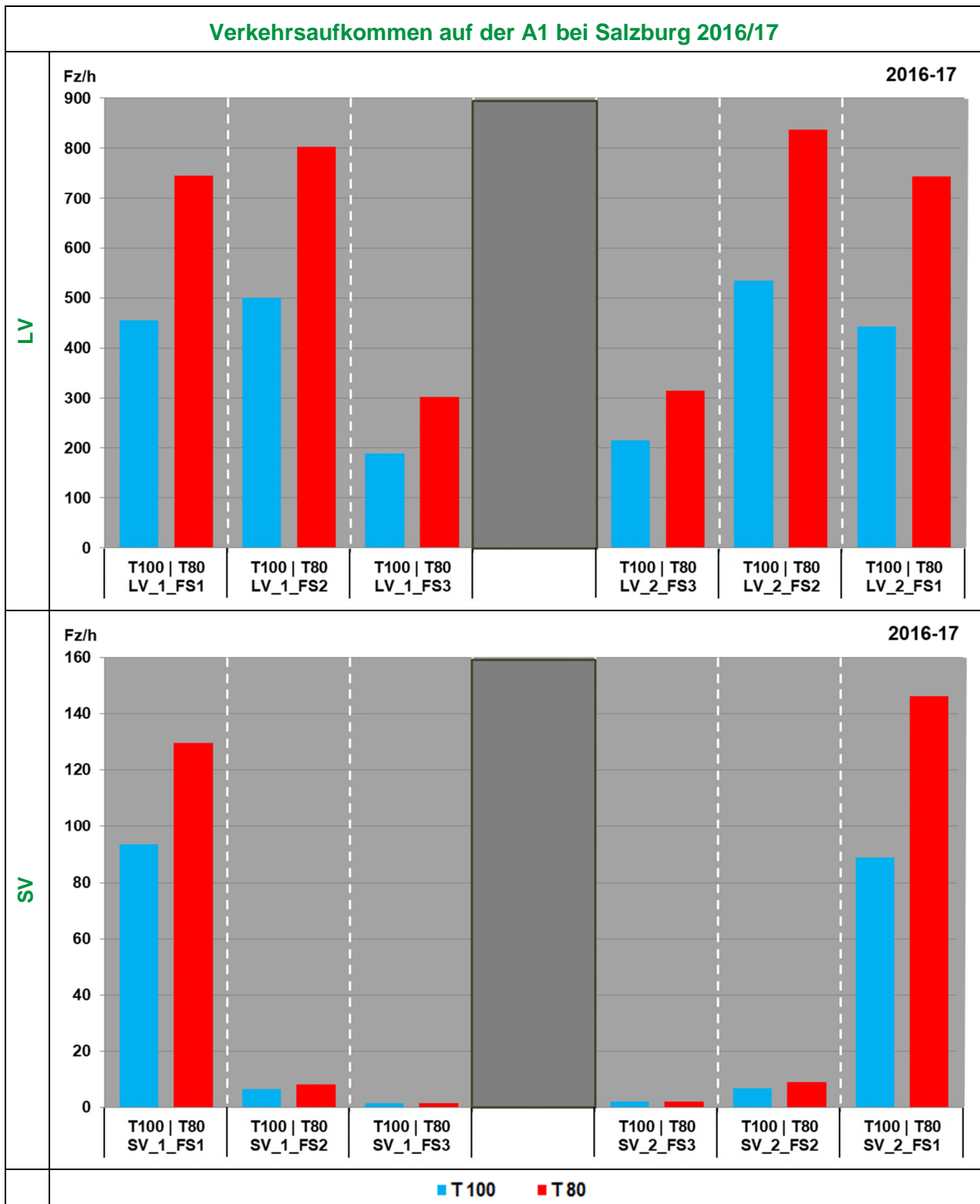


Abbildung 5.1: Aufkommen des Leichtverkehrs (LV; oben) bzw. des Schwerverkehrs (SV; unten) je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017).

