

**Evaluation des flexiblen
Tempolimits auf der A1
zwischen Enns und Linz
von Mai 2022 bis April 2023**

Dr. Jürg Thudium
Dr. Carine Chélala
15.09.2023 / 5323.30

Oekoscience AG

Postfach 452
CH - 7001 Chur

Telefon: +4181 250 3310
Thudium@oekoscience.ch

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Tempolimits nach StVO	2
3. Tempo100-Schaltungen und Verkehrsaufkommen auf der A1 zwischen Linz und Enns sowie Immissionen bei Kristein	3
3.1. Jahreswerte	3
3.1.1. Tempo 100	3
3.1.2. Verkehrsaufkommen	5
3.1.3. Immissionen an Stickoxiden	7
3.2. Jahresverlauf	8
3.2.1. Tempo100	8
3.2.2. Herbstminimum bei Tempo100-Schaltungen	13
3.2.3. Berechnete Emissionen und gemessene Immissionen an Stickoxiden	15
3.3. Wochenverlauf	19
4. Dokumentation der täglichen Schaltzeiten	21
5. Effektive Fahrgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs	23
6. Wirksamkeit der flexiblen Tempo100-Schaltung zwischen Enns und Linz	34
7. Zusammenfassung	38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Tempo100-Strecke Linz-Enns auf der A1 mit Messstationen. (Quelle: DORIS, BEV, 2023)	1
Abbildung 3.1: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo100 auf der A1 bei Kristein. Orange Fläche: 2022/23 und als Linien: Betriebsjahre Mai-April 2008/09-2014/15, 2015/16- 2018/19 sowie 2019/20, 2020/21, 2021/22.	4
Abbildung 3.2: Tägliche Anzahl Stunden (Gleitendes 7-Tagemittel) mit Tempo100 auf der A1 bei Kristein (05.2022-04.2023).	5
Abbildung 3.3: Verkehrsentwicklung (DTV) auf der A1 bei Kristein, 2009-2022. SGV: Schwerer Güterverkehr. Es wird die 10-fache Menge an Bussen dargestellt.	6
Abbildung 3.4: Entwicklung der Immissionen an NO _x und NO ₂ bei Kristein (Kalenderjahre 2004-2022). Ka: Kristein alt; Kn: Kristein neu (ab 1.3.2012).	7
Abbildung 3.5: Häufigkeit von Tempo 100 je Jahreszeit auf der A1 bei Kristein, Betriebsjahre Mai bis April 2008/09 – 2022/23. SW: Schwellenwert des NO ₂ -Immissionsbeitrags der Pkw, oberhalb dessen die Tempo100-Schaltung ausgelöst wird.	9
Abbildung 3.6: Häufigkeit von Tempo100 je Jahreszeit auf der A1 bei Kristein, Wertebereich Mai-April 2008/09-2014/15 (grau schraffiert), 2015/16-2018/19 (blau schraffiert; verringerter Schwellenwert), 2019/20, 2020/21 sowie 2021/22 und 2022/23 (mit erhöhtem Schwellenwert).	10
Abbildung 3.7: Häufigkeit von Tempo100 je Monat auf der A1 bei Kristein (05.2022-04.2023).	11
Abbildung 3.8: Häufigkeit von Tempo100 je Monat auf der A1 bei Kristein, Wertebereich Mai-April 2008/09-2014/15 (grau schraffiert), 2015/16-2018/19 (blau schraffiert; verringerter Schwellenwert), 2019/20, 2020/21 sowie 2021/22 und 2022/23 (mit erhöhtem Schwellenwert).	12
Abbildung 3.9: Monatsmittelwerte des NO ₂ /NO _x -Verhältnisses bei Kristein A1, der Inversionshäufigkeit zwischen Hörsching (298 m ü.M.) und Wolfsegg (635 m ü.M.) sowie der Temperatur bei Hörsching, 2019-2023. Datenquelle: Kristein A1: Land OÖ; Temperaturen bei Hörsching und Wolfsegg: GeoSphere Austria.	14
Abbildung 3.10: Monatsmittelwerte der Immissionen (NO _x [ppb], NO ₂ [µg/m ³]) sowie der NO _x -Emissionen [g/km/h] bei Kristein, 2012/13 (nur Immissionen) und 2022/23.	15

Abbildung 3.11: Piktogramm der NO ₂ -Immissionen bei Kristein A1, 05.2022-04.2023. Jeder Halbstundenwert wird farbkodiert dargestellt. Horizontalachse: Kalendertag; Vertikalachse: Tageszeit.	17
Abbildung 3.12: Monatsmittelwerte der Immissionen an NO _x und NO ₂ der Messstandorte Kristein, Linz-Römerberg, Linz-24er Turm und Wels, Jänner 2010 – Juli 2023.	18
Abbildung 3.13: Häufigkeit von Tempo100 je Wochentag auf der A1, Kristein (01.05.2022-04.2023).	19
Abbildung 3.14: Häufigkeit von Tempo100 auf der A1 bei Kristein je Wochentag, Betriebsjahre Mai-April 2008/09-2014/15, 2015/16- 2018/19 sowie 2019/20, 2020/21, 2021/22 und 2022/23.	20
Abbildung 4.1: Anzahl Tage pro Monat mit extrem hohen oder tiefen Tempo100-Schaltzeiten, A1 bei Kristein (05.2022-04.2023).	22
Abbildung 5.1: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempolimits nach StVO auf der A1 bei Kristein (05.2022-04.2023). Schraffiert: StVO-Tempo100 bei IG-L-Tempo100 (keine Relevanz für Geschwindigkeitsbestimmungen). Unten: 'StVO-Limits ohne 'StVO-Tempo100 bei IG-L-Tempo100'.	27
Abbildung 5.2: Jahresverlauf der Häufigkeit von Tempolimits nach StVO auf der A1 bei Kristein (05.2022-04.2023). Schraffiert: StVO-Tempo100 bei IG-L-Tempo100 (keine Relevanz für Geschwindigkeitsbestimmungen). Unten: 'StVO-Limits ohne 'StVO-Tempo100 bei IG-L-Tempo100'.	28
Abbildung 5.3: Mittelwerte der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs von 6-22 Uhr (Tag) und von 22-6 Uhr (Nacht) je Tempolimit auf der A1 bei Kristein, Mai bis April, 2008/09 – 2022/23; StVO-Limits unbeachtet.	29
Abbildung 5.4: Mittelwerte der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF) tagsüber (von 6-22 Uhr) auf der A1 bei Kristein (05.2022-04.2023); StVO-Limits unbeachtet.	30
Abbildung 5.5: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (oben) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; unten) auf der A1 bei Kristein (05.2022-04.2023); StVO-Limits unbeachtet.	31
Abbildung 5.6: Mit dem Pkw-Aufkommen gewichtete Häufigkeitsverteilung der Stundenmittel der Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit auf der A1 bei Kristein (05.2019-04.2020 und 05.2022-04.2023).	32

Abbildung 5.7: Monatsmittelwerte der Fahrgeschwindigkeit von 6-22 Uhr des Leichtverkehrs (LV; oben) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; unten) auf der A1 bei Kristein (05.2022-04.2023); StVO-Limits unbeachtet.

33

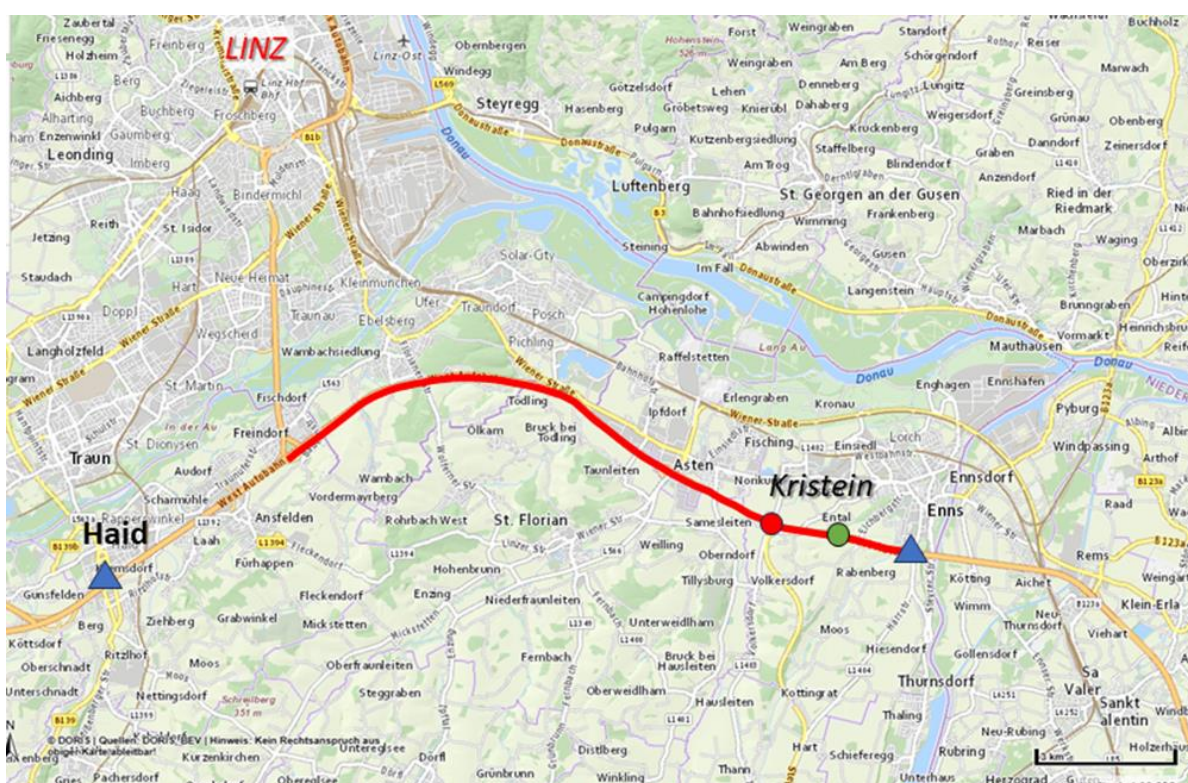
Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der A1 bei Kristein (Betriebsjahr 2022/23, mit Veränderungen zu 2018/19).	5
Tabelle 3.2: Jahreszeitliche Tempo100-Häufigkeiten auf der A1 bei Kristein (2012/13-2022/23).	8
Tabelle 4.1: Tägliche Anzahl Stunden mit Tempo100, A1 bei Kristein (05.2022-04.2023).	21
Tabelle 5.1: Effektiv gefahrene Geschwindigkeiten des Leichtverkehrs (LV) je IG-L-Tempolimit inkl. bzw. ohne Zeiten mit StVO-Limits, tagsüber (6-22 Uhr) bzw. in der Nacht (22-6 Uhr) auf der A1 bei Kristein, 05.2022-04.2023 (oben), 05.2019-04.2020 (Mitte) bzw. 05.2018-04.2019 (unten):	24
Tabelle 5.2: Effekt der Weglassung der Zeiten mit StVO-Limits bei der Berechnung der Durchschnittsgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs (LV) je IG-L-Tempolimit, tagsüber (6-22 Uhr) bzw. in der Nacht (22-6 Uhr) auf der A1 bei Kristein, 05.2022-04.2023 (oben), 05.2019-04.2020 (Mitte) bzw. 05.2018-04.2019 (unten):	25
Tabelle 6.1: Emissionsreduktionen für NO _x und CO ₂ durch das real umgesetzte flexible Tempo100-Limit auf dem 13 km langen Abschnitt Enns-Linz der A1, 05.2022-04.2023:	34
Tabelle 6.2: Absolute Kennzahlen der vier Szenarien 'Tempo 100 immer', 'Tempo100 nie', 'Tempo100 Winterhj.' und 'Tempo100 temporär vreal' (= real), Kristein A1, Mai 2022 – April 2023.	36
Tabelle 6.3: Relative Effekte eines permanenten Tempo100 im Vergleich zu Tempo130 bei den real ermittelten Fahrgeschwindigkeiten (111.9 gegenüber 121.8 km/h tagsüber; 111.2 gegenüber 118.9 km/h nachts), Kristein A1, Mai 2022 – April 2023.	36
Tabelle 6.4: Relative Effekte der verschiedenen Tempo100-Limits in Bezug auf ein permanentes Tempo100-Limit, Kristein A1, Mai 2022 – April 2023.	37

1. Einleitung

Die Tempo100-Strecke auf der A1 umfasst den rund 13 km langen Streckenabschnitt zwischen Linz und Enns. Die zugehörige Immissionsmessstation Kristein "alt" (282 m ü.M.) wurde am 01.03.2012 mit Kristein "neu" (255 m ü.M.) ersetzt; die neue Messstation liegt etwa 800 m westlich der alten in der Ebene. Die Verkehrserfassung liegt etwas östlich der alten Messstation. Eine weitere Verkehrszählstelle liegt bei Haid; diese Zählstelle wurde für die Schätzung der Verkehrsentwicklung von 2004-2007 verwendet.