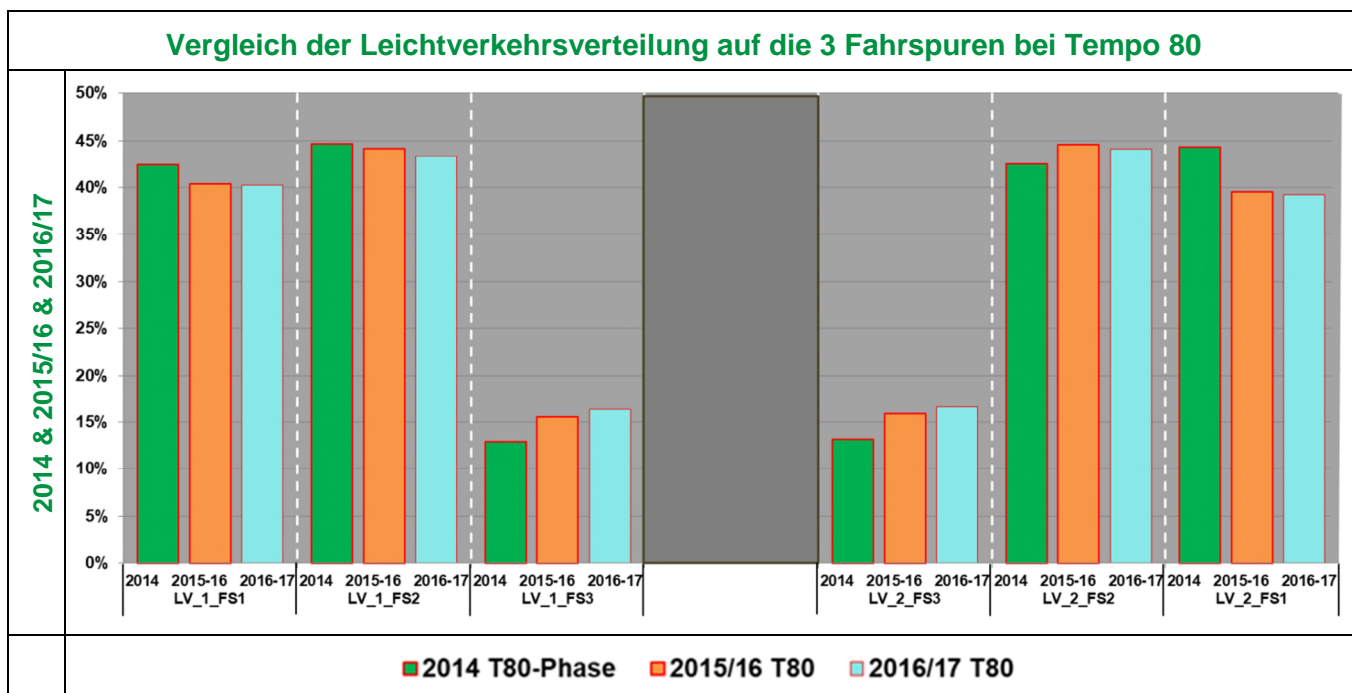


Abbildung 5.2: Prozentuale Verteilung des Leichtverkehrs (LV) je Fahrstreifen und Richtung bei Tempo80, Testphase 2014 sowie 2015/16 (05.2015-04.2016) und 2016/17 (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017), Siezenheim (A1).

Die Betrachtung der Fahrgeschwindigkeiten über die sechs Fahrspuren ist sehr aufschlussreich. Basis sind die Stundenmittelwerte der Geschwindigkeiten. Neben 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 (97 bzw. 99 km/h je Richtung). Die Geschwindigkeitsunterschiede von der ersten bis zur dritten Fahrspur sind groß, betragen im Mittel bis zu 20 km/h. Bei Tempo80 betragen die Mittelwerte von 1% der Stunden auf der dritten Spur mehr als 120 km/h, in beiden Richtungen. 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. 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 die zusätzliche Emission des zu schnellen Fahrzeugs selbst weniger bedeutend; solche Fahrzeuge zwingen vielmehr andere Fahrzeuge auf den rechts liegenden Streifen und verursachen durch zusätzliche Brems- und Beschleunigungsmanöver mehr Zusatzemissionen. 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 8-10 km/h langsamer gewesen als der Leichtverkehr, bei Tempo80 um 3 km/h.

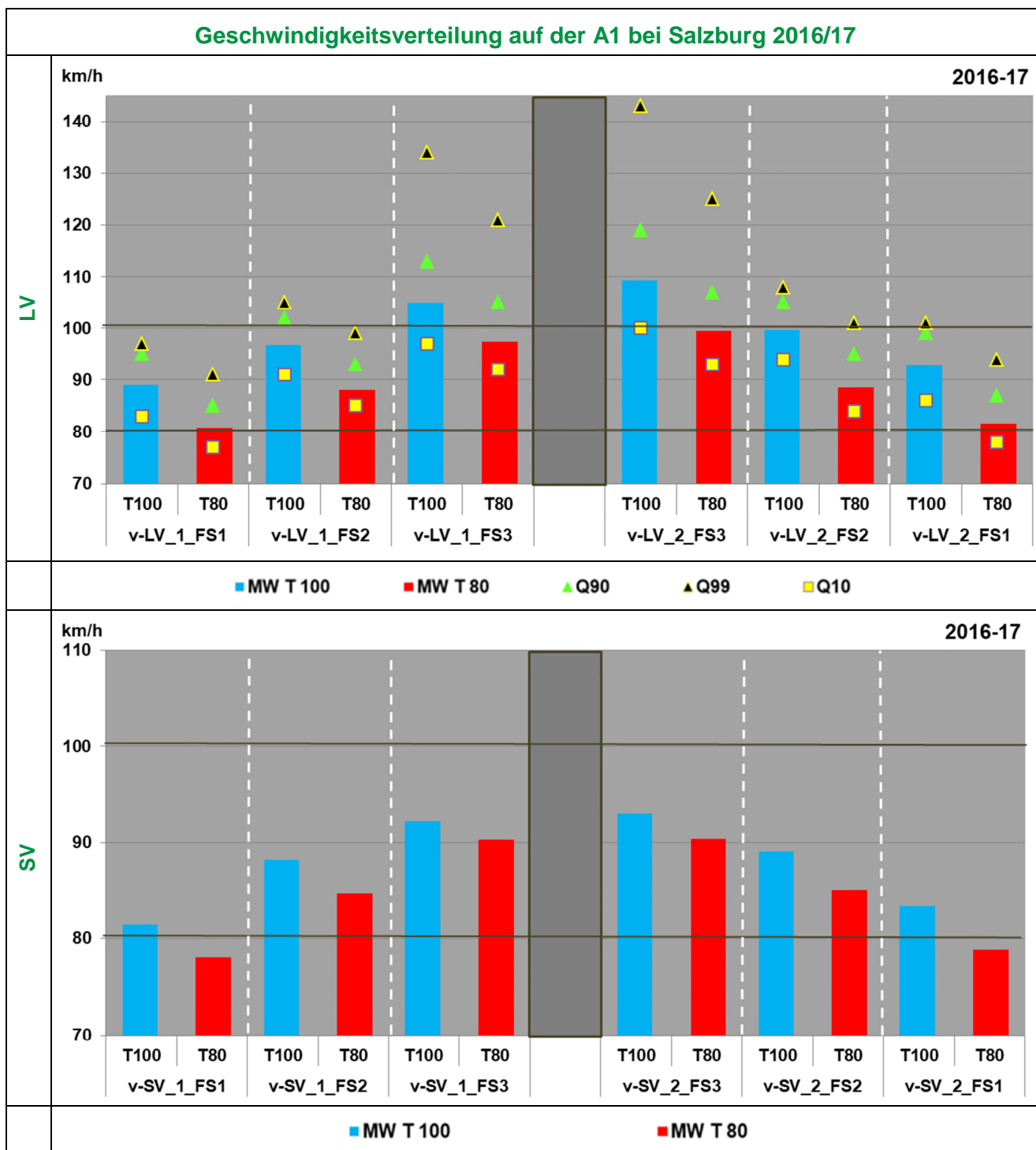


Abbildung 5.3: Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (LV; oben) bzw. des Schwerverkehrs (SV; unten) je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017).

Im Vergleich mit der Tempo80-Testphase im 2014 zeigt sich, dass der Leichtverkehr auf den FS1 im Mittel etwa gleich schnell fuhr wie in den beiden letzten Be-

triebsjahren. Auf den FS2 fuhr er in den beiden letzten Betriebsjahren leicht schneller, auf den FS3 deutlich schneller als während der Testphase im 2014. Im aktuellen Betriebsjahr ist er bei Tempo80 in Richtung 1 (gegen Walserberg) nochmals etwas schneller geworden auf der FS3.