Tempo100-Strecke



— Tempo100-Strecke Straßennahe Messstationen ▲ Verkehrserfassung
 Kristein: ● bis 29.02.2012 ● ab 01.03.2012

Abbildung 1.1: Tempo100-Strecke Linz-Enns auf der A1 mit Messstationen. (Quelle: DORIS, BEV, 2023)

In diesem Bericht wird die Tempo100-Schaltung im Betriebsjahr Mai 2022 – April 2023 evaluiert. Am 02.02.2015 wurde der Schwellenwert des Pkw-Beitrags an die NO₂-Immissionen, welcher über die Schaltung von Tempo100 entscheidet, deutlich nach unten gesetzt, was die Schalthäufigkeit stark erhöht hat. Am 31.03.2021 wurden die Parameter des Schaltalgorithmus anhand des neuen HBEFA4.1 (Handbuch der Emissionsfaktoren) angepasst, und auch der Schwellenwert des Pkw-Beitrags an die NO₂-Immissionen wurde wieder erhöht.

2. Tempolimits nach StVO

Seit Oktober 2014 ist im Rahmen der VBA ein Automatikprogramm im Einsatz, das seine Beobachtungen in Tempolimits und Verkehrszeichen umsetzen kann. Seit diesem Zeitpunkt gibt es auch Tempolimits auf diesem Abschnitt der A1, welche nicht vom Algorithmus des IG-L gesteuert sind, und zwar für 60, 80 und 100 km/h. Die meisten StVO-Tempolimits geben Tempo100 vor.

Von Mai 2022 bis April 2023 gab es während 8.7% der Zeit StVO-Tempolimits auf der A1, welche nicht vom IG-L-Algorithmus gesteuert waren, davon 6.5% Tempo100, 1.9% Tempo80 und 0.2% Tempo60. Gut ein Sechstel (1.5%) der StVO-Tempo100-Limits ereigneten sich während IG-L-Tempo100-Limits, beeinflussten also die Fahrgeschwindigkeiten nicht zusätzlich. Durch die übrigen StVO-Tempolimits (7.2% der Gesamtzeit) sanken jedoch die Durchschnittsgeschwindigkeiten etwas, sehr wenig bei IG-L-Tempo100, etwas mehr ohne IG-L-Tempo100 (s. Kap. 5).

Die StVO-Schaltungen wurden in dieser Evaluation folgendermaßen berücksichtigt:

- Aus rechtlicher Sicht überlagert ein StVO-Tempolimit ein gleiches oder höheres IG-L-Tempolimit. Zur fachlichen Beurteilung der Tempo100-Schaltung (Kap. 3-4) wurde das aber nicht berücksichtigt. Jede IG-L-Schaltung wurde gezählt, auch wenn sie von einem StVO-Tempolimit überlagert wurde.
- Bei der Bestimmung der mittleren Fahrgeschwindigkeiten (Kap. 5) wurden die Tempolimits nach StVO berücksichtigt. Bei der Berechnung der mittleren Geschwindigkeit bei Tempo 130 (ohne Schaltung IG-L-Tempo100) wurden alle Halbstunden mit mehr als einem Viertel (7.5 min.) Tempolimits nach StVO (100, 80 oder 60 km/h) weggelassen. Bei der Berechnung der mittleren Geschwindigkeit bei IG-L-Tempo100 wurden alle Halbstunden mit mehr als einem Viertel StVO-Tempolimits von 60 oder 80 km/h weggelassen.
- Bei den Szenarien zur lufthygienischen Wirksamkeit (Kap. 6) wurden die Durchschnittsgeschwindigkeiten *ohne* Zeiten mit StVO-Tempolimits bestimmt, es wurde also der von StVO-Limits unbeeinflusste Geschwindigkeitseffekt des flexiblen Tempo100 nach IG-L bestimmt.

3. Tempo100-Schaltungen und Verkehrsaufkommen auf der A1 zwischen Linz und Enns sowie Immissionen bei Kristein

3.1. Jahreswerte

3.1.1. Tempo 100

Im Betriebsjahr Mai 2022 – April 2023 war Tempo100 auf der A1 zwischen Linz und Enns während durchschnittlich **21%** der Betriebszeit geschaltet (20% der Gesamtzeit bei einer Verfügbarkeit der Tempo-Schaltung von 95%). Die geringe Schaltzeit im Vergleich zu früheren Jahren kam vor allem durch die Anhebung des Schwellenwertes am 31.03.2021 zustande.

Die folgende Grafik zeigt den mittleren Tagesgang der Tempo100-Häufigkeit. Die Morgenspitze der Tempo100-Häufigkeit wies um 08:00 Uhr noch eine Häufigkeit von gut 20% auf, die langgezogene Abendspitze zwischen 18:00 und 23:00 Uhr erreichte noch 40-50%. Am frühen Morgen zwischen 03:00 und 06:00 Uhr lag die Tempo100-Häufigkeit unter 4%.

Der Tagesverlauf der Tempo100-Häufigkeit ist grundsätzlich ähnlich wie in den Vorjahren, nur auf deutlich niedrigerem Niveau. Dies liegt einerseits an der Anhebung des Schwellenwertes, andererseits an den zunehmend geringeren NOx-Emissionen infolge der Flottenmodernisierung.

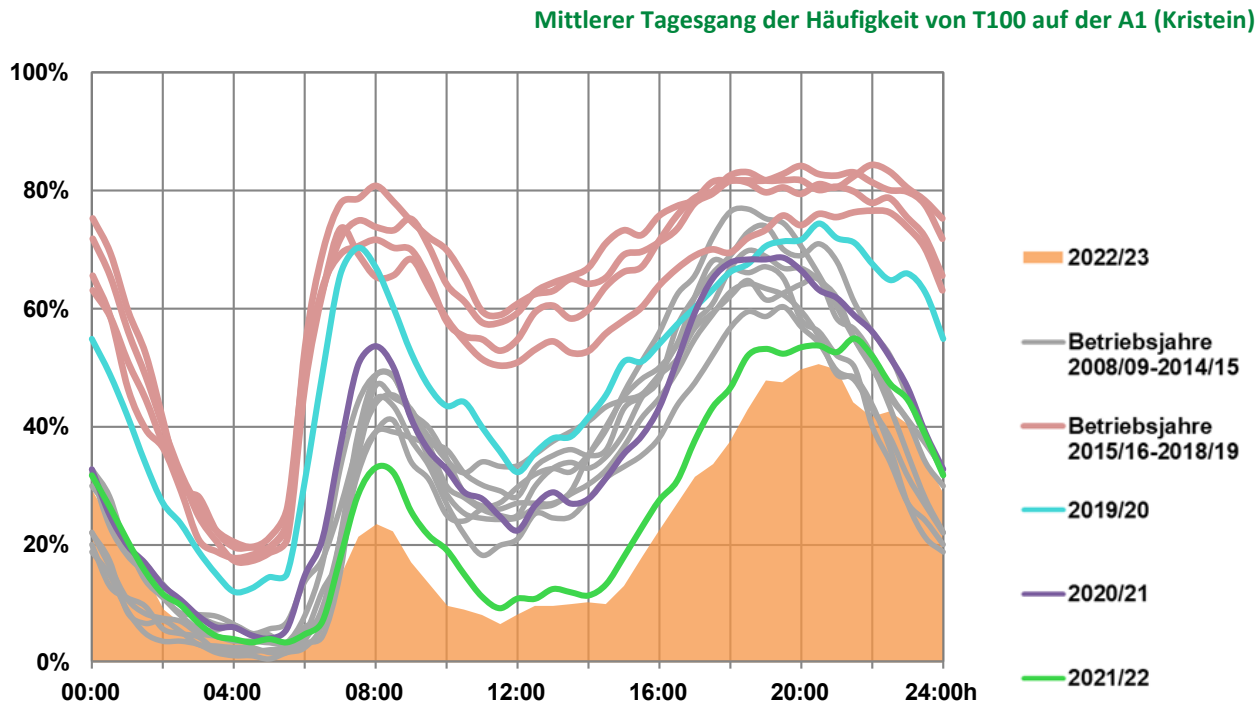


Abbildung 3.1: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo100 auf der A1 bei Kristein. Orange Fläche: 2022/23 und als Linien: Betriebsjahre Mai-April 2008/09-2014/15, 2015/16- 2018/19 sowie 2019/20, 2020/21, 2021/22.

Im Jahresverlauf (nächste Abbildung 3.2: Gleitende Wochenmittel) zeigt sich der Einfluss von Witterungsphasen mit Perioden von vermehrten bzw. verringerten Tempo100-Schaltzeiten. Es gibt nur einen angedeuteten Jahrgang mit erhöhten Werten im Hochwinter (Dezember/Januar; atmosphärische Bedingungen) sowie im Sommer und April (urlaubsbedingtes Verkehrsaufkommen).

Tägliche Anzahl Stunden (gleitendes 7-Tagemittel) mit T100 auf der A1

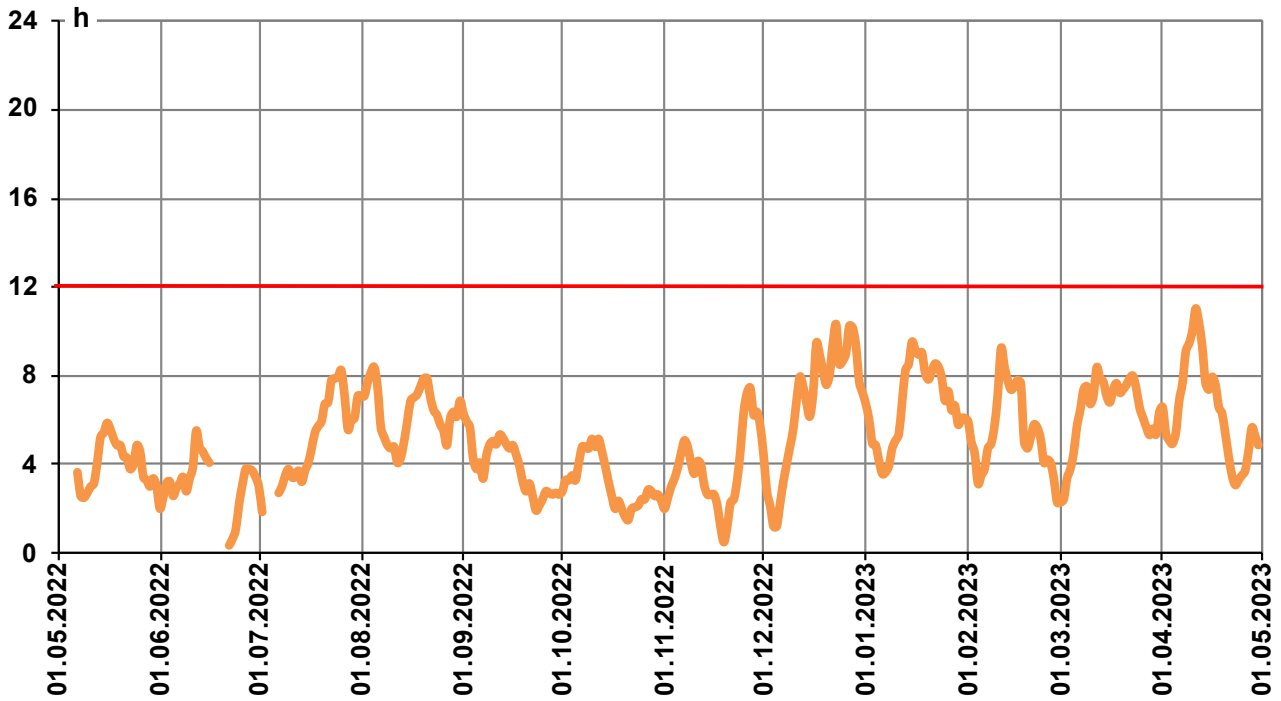


Abbildung 3.2: Tägliche Anzahl Stunden (Gleitendes 7-Tagemittel) mit Tempo100 auf der A1 bei Kristein (05.2022-04.2023).

3.1.2. Verkehrsaufkommen

Die A1 zwischen Enns und Asten wies im Betriebsjahr (Mai 2022 – April 2023) einen DTV von rund 70'000 Fahrzeugen auf, rund 2000 weniger als 2018/19 vor der Pandemie. Dies ist vor allem auf das Pkw-Aufkommen zurückzuführen, das den Vor-Pandemie-Wert noch nicht wieder ganz erreicht hat.

Tabelle 3.1: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der A1 bei Kristein (Betriebsjahr 2022/23, mit Veränderungen zu 2018/19).

DTV A1	Lieferwagen	Pkw	Schwere Güterfahrzeuge	Bus	Summe
05.2022-04.2023	7'829	51'357	10'424	287	69'897
Änderung zu 2018/19	+216	-2'551	+182	-110	-2'263
05.2018-04.2019	7'613	53'908	10'242	397	72'160

Alle Fahrzeughauptkategorien außer den Bussen weisen für die Kalenderjahre 2009 – 2019 (vor Lockdown!) eine Zunahme auf. Man beachte, dass in der Grafik der 10-fache Wert des Bus-DTV angegeben wird. Der pandemiebedingte Einbruch 2020 ist deutlich zu sehen. Die Busse haben bislang lediglich etwa 2/3 des Aufkommens von früher wieder erreicht.

DTV je Fahrzeuggruppe auf der A1 bei Kristein

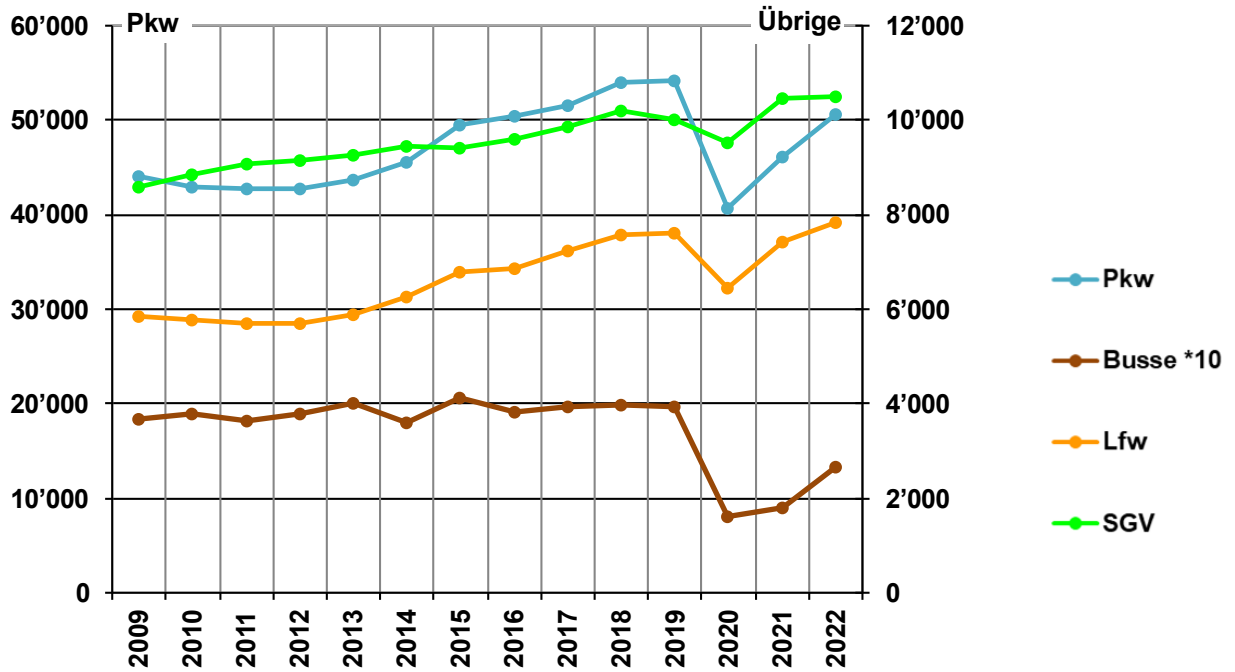


Abbildung 3.3: Verkehrsentwicklung (DTV) auf der A1 bei Kristein, 2009-2022. SGV: Schwerer Güterverkehr. Es wird die 10-fache Menge an Bussen dargestellt.

3.1.3. Immissionen an Stickoxiden

Die Immissionen an NO_x und NO₂ sind in den 11 Jahren von 2012-2022 markant zurückgegangen, NO_x auf etwa die Hälfte, NO₂ auf etwa zwei Drittel. Seit 2020 stagnieren die Werte ungefähr, was stark mit dem pandemiebedingten Verkehrseinbruch im 2020 zusammenhängt.

Entwicklung der Emissionen und Immissionen an NO_x und NO₂ bei Krastein

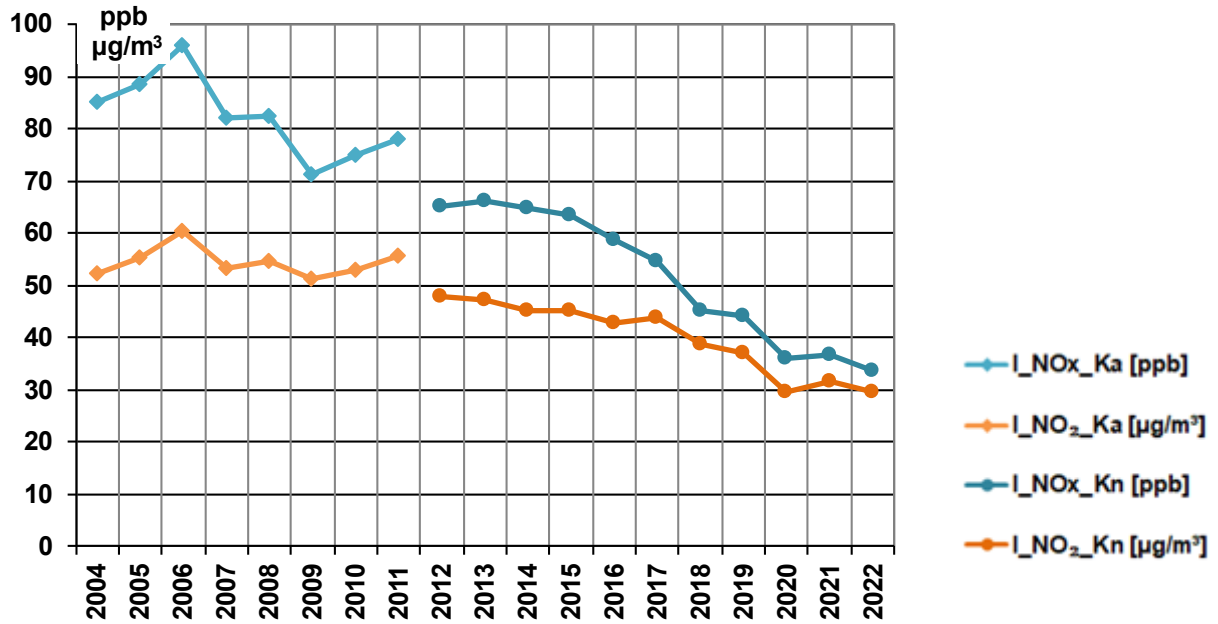


Abbildung 3.4: Entwicklung der Immissionen an NO_x und NO₂ bei Krastein (Kalenderjahre 2004-2022). Ka: Krastein alt; Kn: Krastein neu (ab 1.3.2012).

3.2. Jahresverlauf

3.2.1. Tempo100

Der Jahresgang der Tempo100-Häufigkeit war schon immer wenig ausgeprägt, wie die folgende Tabelle zeigt. Im aktuellen Betriebsjahr wies der Winter knapp die höchste Schalthäufigkeit auf, gefolgt vom Frühjahr. Im Sommer sind die NOx-Emissionen am höchsten (s. Abbildung 3.10), was auch einen Einfluss auf die Schaltung hat. Der Herbst wies die geringste je für eine Jahreszeit ermittelte Schalthäufigkeit auf, was auch meteorologische Ursachen hatte (s. Kap. 3.2.2).

Tabelle 3.2: Jahreszeitliche Tempo100-Häufigkeiten auf der A1 bei Kristein (2012/13-2022/23).

%Tempo100	2022/23	2021/22	2020/21	2019/20	2018/19	2017/18	2016/17	2015/16	2014/15	2013/14	2012/13
Winter	26%	32%	39%	61%	69%	60%	68%	68%	43%	30%	40%
Frühjahr	24%	23%	31%	30%	48%	58%	61%	62%	53%	32%	29%
Sommer	20%	23%	43%	55%	62%	66%	67%	65%	30%	27%	27%
Herbst	14%	23%	33%	46%	49%	58%	61%	64%	21%	26%	25%
Ganzes Jahr	21%	25%	36%	48%	57%	60%	64%	64%	37%	29%	30%

Die nächste Abbildung zeigt die jahreszeitlichen Tempo100-Schaltheufigkeiten seit Beginn. Man erkennt die Stagnation von 2008-2015 (was seine Entsprechung in den NOx-Immissionen hat), die Erhöhung der Schaltheufigkeit anfangs 2015 durch Schwellenwertabsenkung und die kontinuierliche Abnahme der Schaltheufigkeit seit 2016; durch den allgemeinen Rückgang der NOx-Immissionen wurde der Schwellenwert weniger häufig überschritten, was weniger häufige Tempo100-Schaltungen zur Folge hatte. Die Pandemie vor allem im Frühjahr 2020 als auch die Schwellenwertanhebung im März 2021 reduzierten die Schaltheufigkeit weiter, nicht so markant erkennbar wie die Schwellenwertabsenkung im Februar 2015. Nun ist man bei einer jährlichen Schaltheufigkeit von etwa 20% angelangt.

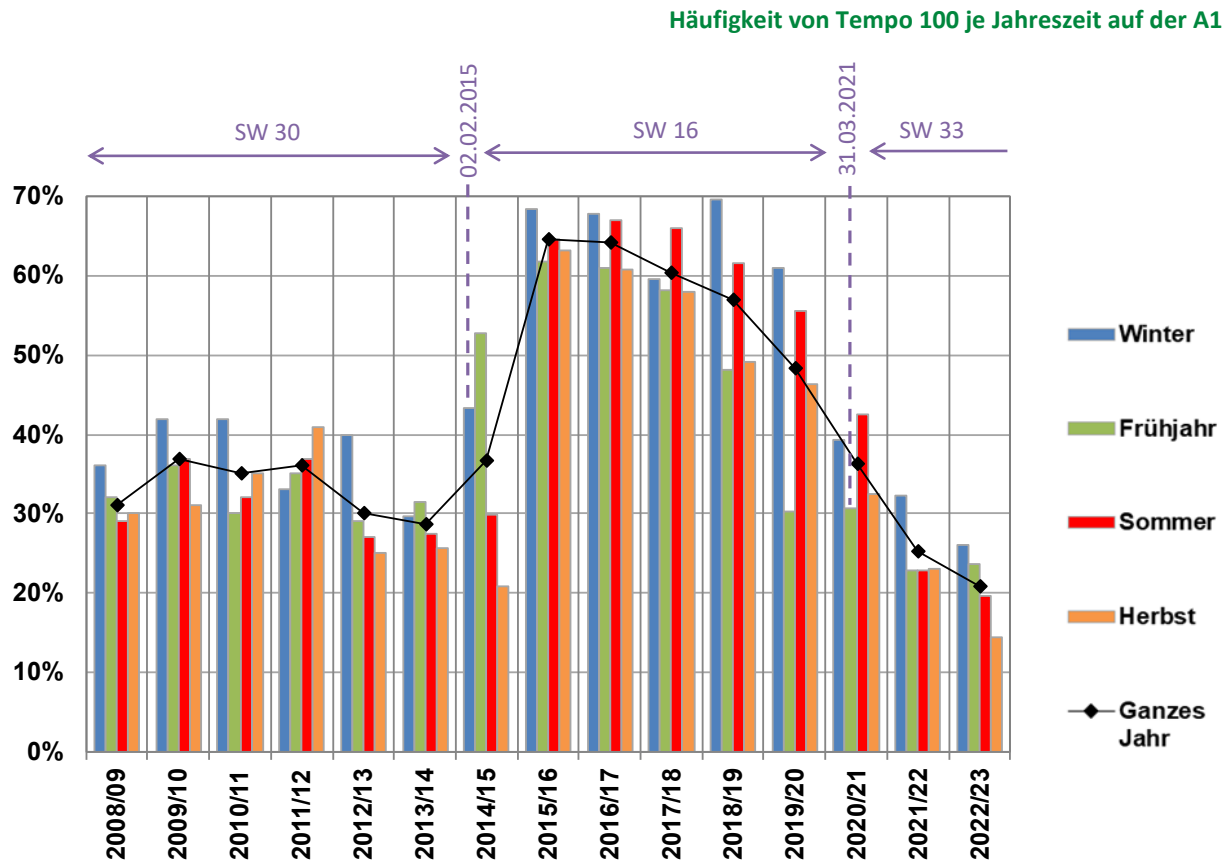


Abbildung 3.5: Häufigkeit von Tempo 100 je Jahreszeit auf der A1 bei Kristein, Betriebsjahre Mai bis April 2008/09 – 2022/23. SW: Schwellenwert des NO₂-Immissionsbeitrags der Pkw, oberhalb dessen die Tempo100-Schaltung ausgelöst wird.