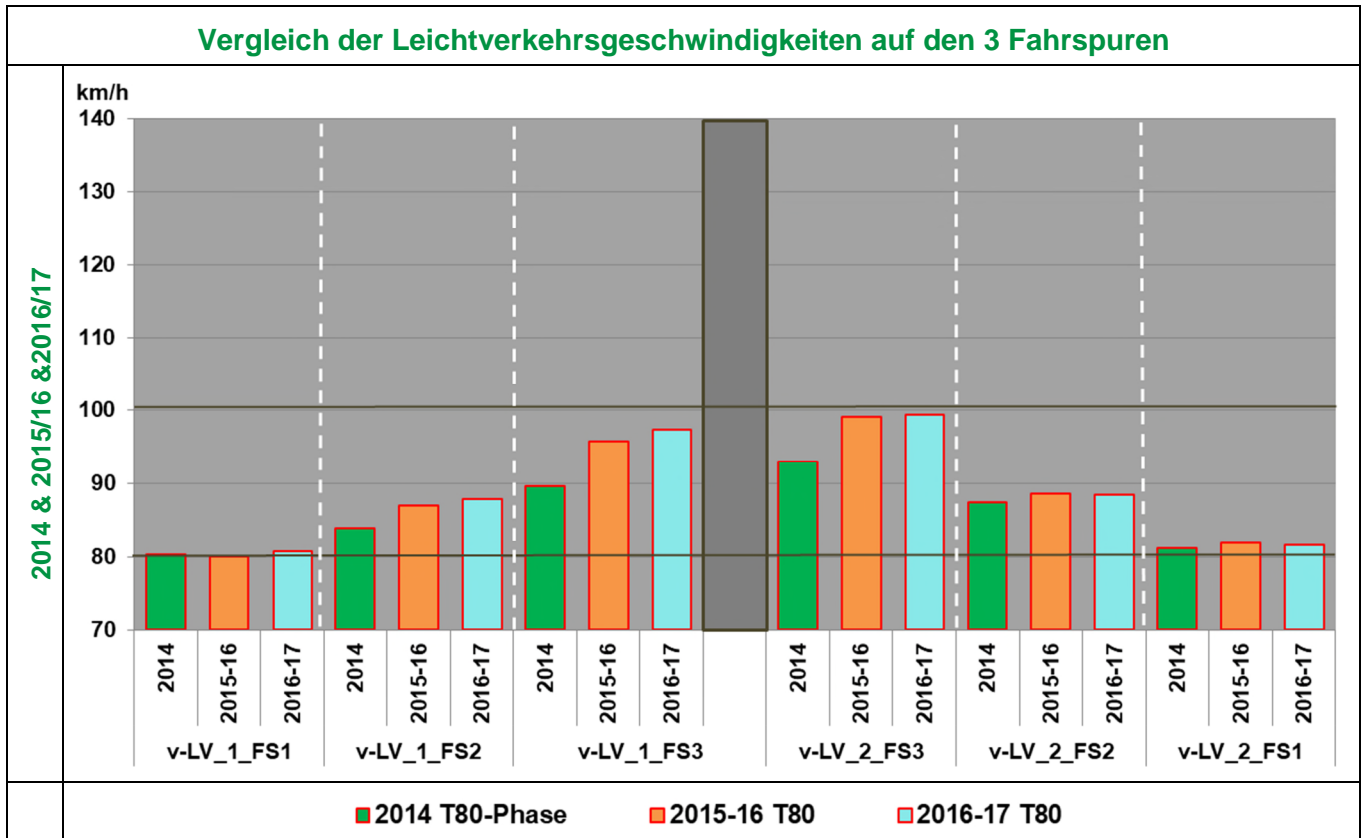


Abbildung 5.4: Vergleich der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (LV) bei Tempo80 je Fahrstreifen bei Siezenheim (A1), Testphase 2014 sowie 2015/16 (05.2015-04.2016) und 2016/17 (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017).

Bei Tempo100 ist der Schwerverkehr im Betriebsjahr deutlich langsamer gefahren als während der Tempo100-Testphase, vor allem auf den dritten Spuren.

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

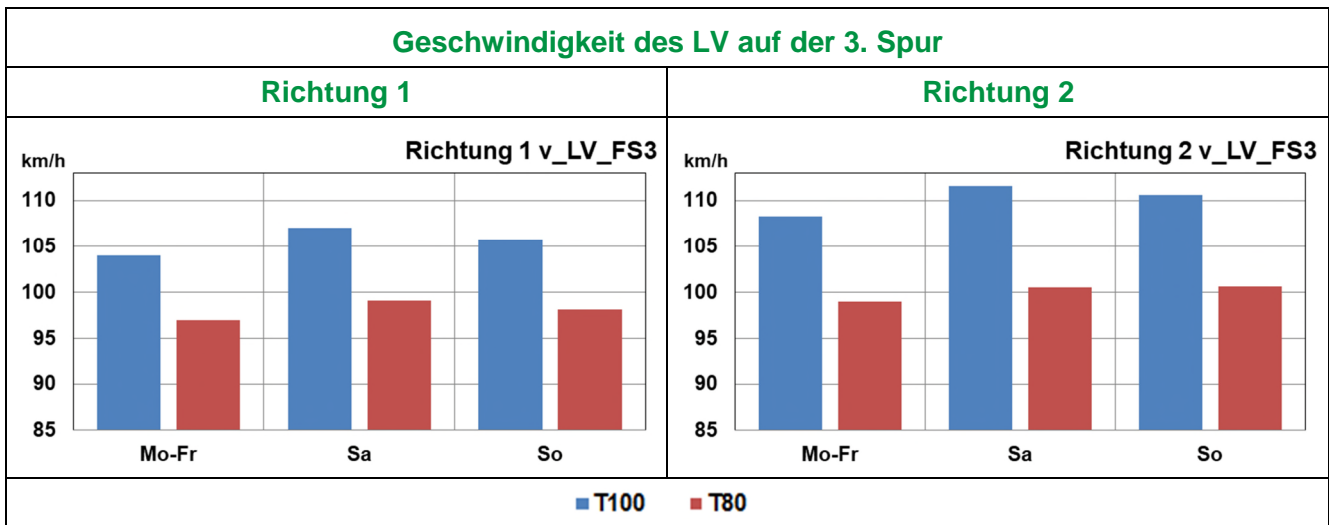


Abbildung 5.5: Mittlere Geschwindigkeit des LV in Fahrtrichtung 1 und 2 für den dritten Fahrstreifen (FS3) je Tempolimit bei Siezenheim (A1) in Abhängigkeit vom Wochentag, (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017).