Die nächste Abbildung zeigt den Bereich der jahreszeitlichen Tempo100-Häufigkeiten der sieben früheren Betriebsjahre 2008/09 – 2014/15 grau schraffiert, für 2015/16 – 2018/19 (mit verringertem Schwellenwert) blau schraffiert, sowie die Werte für die Betriebsjahre 2019/20 bis 2022/23. Für 2021/22 und 2022/23 gilt der stark erhöhte Schwellenwert, was eine markante Reduktion der Schaltheufigkeit zur Folge hatte.

Es sind die gleichen Daten wie in obiger Abbildung bzw. Tabelle, nur anders visualisiert.

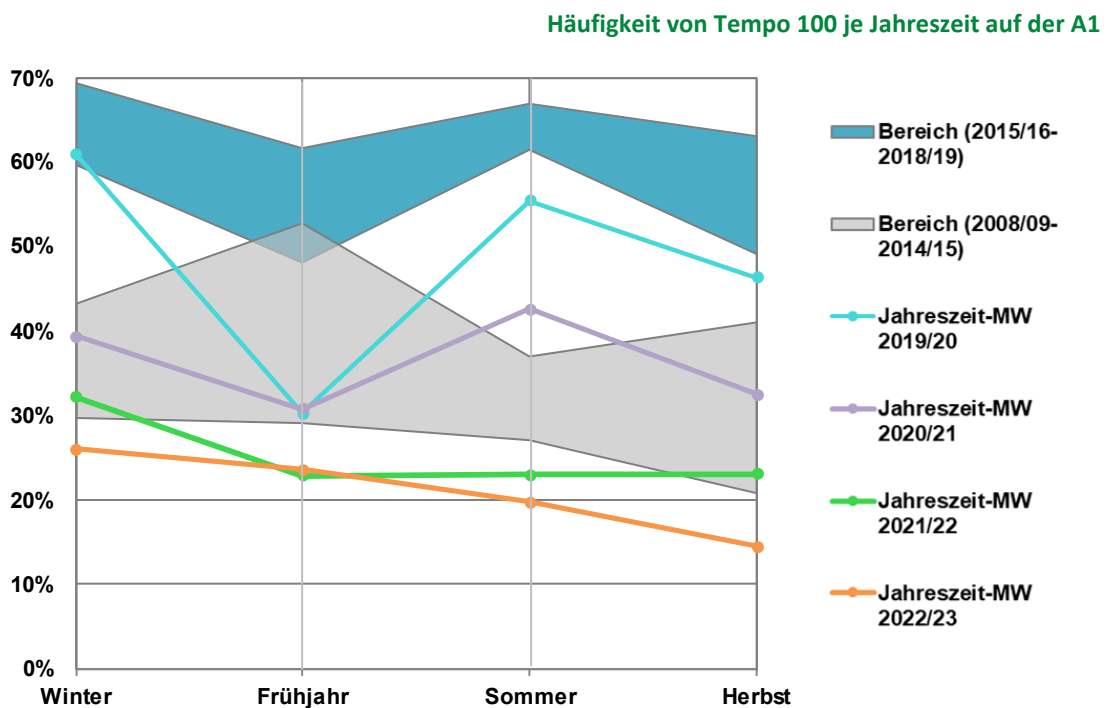


Abbildung 3.6: Häufigkeit von Tempo100 je Jahreszeit auf der A1 bei Krastein, Wertebereich Mai-April 2008/09-2014/15 (grau schraffiert), 2015/16-2018/19 (blau schraffiert; verringerter Schwellenwert), 2019/20, 2020/21 sowie 2021/22 und 2022/23 (mit erhöhtem Schwellenwert).

Die **monatlichen** Tempo100-Häufigkeiten entsprechen grundsätzlich dem Bild der gleitenden 7-Tagemittel. Sie schwankten in diesem Betriebsjahr zwischen 11% (Juni 2022) bzw. 13% (Oktober 2022) und 30% (Dezember 2022) bzw. 29% (März 2023).

Häufigkeit von Tempo 100 je Monat auf der A1

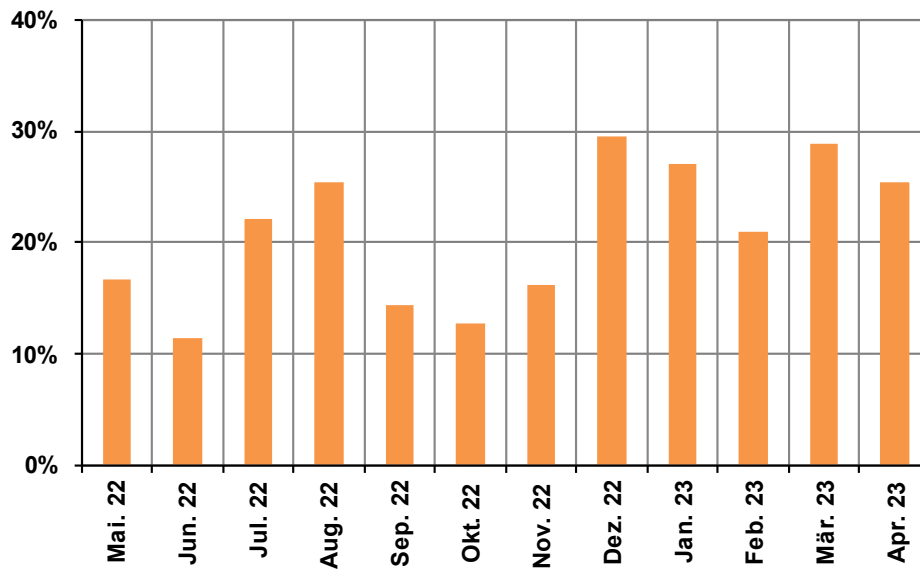


Abbildung 3.7: Häufigkeit von Tempo100 je Monat auf der A1 bei Kristein (05.2022-04.2023).

Die nächste Abbildung zeigt den Bereich der **monatlichen** Tempo100-Häufigkeiten der sieben früheren Betriebsjahre 2008/09 – 2014/15 grau schraffiert, für 2015/16 – 2018/19 (mit verringertem Schwellenwert) blau schraffiert, sowie die Werte für die Betriebsjahre 2019/20 bis 2022/23. Für 2021/22 und 2022/23 gilt der stark erhöhte Schwellenwert, was eine markante Reduktion der Schalzhäufigkeit zur Folge hatte.

Häufigkeit von Tempo 100 auf der A1

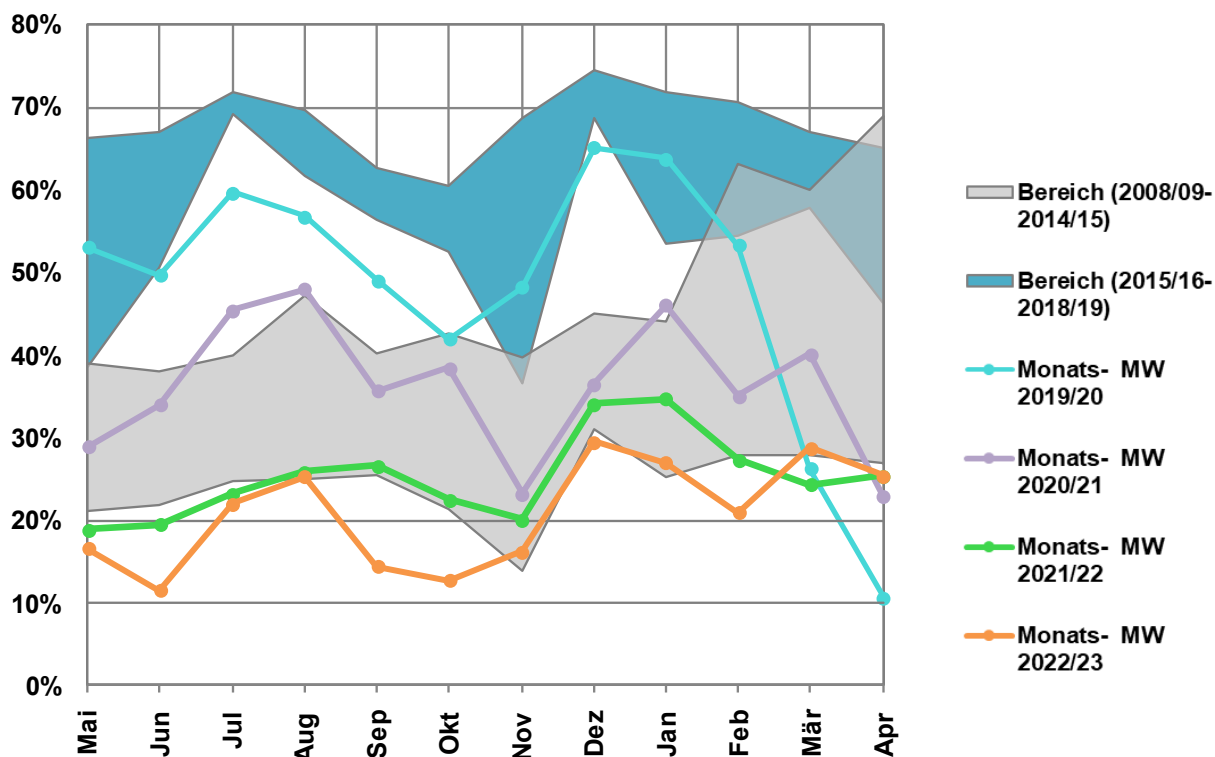


Abbildung 3.8: Häufigkeit von Tempo100 je Monat auf der A1 bei Kristein, Wertebereich Mai-April 2008/09-2014/15 (grau schraffiert), 2015/16-2018/19 (blau schraffiert; verringerter Schwellenwert), 2019/20, 2020/21 sowie 2021/22 und 2022/23 (mit erhöhtem Schwellenwert).

Der Effekt der Schwellenwertabsenkung am 2.2.2015 ist auch hier augenscheinlich. Während der 'grauen' Monate Februar-April (2015) war die Schwellenwertabsenkung bereits durchgeführt worden, deshalb erreichten diese Werte bereits diejenigen der Betriebsjahre 2015/16-2018/19.

Weiters ist der Pandemieeffekt im März und April sowie November 2020 zu sehen wie auch die Schwellenwertanhebung ab April 2021 (violette Kurve).

3.2.2. Herbstminimum bei Tempo100-Schaltungen

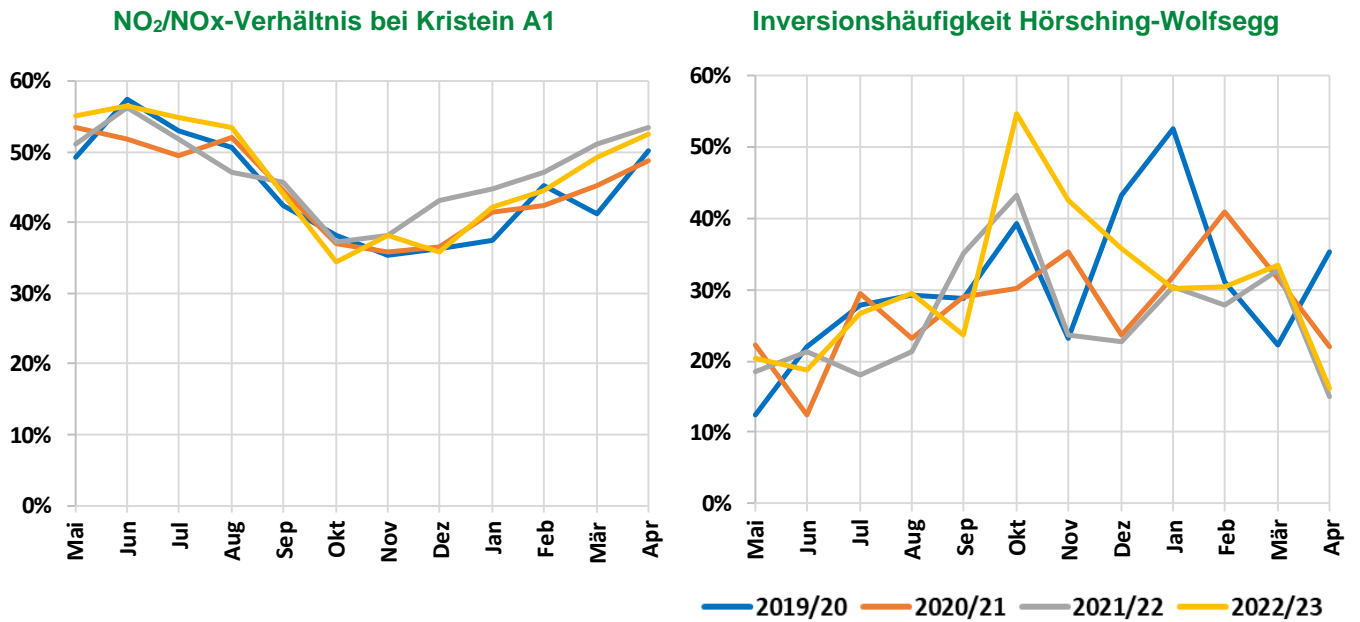
Es fällt auf, dass die Tempo100-Häufigkeit bei Kristein im Herbst überwiegend tiefer ist als im Sommer, was unüblich ist; ausgeprägt ist dies im aktuellen Betriebsjahr 2022/23. In der obigen Abbildung ist zu sehen, dass im Jahresverlauf die NO_x-Immissionen im Herbst ansteigen, die NO₂-Immissionen aber sinken. Da die Tempo100-Schaltung auf dem NO₂-Beitrag des Leichtverkehrs basiert, ist der Rückgang der Tempo100-Häufigkeit vom Sommer auf den Herbst plausibel.