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

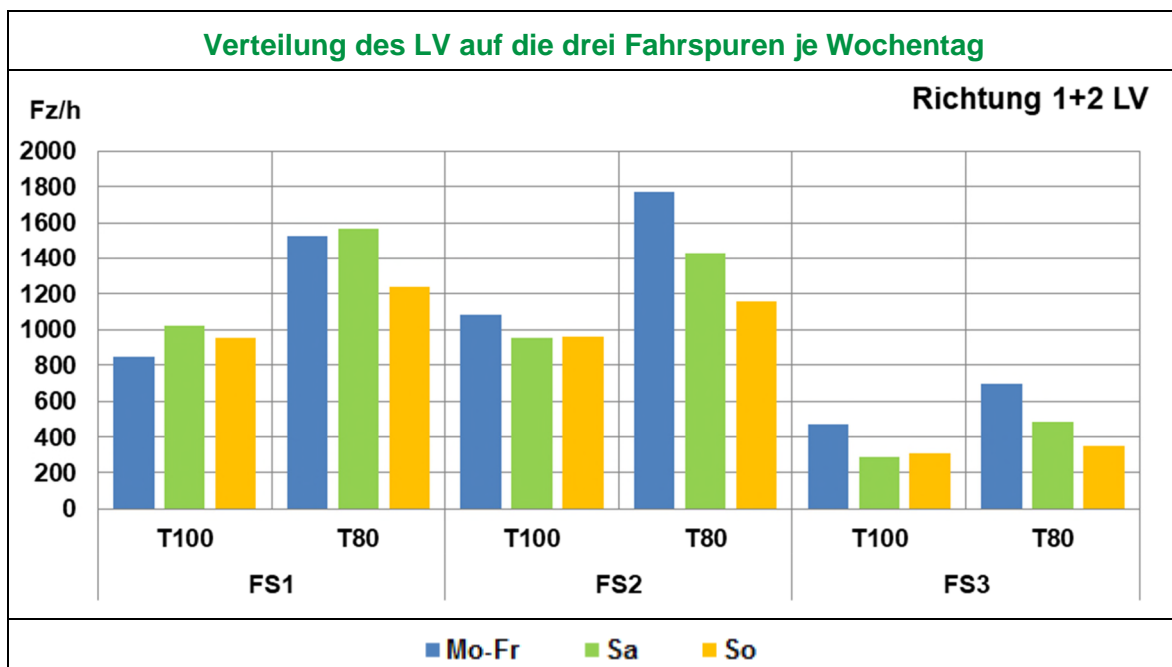


Abbildung 5.6: Verkehrsaufkommen des Leichtverkehrs je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1) in Abhängigkeit vom Wochentag, (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017).

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 Walserberg), vor allem bei Tempo100.

Auf der dritten Spur spielt es nachts praktisch keine Rolle (in den Stundenmittelwerten!!), ob Temp80 gilt oder Tempo100.

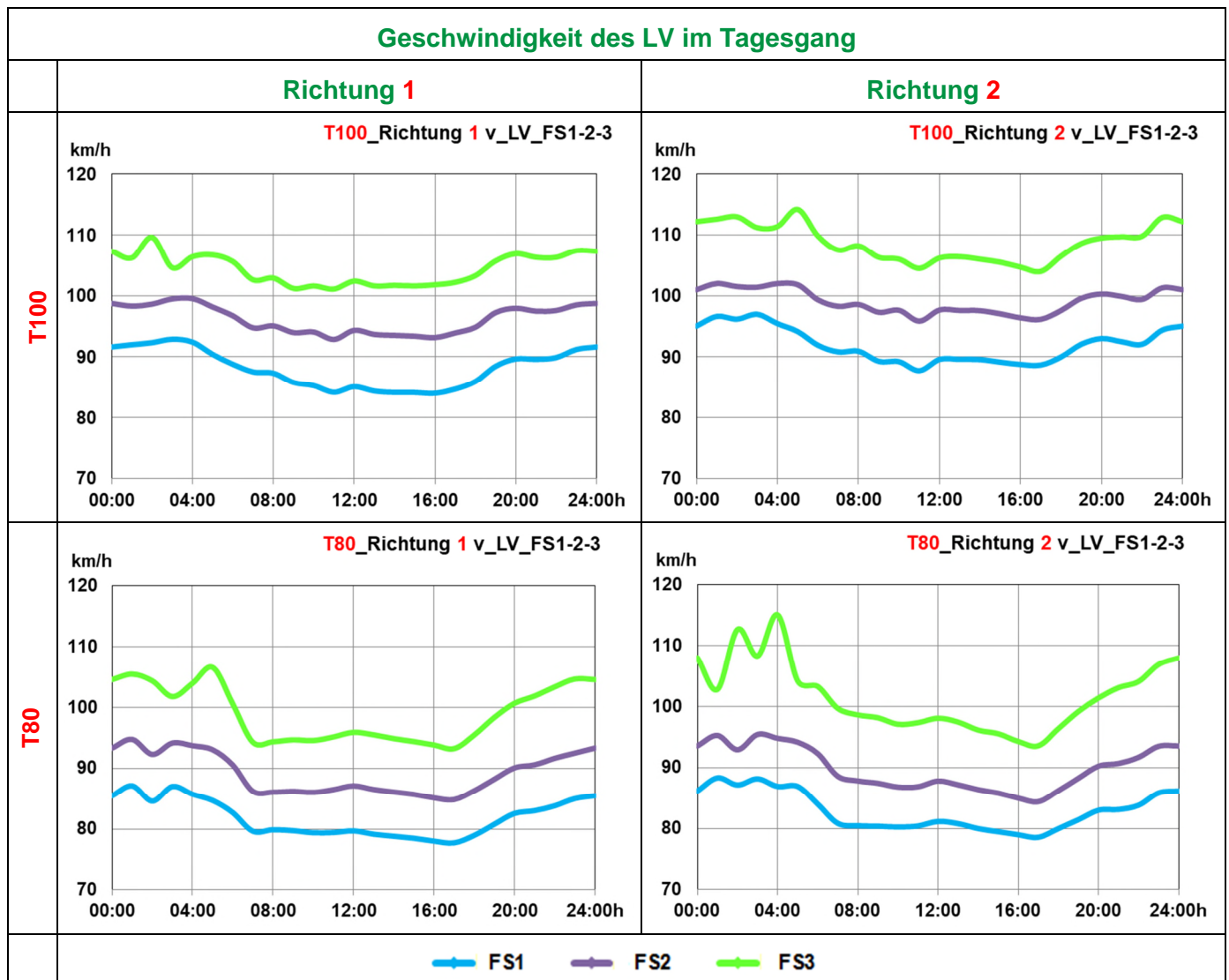


Abbildung 5.7: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des LV in Fahrrichtung 1 und 2 je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), (01.05.-19.06.2016 & 26.11.2016-30.04.2017).

Die nächste Abbildung ist die einzige des gesamten Kapitels, welche auch die Baustellenphase von Juni-November 2016 miteinbezieht: Der Jahresverlauf (Basis Monatswerte) der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs je Richtung und Fahrspur. Die Baustelle scheint sich vor allem in Fahrrichtung 2 (gegen Linz) ausgewirkt zu haben.

Der Einbruch der Fahrgeschwindigkeit im Januar 2017 zeigt sich nur bei Tempo100. Das könnte daran liegen, dass es zu diesen Zeiten Tempolimits auf Basis der StVO (z.B. wegen prekärer Straßenverhältnisse) gegeben hat (wesentlich mehr als üblich), welche dann zu reduzierten Geschwindigkeitsmittelwerten geführt haben.

Der stetige Anstieg der Fahrgeschwindigkeiten während des letzten Betriebsjahres hat sich in aktuellen Betriebsjahr nicht wiederholt; höchstens bei Tempo80 kann ein leichter Trend zu höheren Geschwindigkeiten ausgemacht werden.

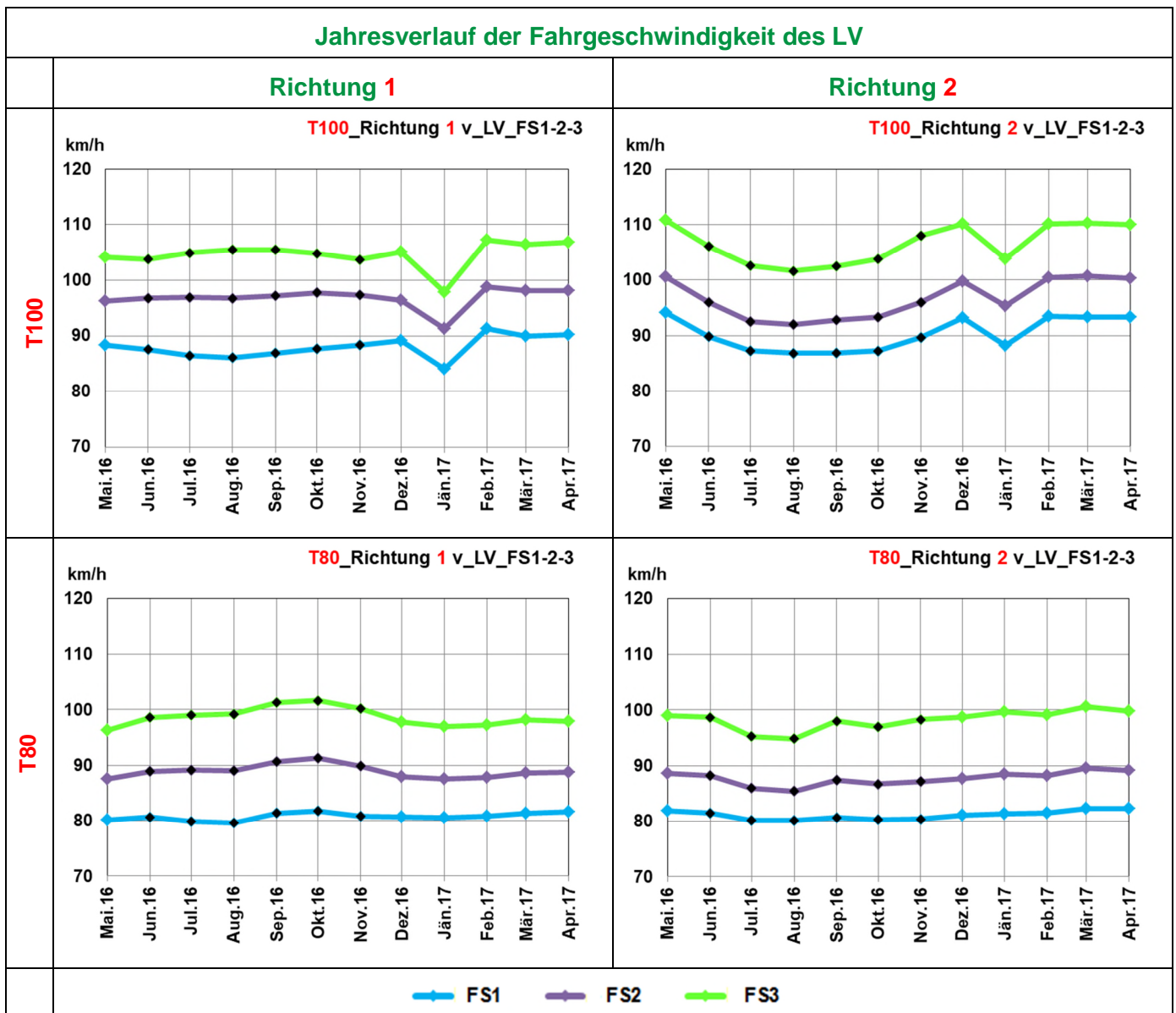


Abbildung 5.8: Jahresverlauf (Basis Monatswerte) der Geschwindigkeit des LV in Fahrtrichtung 1 und 2 je Fahrstreifen und Tempolimit bei Siezenheim (A1), 05.2016-04.2017 (Schwarz markierte Monate: Baustellenphase).

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 4.2](#) wiedergegeben. Sie wurden ermittelt für das Betriebsjahr 2016/17 ohne die Baustellenphase vom 20.06. – 25.11.2016, denn es soll ja die fachlich korrekte Funktionsweise der flexiblen Tempo80-Schaltung überprüft werden. Die Szenarien selbst wurden für das gesamte Betriebsjahr berechnet.

Die mittleren Geschwindigkeiten auf den sechs einzelnen Fahrspuren sind recht unterschiedlich; da die Emissionsfaktoren mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit überproportional ansteigen, wurden die Geschwindigkeiten bei Tempo100 (tagsüber und nachts) um 0.5 km/h erhöht. Damit war dieser überproportionale Anstieg adäquat für die Szenarien berücksichtigt.

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 8.9 km/h).

Durch das flexible Geschwindigkeitslimit auf der A1 bei Salzburg konnten -4.9% NO_x- bzw. -1.4% CO₂-Emissionen eingespart werden. Dies sind die gleichen Prozentsätze wie im Vorjahr, obwohl die erreichte mittlere Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Tempo80 und Tempo100 nur 8.9 km/h und nicht mehr 9.3 km/h erreichte. Der Grund liegt darin, dass sich gemäß HBEFA3.2 die Emissionsfaktoren vom Vorjahr auf das aktuelle Betriebsjahr beim Leichtverkehr weniger reduziert haben als beim Schwerverkehr (Pkw -8%, Lieferwagen -5%, Lkw -17%) und somit mehr Anteil an den Gesamtemissionen haben; eine kleinere Reduktion innerhalb des Leichtverkehrs kann deshalb zur prozentual gleichen Reduktion bei den Gesamtemissionen führen.