Der unterschiedliche Verlauf der NO_x- und NO₂-Immissionen bedeutet, dass das NO₂/NO_x-Verhältnis, also der relative Anteil des NO₂ im gesamten NO_x, im Herbst besonders gering ist. Offenbar ist im Bereich der Messstelle Kristein im Herbst oft wenig Ozon vorhanden, welches zur Konversion von NO in NO₂ notwendig ist. Die Messstelle liegt zum einen in einer Talsenke, was im Herbst 'Ozonarmut' bedeuten kann, zum anderen beschränken Inversionen den Austausch zwischen Luftschichten, was gerade im Oktober 2022 besonders häufig jedenfalls in diesem Teil Oberösterreichs der Fall war, was eine besonders niedriges NO₂/NO_x-Verhältnis zur Folge hatte.

Viele Inversionen sind auch bei verhältnismäßig hohen Temperaturen möglich, da sie nur Ausdruck der Temperaturdifferenz zwischen unten und oben sind, was der Oktober 2022 illustriert.

Zum Winter hin steigt das NO₂/NO_x-Verhältnis wieder an, trotz erhöhter Inversionshäufigkeit, was wohl mit den lokalen Gegebenheiten zu tun hat.

Monatsmittelwerte: NO₂/NO_x-Verhältnis, Inversionshäufigkeit und Temperatur



Temperatur bei Hörsching

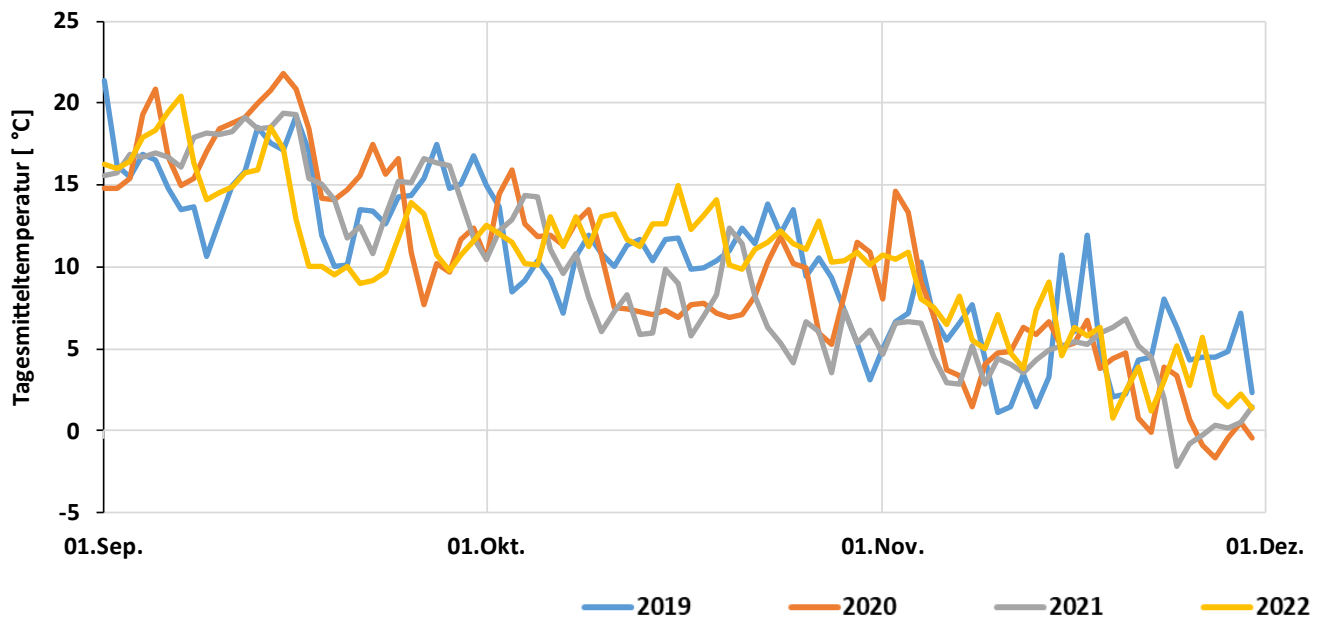


Abbildung 3.9: Monatsmittelwerte des NO₂/NO_x-Verhältnisses bei Kristein A1, der Inversionshäufigkeit zwischen Hörsching (298 m ü.M.) und Wolfsegg (635 m ü.M.) sowie der Temperatur bei Hörsching, 2019-2023. Datenquelle: Kristein A1: Land OÖ; Temperaturen bei Hörsching und Wolfsegg: GeoSphere Austria.

3.2.3. Berechnete Emissionen und gemessene Immissionen an Stickoxiden

Das Maximum der Stickstoffoxidemissionen liegt jeweils im Sommer. Sie werden nun nach dem HBEFA4.2 berechnet, weshalb ein Vergleich mit früheren Jahren keinen Sinn macht. Die Immissionsverläufe (NOx und NO₂) schwanken deutlich von Jahr zu Jahr. Ihr Maximum liegt generell im Winter, beim NO₂ meist etwas später als beim NOx (bedingt durch das im Spätwinter höhere Ozonangebot). Die folgende Abbildung zeigt den Jahresverlauf der aktuellen Emissionen 2022/23 bzw. der Immissionen an NOx und NO₂ aus den Betriebsjahren 2012/13 und 2022/23. So kann die Entwicklung über die letzten 10 Betriebsjahre ermessen werden.

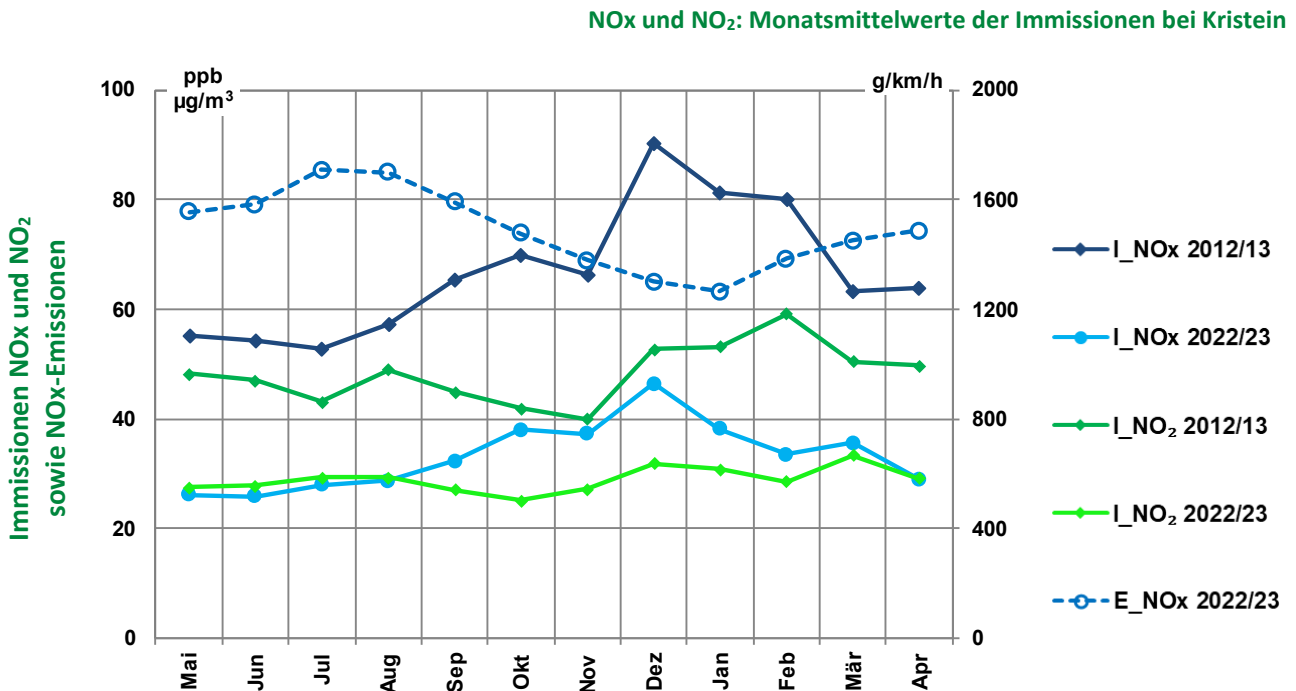


Abbildung 3.10: Monatsmittelwerte der Immissionen (NOx [ppb], NO₂ [µg/m³]) sowie der NOx-Emissionen [g/km/h] bei Kristein, 2012/13 (nur Immissionen) und 2022/23.

Die Verteilung der NO₂-Immission bei Kristein über das Betriebsjahr 2022/23 wird in einem Piktogramm gezeigt: Jeder Halbstundenmittelwert wird farbkodiert gezeigt, die Horizontalachse steht für den Kalendertag und die Vertikalachse für die Tageszeit.

Die höchsten NO₂-Konzentrationen treten bei Kristein an der A1 abends auf, im Winter etwas früher als sonst. Die 'Rush-Hours' am Morgen sind nicht so stark belastet. Es zeigt sich auch hier, dass an diesem Standort der jahreszeitliche Gang wenig ausgeprägt ist. Im Oktober und November 2022 ist die oben beschriebene 'NO₂-Armut' zu sehen (viele blaue Flächen). Sie zeigen sich vor allem in der ersten Tageshälfte.

Durch die automatischen Kalibrationen der Stickoxid-Messung geht pro Tag eine Halbstunde an Messwerten verloren, was im Piktogramm als weiße Fläche ausgewiesen wird. Die Uhrzeit der Kalibration verschiebt sich jeden Tag um eine Halbstunde, was sich im Piktogramm durch schräge weiße Linien (Felder ohne Messwert) zeigt.

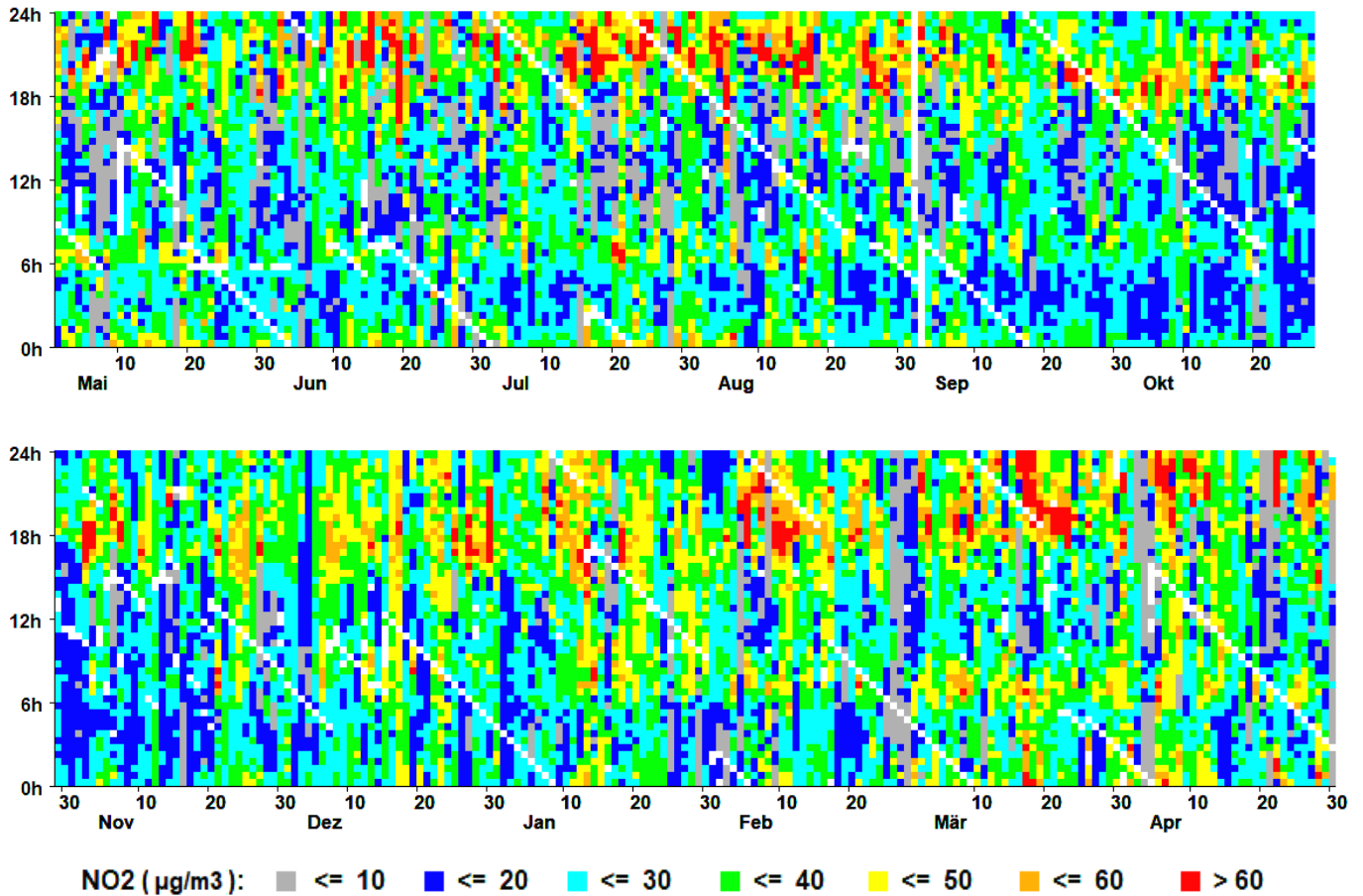
Piktogramm der NO₂-Immission, Kristein A1

Abbildung 3.11: Piktogramm der NO₂-Immissionen bei Kristein A1, 05.2022-04.2023. Jeder Halbstundenwert wird farbkodiert dargestellt. Horizontalachse: Kalendertag; Vertikalachse: Tageszeit.

Zur Einordnung der Immissionsverhältnisse bei Kristein werden auch die Immissionen von anderen Messstellen in dieser Region betrachtet: Wels, Linz (24er Turm) und Linz-Römerberg.

Die mit am stärksten belastete Station Kristein war ursprünglich meist ein Stück höher belastet als Linz-Römerberg; danach hatte Linz-Römerberg Kristein immissionsseitig in jedem Monat 'überholt'. Die Stickoxidemissionen waren an Autobahnen und Schnellstraßen prozentual stärker zurückgegangen als an städtischen Straßenstandorten; dies bildete sich in den Immissionen ab. Inzwischen liegen die beiden Stationen etwa gleichauf. Die beiden anderen Stadtstandorte blieben stets weniger belastet.

NOx und NO₂: Monatsmittelwerte der Immissionen an vier Messstationen

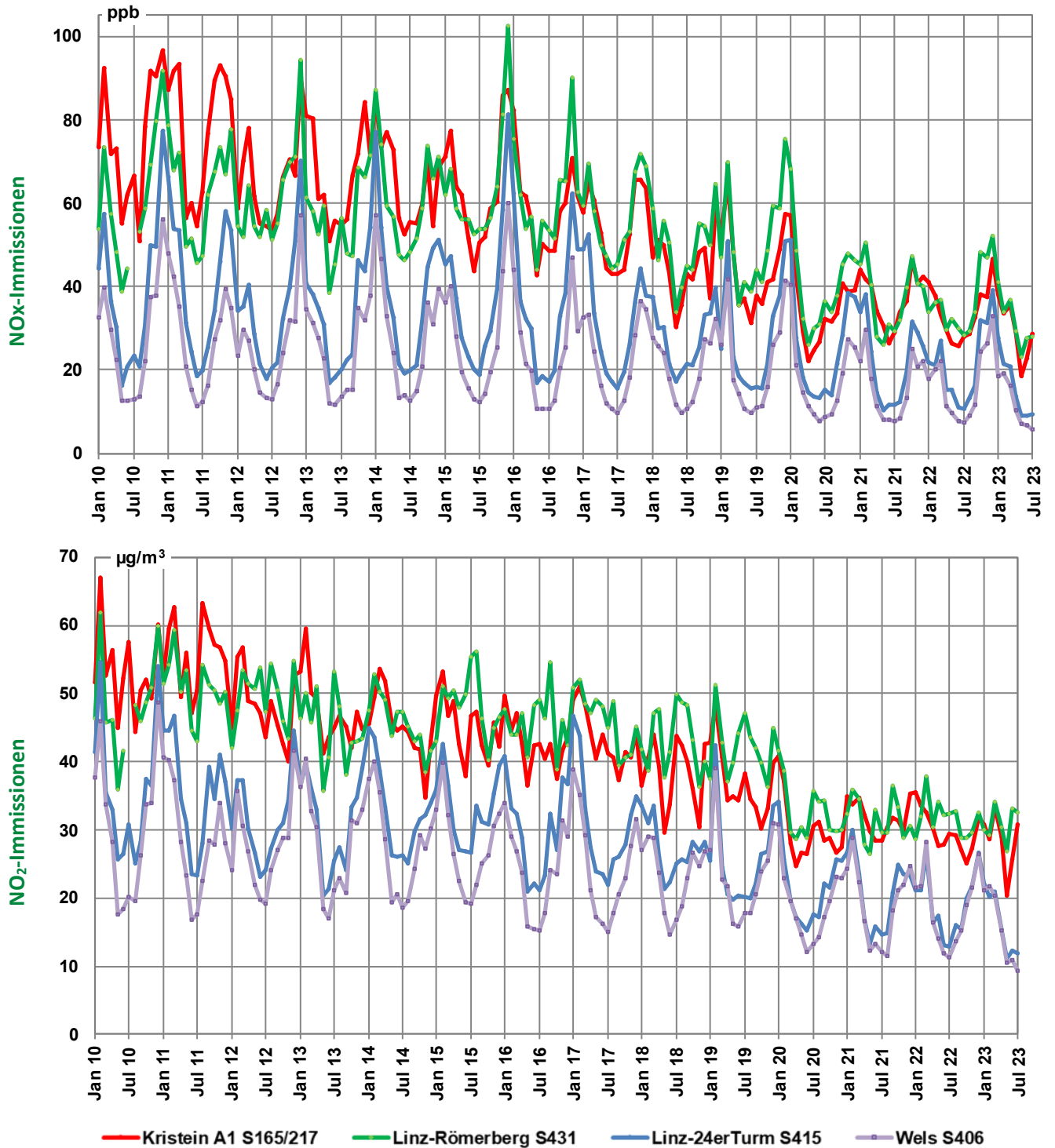


Abbildung 3.12: Monatsmittelwerte der Immissionen an NO_x und NO₂ der Messstandorte Kristein, Linz-Römerberg, Linz-24er Turm und Wels, Jänner 2010 – Juli 2023.

3.3. Wochenverlauf

Die mittlere Häufigkeit der Tempo100-Schaltungen stieg im Laufe der Woche bis Freitag auf etwa 28% an. Am Wochenende war die Schaltheufigkeit im Wochentagsverlauf relativ hoch, nur freitags war sie höher.

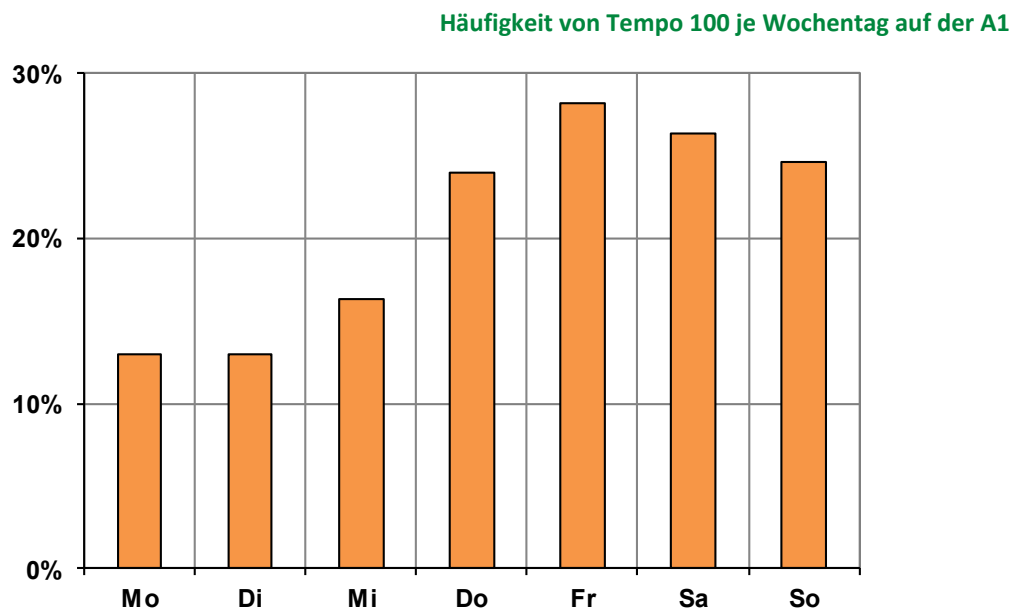


Abbildung 3.13: Häufigkeit von Tempo100 je Wochentag auf der A1, Krastein (01.05.2022-04.2023).

Die NO_2 -Immissionen zeigten demgegenüber ihr Minimum am Sonntag und ähnliche Werte von Dienstag bis Freitag. Der DTV des Leichtverkehrs (Pkw und Lieferwagen) änderte sich nicht viel mit dem Wochentag mit Maximalwerten freitags und sonntags (wenngleich der Tagesverlauf am Wochenende ein anderer ist), der DTV des Schwerverkehrs war hingegen am Samstag und vor allem am Sonntag sehr viel kleiner als unter der Woche.

Die erhöhte Tempo100-Häufigkeit am Wochenende trotz geringerer NO_2 -Gesamtmissionen kann wie folgt erklärt werden: Die Tempo100-Schaltung soll vor allem die chronische Belastung mit NO_2 reduzieren, also das Jahresmittel. Dazu werden auch die NO_2 -Immissionen an Tagen mit nicht so hoher Gesamtmission wie an Sonntagen (wenn die Lkw fehlen) reduziert. Tempo100 wird geschaltet, wenn allein der *Beitrag des Leichtverkehrs zur NO_2 -Immission* über einer bestimmten Schwelle liegt. Die Schaltung kann die Emissionen der Lkw werktags nicht reduzieren, da diese ja langsamer als mit 100 km/h unterwegs sind.

Im Weiteren ist der Anteil des NO₂ an der gesamten vom Leichtverkehr verursachten Stickstoffoxid-Immission (NO_x) am Sonntag höher als werktags, weil das in der Luft aus emittiertem NO und Ozon gebildete NO₂ sonntags fast nur aus NO stammt, welches der Leichtverkehr emittiert hat, werktags aber kommt das emittierte NO zu einem erheblichen Teil vom Schwerverkehr. Dadurch ist der Beitrag des Leichtverkehrs zur NO₂-Immission bei gleicher gesamter NO_x-Immission sonntags höher als werktags, was die Schalthäufigkeit von Tempo100 sonntags im Vergleich zu Werktagen erhöht.

Mit dem neuen Schwellenwert im Jahr 2015 hat sich die Tempo100-Häufigkeit an jedem Wochentag stark erhöht. Der grundsätzliche Wochenverlauf hat sich dadurch nicht geändert.