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, 05.2016-04.2017:

	NO _x	CO ₂
Gesamtemission [t/y]	123	48'436
Einsparung durch flexibles T80 [t/y]	-6	-671
in %	-4.9%	-1.4%

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.

6.2. Szenarien der Immissionsreduktionen

Zur **Abschätzung der Reduktionen bei den Immissionen an NO_x und NO₂** wurden vier Szenarien für den Zeitraum Mai 2016 – April 2017 berechnet:

- **“Tempo80 immer”**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren stets mit der bei Siezenheim gemessenen Durchschnittsgeschwindigkeit bei 'Tempo 80' (85.4 km/h tagsüber bzw. 88.3 km/h nachts).
- **“Tempo80 nie”**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren stets mit der bei Siezenheim gemessenen Durchschnittsgeschwindigkeit bei 'Tempo 100' (94.3 km/h tagsüber bzw. 94.4 km/h nachts).
- **“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 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 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, Mai 2016 – April 2017.

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	1312	317	69	45.9	198	93	0
T80 nie	1429	355	75	49.3	213	101	1
T80 temporär	1360	332	70.2	47.0	199	94	0
T80 WHj.	1372	336	71	47.5	200	96	0

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

6.3.2. Relative Effekte eines permanenten Tempo80 bei Siezenheim (A1) im Betriebsjahr 2016/17:

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’ (85.4 km/h tagsüber bzw. 88.3 km/h nachts) bzw. für ‘Tempo100’ (94.3 km/h tagsüber bzw. 94.4 km/h nachts), Siezenheim A1, Mai 2016 – April 2017.

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 %
	-8.2%	-10.5%	-7.6%	-6.9%	-7.3%	-7.9%

6.3.3. Relative Effekte des flexiblen Tempo80 bei Siezenheim (A1) im Betriebsjahr 2016/17:

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 NO₂ bei weitem erfüllt worden. Die alternative Forderung gemäß BVO, wonach eine Immissionsreduktion beim NOx erreicht werden soll, die 75% eines ganzjährigen permanenten Tempolimits ausmacht, ist ebenfalls erfüllt worden. Mit nur 47% Schaltzeit (bezogen auf die Gesamtzeit des Betriebsjahres) konnten 76% 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 2016 – April 2017.