Häufigkeit von Tempo 100 auf der A1 je Wochentag

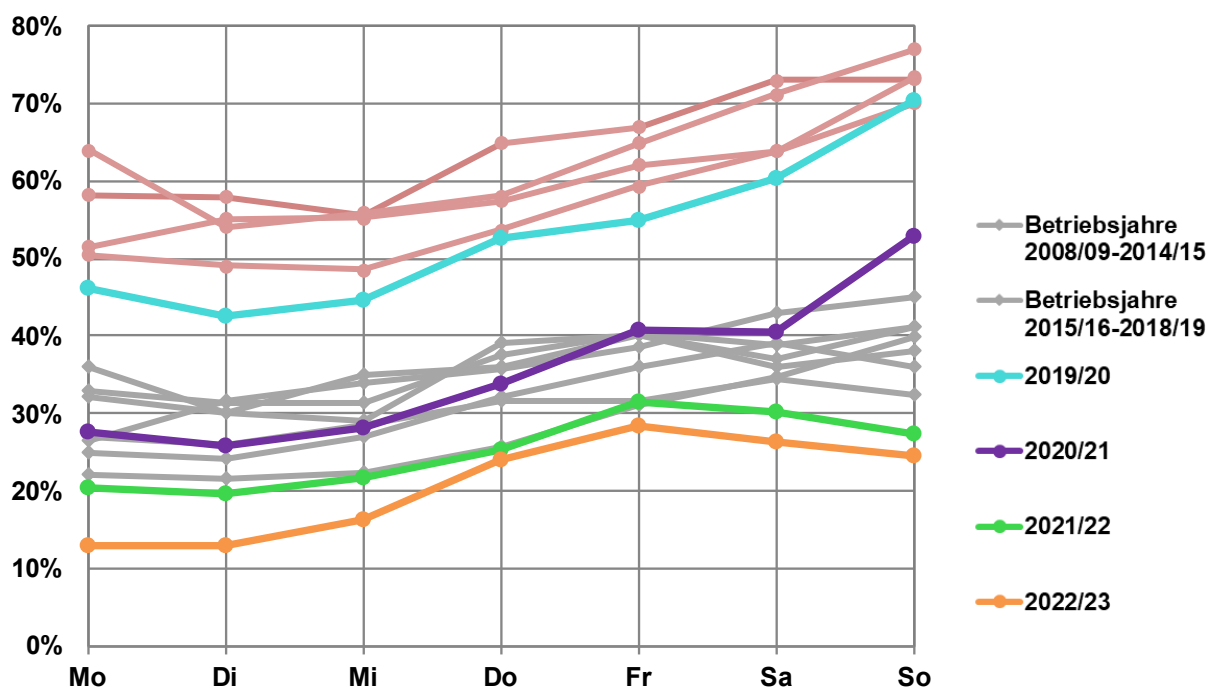


Abbildung 3.14: Häufigkeit von Tempo100 auf der A1 bei Kristein je Wochentag, Betriebsjahre Mai-April 2008/09-2014/15, 2015/16- 2018/19 sowie 2019/20, 2020/21, 2021/22 und 2022/23.

Seit dem Betriebsjahr 2021/22 ist die Schalthäufigkeit am Wochenende etwas kleiner als freitags, was vermutlich mit der geringeren Schalthäufigkeit an sich zu tun hat (erhöhter Schwellenwert). Besonders in der Phase 2015/16 – 2019/20 mit dem abgesenkten Schwellenwert war die Schalthäufigkeit am Wochenende deutlich höher als werktags; dann schafften es viele Pkw-NO₂-Anteile über den Schwellenwert, die das werktags, als sie das Ozon mit den NO-Emissionen der Lkw 'teilen' mussten, nicht schafften.

4. Dokumentation der täglichen Schaltzeiten

In der folgenden Tabelle werden die täglichen Schaltzeiten von Tempo100 im Betriebsjahr 2022/23 dokumentiert.

Tabelle 4.1: Tägliche Anzahl Stunden mit Tempo100, A1 bei Kristein (05.2022-04.2023).

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

Die Verfügbarkeit der Tempo100-Schaltung war mit 95% gut.

Das Maximum von 23 Stunden mit Tempo100 wurde am 17.12.2022 (Samstag) erreicht. Das Verkehrsaufkommen war hoch und hat zu den anhaltenden Tempo100-Schaltungen beigetragen.

An 42 Tagen gab es gar keine Tempo100-Schaltung.

Die Tage mit "extrem" hohen Schaltzeiten ereigneten sich überwiegend im Winter (Dezember und Jänner) sowie zur Urlaubszeit (Juli-August und April), die Tage mit sehr tiefen Schaltzeiten verteilten sich wie schon früher über das ganze Jahr.

Anzahl Tage pro Monat mit extremen Tempo100-Schaltzeiten auf der A1

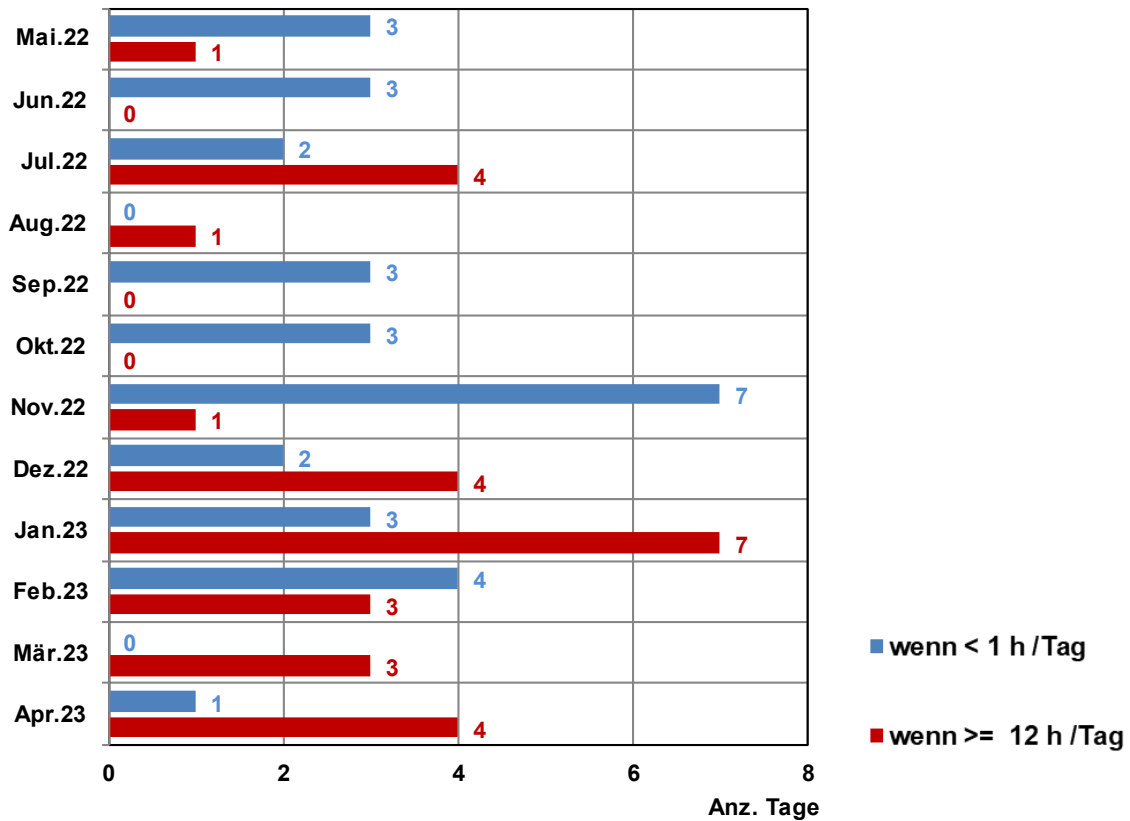


Abbildung 4.1: Anzahl Tage pro Monat mit extrem hohen oder tiefen Tempo100-Schaltzeiten, A1 bei Kristein (05.2022-04.2023).

5. Effektive Fahrgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs

In diesem Kapitel werden die mittleren Fahrgeschwindigkeiten auf der A1 zwischen Enns und Linz vom Mai 2022 – April 2023 dargestellt.

Zeitweise galt ein Tempo100-Limit, ansonsten Tempo130. Da eine Geschwindigkeitsmessung jeweils eine volle Tagesstunde umfasst und die Schaltung des Tempolimits jeweils um x:10 Uhr bzw. x: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. Fahrgeschwindigkeiten der Pkw von weniger als 90 km/h waren auf übersättigte Verkehrsdichte, Stau, prekäre Straßenverhältnisse o.ä. zurückzuführen und wurden weggelassen. Tempobegrenzungen nach StVO wurden mitberücksichtigt und die Effekte dieser Berücksichtigung werden im Folgenden aufgezeigt.

Dabei werden zwei Betrachtungsweisen vorgelegt: **Einerseits** wie in den früheren Evaluationen "Alle Daten (inkl. Zeiten mit StVO-Limits)", in diesem Fall wurde also nur darauf abgestellt, ob die IG-L-Schaltung Tempo100 oder Tempo130 vorgelegt hatte, unabhängig davon, ob gleichzeitig allenfalls noch ein StVO-Limit gegolten hatte. **Andererseits** "Zeiten mit StVO-Limits weggelassen", in jenem Fall wurden also Zeiten, während denen ein StVO-Limit galt, aus der Geschwindigkeitsbetrachtung weggelassen. Allerdings: Zeiten mit StVO-Limit von 100 km/h während IG-L-Tempo100 wurden dennoch mitgenommen, s. dazu auch Kapitel 2.

Die folgenden Tabellen zeigen die durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs tagsüber bzw. nachts, mit bzw. ohne IG-L-Schaltung, inklusive bzw. ohne Zeiten mit einem geltenden StVO-Limit. Da Zeiten mit einer Pkw-Geschwindigkeit von weniger als 90 km/h generell weggelassen wurden, fielen die meisten StVO-Limits von 60 km/h und ein Teil der StVO-Limits von 80 km/h bei diesem Vergleich nicht ins Gewicht (die effektiven Fahrgeschwindigkeiten waren oft höher als die Limits).

Tabelle 5.1: Effektiv gefahrene Geschwindigkeiten des Leichtverkehrs (LV) je IG-L-Tempolimit inkl. bzw. ohne Zeiten mit StVO-Limits, tagsüber (6-22 Uhr) bzw. in der Nacht (22-6 Uhr) auf der A1 bei Kristein, 05.2022-04.2023 (oben), 05.2019-04.2020 (Mitte) bzw. 05.2018-04.2019 (unten):

Tempolimit (05.2022-04.2023) <i>Alle Daten (inkl. Zeiten mit StVO-Limits)</i>	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L-Schaltung inkl. StVO-Limits	111.8	111.1
ohne IG-L-Schaltung inkl. StVO-Limits	120.9	118.0
Tempolimit (05.2022-04.2023) <i>Zeiten mit StVO-Limits weggelassen</i>	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L-Schaltung	111.9	111.2
ohne IG-L-Schaltung	121.8	118.9
Tempolimit (05.2019-04.2020) <i>Alle Daten (inkl. Zeiten mit StVO-Limits)</i>	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L-Schaltung inkl. StVO-Limits	113.9	111.7
ohne IG-L-Schaltung inkl. StVO-Limits	122.7	119.1
Tempolimit (05.2019-04.2020) <i>Zeiten mit StVO-Limits weggelassen</i>	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L-Schaltung	114.1	112.0
ohne IG-L-Schaltung	123.7	120.4
Tempolimit (05.2018-04.2019) <i>Alle Daten (inkl. Zeiten mit StVO-Limits)</i>	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L-Schaltung inkl. StVO-Limits	114.1	111.8
ohne IG-L-Schaltung inkl. StVO-Limits	123.2	118.5
Tempolimit (05.2018-04.2019) <i>Zeiten mit StVO-Limits weggelassen</i>	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L-Schaltung	114.2	111.9
ohne IG-L-Schaltung	124.0	120.6

Der Effekt der Berücksichtigung der StVO-Limits bei der Berechnung der Durchschnittsgeschwindigkeiten wird in der nächsten Tabelle aufgeführt.

Tabelle 5.2: Effekt der Weglassung der Zeiten mit StVO-Limits bei der Berechnung der Durchschnittsgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs (LV) je IG-L-Tempolimit, tagsüber (6-22 Uhr) bzw. in der Nacht (22-6 Uhr) auf der A1 bei Kristein, 05.2022-04.2023 (oben), 05.2019-04.2020 (Mitte) bzw. 05.2018-04.2019 (unten):

Tempolimit (05.2022-04.2023) <i>Effekt der Weglassung der Zeiten mit StVO-Limits</i>	LV: v-Diff [km/h] 6-22 Uhr	LV: v-Diff [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L-Schaltung	+0.07	+0.01
ohne IG-L-Schaltung	+0.94	+0.90

Tempolimit (05.2019-04.2020) <i>Effekt der Weglassung der Zeiten mit StVO-Limits</i>	LV: v-Diff [km/h] 6-22 Uhr	LV: v-Diff [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L-Schaltung	+0.21	+0.33
ohne IG-L-Schaltung	+0.99	+1.32

Tempolimit (05.2018-04.2019) <i>Effekt der Weglassung der Zeiten mit StVO-Limits</i>	LV: v-Diff [km/h] 6-22 Uhr	LV: v-Diff [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L-Schaltung	+0.09	+0.10
ohne IG-L-Schaltung	+0.74	+2.06

Bei "Mit IG-L-Schaltung" (Tempo100) sind die Geschwindigkeitsunterschiede gering, lagen im aktuellen Betriebsjahr mit +0.07 km/h tagsüber bzw. +0.01 km/h nachts im Bereich der Erfassungsgenauigkeit.

Der Effekt ist "ohne IG-L Schaltung" (Tempo130) höher, weil da auch die (häufigsten) StVO-Limits von 100 km/h weggelassen werden, was die Durchschnittsgeschwindigkeit bei Tempo130 (ohne StVO-Limits) erhöht. Die Weglassung der Zeiten mit StVO-Limits erhöhte im aktuellen Betriebsjahr die mittlere Geschwindigkeit um knapp 1 km/h.