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	47%	76%	68%	93%	88%
T80 WHj.	50%	63%	55%	83%	62%

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 2016 – April 2017 hätte gemäß Szenarienrechnung ein permanentes Tempo80 eine Reduktion um 7-8% erbracht, obwohl

die mittlere Geschwindigkeitsdifferenz zwischen den beiden Tempolimits tagsüber nur noch 8.9 und nicht mehr 11.8 km/h betrug. In der Testphase wurde jedoch eine Emissionsreduktion von nur 70% des aus den Emissionsfaktoren ableitbaren 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

Das Betriebsjahr Mai 2016 – April 2017 enthielt eine lange Baustellenphase vom 20.6. – 25.11.2016. Die Tempo80-Schaltung funktionierte auch während dieser Phase, doch waren die Fahrgeschwindigkeiten teilweise von dieser Baustelle beeinflusst. Die geschwindigkeitsbezogenen Auswertungen wurden deshalb ohne diese Phase durchgeführt, die übrigen Kennzahlen bezgl. Verkehr, Emissionen, Immissionen, Tempo80-Schaltung wurden über das ganze Betriebsjahr gemacht.

Im Betriebsjahr war Tempo80 auf der A1 bei Siezenheim während durchschnittlich 47 % der Gesamtzeit geschaltet.

Die Häufigkeit von Tempo80 war am Morgen zwischen 06:30 und 12:00 Uhr und am Abend von 18:30 – 20:30 Uhr mit mehr als 60% am größten, von 8 – 10 Uhr überstieg sie sogar 80%. Am Morgen zwischen 2 und 4 Uhr war Tempo80 mit weniger als 10% Häufigkeit am seltensten.

Vor allem der Winter aber auch der Herbst wiesen größere Schalthäufigkeiten auf als das Frühjahr und der Sommer.

Die monatlichen Schalthäufigkeiten schwankten zwischen 27% (April 2017) und 64-68% in den Wintermonaten (Dezember 2016-Februar 2017). Aber auch der November 2016 wies mit 60% eine hohe Tempo80-Schaltheufigkeit auf.

Die Tempo80-Schaltungen wiesen am Freitag die größten Häufigkeiten auf, gefolgt von Montag und Donnerstag. Am Sonntag waren sie nur etwa zwei Drittel so hoch.

An keinem Tag fiel die Schaltung vollständig aus. Sie fiel an insgesamt 261 Stunden aus, dies ist eine gute Verfügbarkeit von 97.0%.

Bei den 19 Tagen mit hohen Schaltzeiten (>20-24 h) handelte es sich um Tage von Ende November 2016 bis Mitte Februar 2017 plus den 14.10.2016. Dabei handelte es sich um 11 Werktage (Montag – Freitag), 4 Samstage und 4 Sonntage. An 15 der 19 Tage war das Verkehrsaufkommen unterdurchschnittlich (weniger als der Jahres-DTV). Dass trotzdem so lange Schaltzeiten auftraten, lag an entsprechenden meteorologischen Ausbreitungsbedingungen und an den Wochenenden an der tageszeitlichen Verteilung des Verkehrs mit höheren Anteilen am Mittag/Nachmittag und in der Nacht.

Die A1 bei Salzburg wies im Untersuchungsjahr (Mai 2016 – April 2017) einen DTV von rund 76'000 Fahrzeugen auf, 3% weniger als im Vorjahr. Davon waren 83% Pkw und 7% schwere Güterfahrzeuge, letztere haben leicht zugenommen.

Durch das Tempo80-Limit wurde im aktuellen Betriebsjahr tagsüber eine Geschwindigkeitsreduktion um 8.9 km/h (Vorjahr: 9.3 km/h; Testphase 2013/14: 11.8 km/h) gegenüber Tempo100 erreicht. Im Vergleich zur Testphase ist die Geschwindigkeit bei Tempo100 etwa gleich geblieben, diejenige bei Tempo80 hat sich aber im Mittel um gut 3 km/h erhöht. Diese Erhöhung muss als deutlich bezeichnet werden. Bei Tempo80 wird nachts schneller gefahren als tagsüber, bei Tempo100 ist kein Unterschied zwischen Tag und Nacht festzustellen.

Auf dem 10.3 km langen Autobahnabschnitt zwischen Salzburg-Nord und Wals-Siezenheim konnten durch das flexible Geschwindigkeitslimit der gesamte Stickstoffoxidausstoß um 5% und der gesamte CO₂-Ausstoß um 1.4% verringert werden. Die prozentuale fossile Kraftstoffeinsparung dürfte sich etwa im Bereich der CO₂-Reduktion bewegt haben.

Die gesamten NO_x- bzw. NO₂-Immissionen konnten durch das flexible Tempolimit um 5-6% reduziert werden. Mit nur 47% Schaltzeit (bezogen auf die Gesamtzeit des Betriebsjahres) konnten 76% 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, wonach eine Immissionsreduktion beim NO_x erreicht werden soll, die 75% eines ganzjährigen permanenten Tempolimits ausmacht, ist ebenfalls erfüllt worden. Der Schwellenwert des Schaltalgorithmus kann beibehalten werden.

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 (97 bzw. 99 km/h je nach Richtung).

Vor allem auf der dritten Spur wird nachts generell schneller gefahren als tagsüber. Dort spielt es nachts praktisch keine Rolle (in den Stundenmittelwerten!!), ob Temp80 gilt oder Tempo100.