StVO-Limits von 100 km/h während IG-L-Tempo100-Limits (schraffiert in nächster Abbildung) haben die gefahrenen Geschwindigkeiten demgegenüber kaum beeinflusst.

Nach Auskunft der Asfinag vor einem Jahr sind die Kriterien für Tempolimits nach StVO fix in einer Verordnung festgelegt; auch technische Variabilität wurde ausgeschlossen.

Tagesüber sind StVO-Limits etwas häufiger als nachts (Abbildung 5.1), der nicht ausgeprägte Jahresverlauf (Abbildung 5.2) scheint zufällig zu sein mit einer Spitze im April 2023.

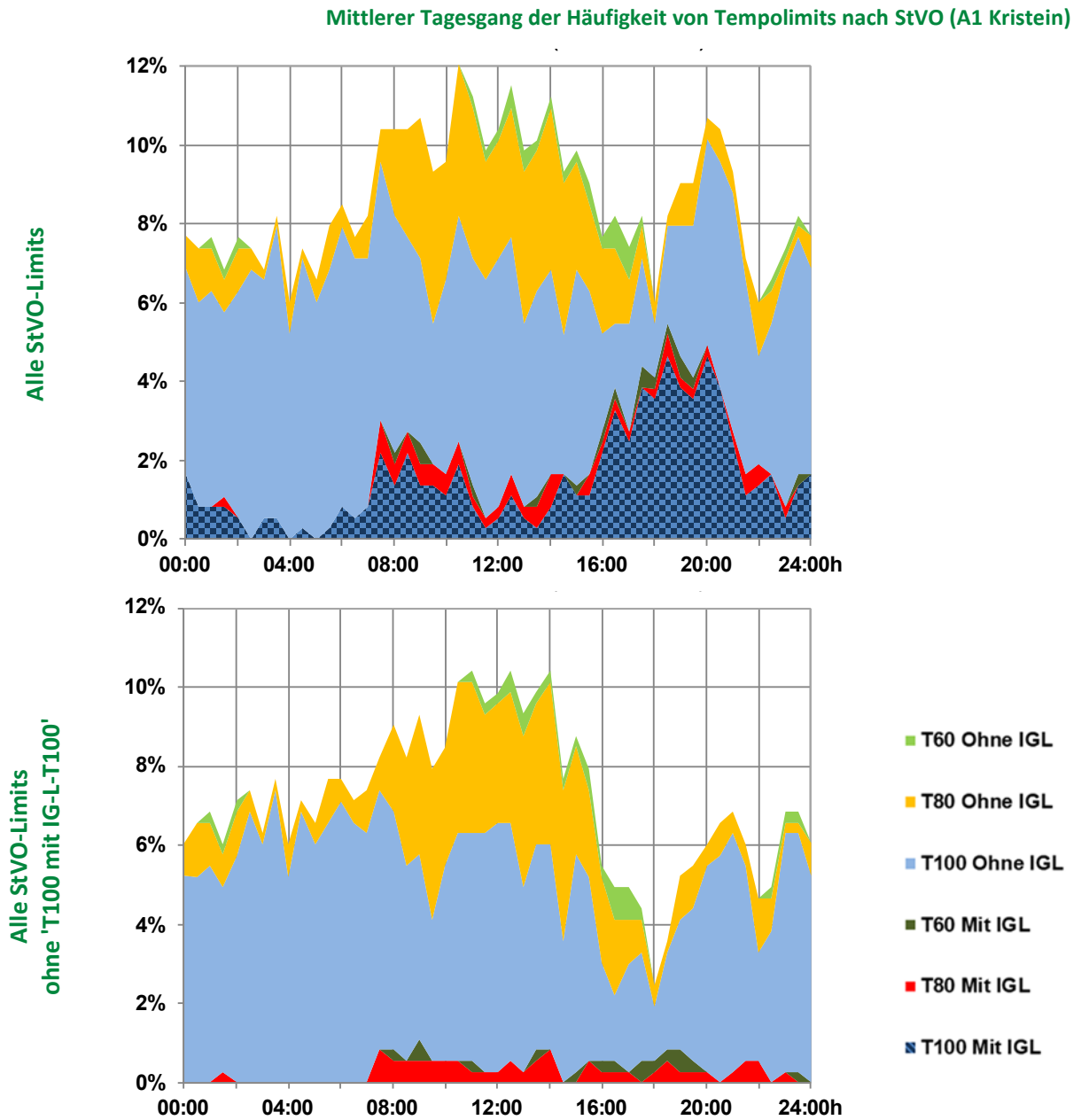


Abbildung 5.1: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempolimits nach StVO auf der A1 bei Kristein (05.2022-04.2023). Schraffiert: StVO-Tempo100 bei IG-L-Tempo100 (keine Relevanz für Geschwindigkeitsbestimmungen). Unten: 'StVO-Limits ohne 'StVO-Tempo100 bei IG-L-Tempo100'.

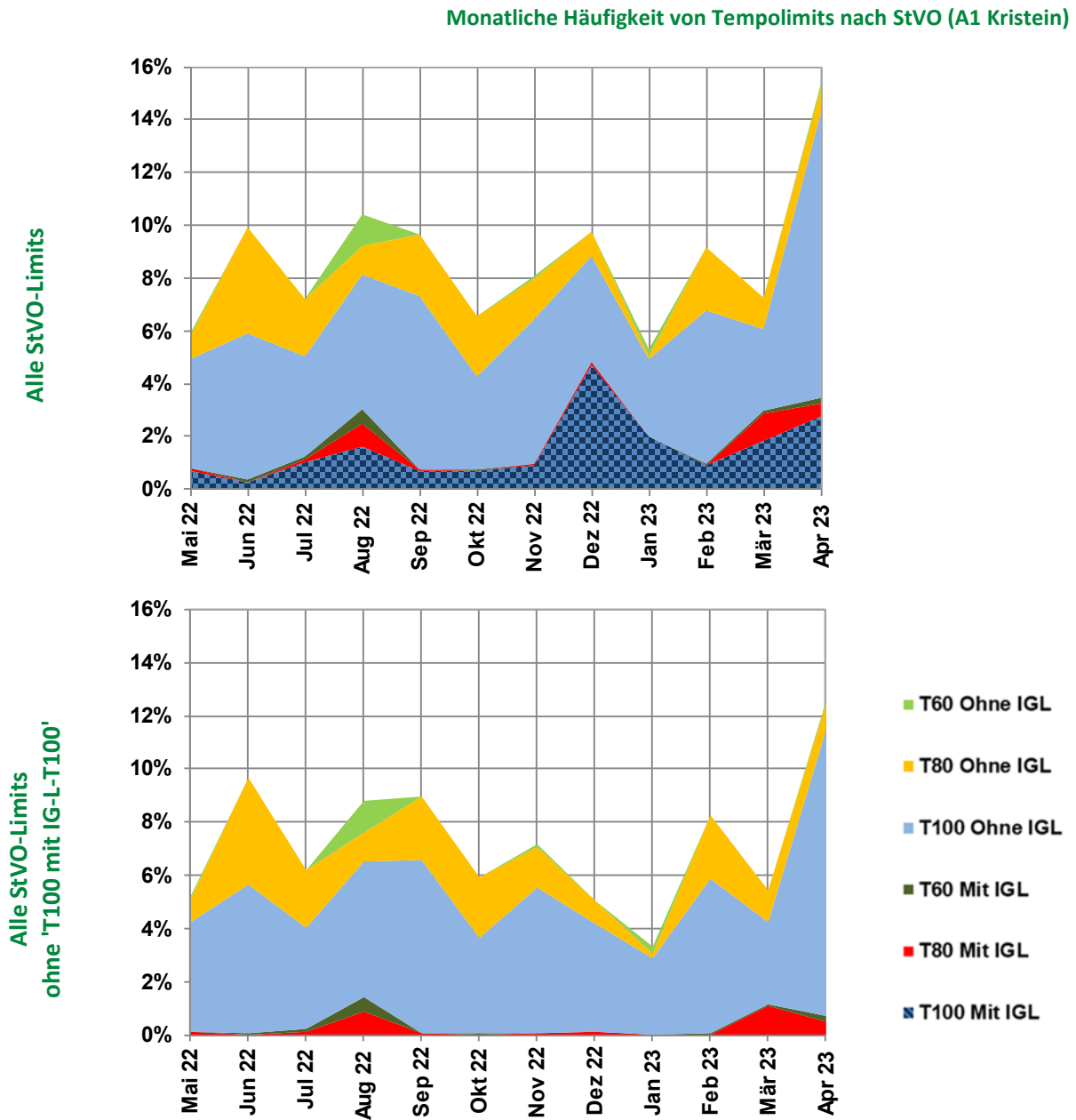


Abbildung 5.2: Jahresverlauf der Häufigkeit von Tempolimits nach StVO auf der A1 bei Kristein (05.2022-04.2023). Schraffiert: StVO-Tempo100 bei IG-L-Tempo100 (keine Relevanz für Geschwindigkeitsbestimmungen). Unten: 'StVO-Limits ohne 'StVO-Tempo100 bei IG-L-Tempo100'.

Da die Effekte der StVO-Limits auf die Fahrgeschwindigkeiten bei IG-L-Tempo100, aber auch bei Tempo130 insgesamt gering sind, werden in den **folgenden Teilen dieses Kapitels** wie in den bisherigen Evaluationen bei der Darstellung von Durchschnittsgeschwindigkeiten alle Zeiten einbezogen, also auch solche mit StVO-Limits.

Die Durchschnittsgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs haben sich im Vergleich zum Vorjahr um 1 (nachts) bis 2 (tagsüber) km/h reduziert. Da der Schwerverkehr seine mittleren Geschwindigkeiten innerhalb von 0.1 km/h im Vergleich zu 2019/20 gehalten hat, scheint diese Reduktion echt und nicht etwa erfassungstechnisch bedingt zu sein. Bei Tempo100 wird im Mittel aber nach wie vor schneller als 110 km/h gefahren, auch nachts.

Mittelwerte der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs von 6-22 Uhr (Tag) und von 22-6 Uhr (Nacht) je Tempolimit auf der A1 bei Kristein

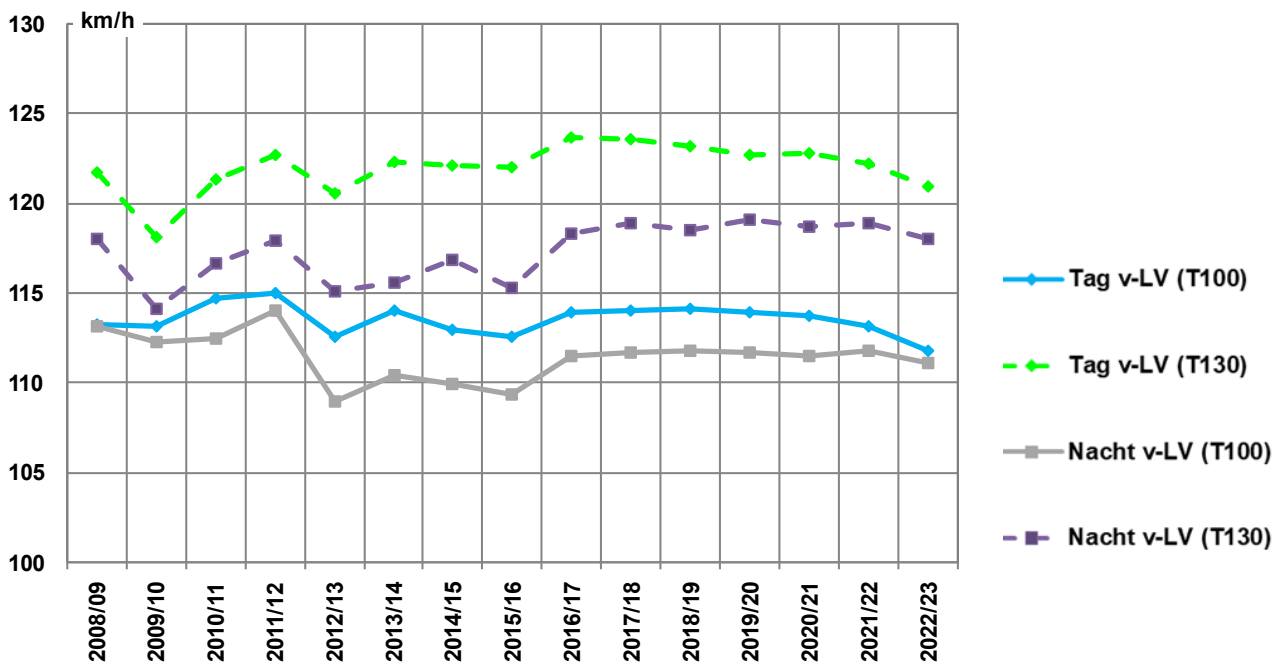


Abbildung 5.3: Mittelwerte der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs von 6-22 Uhr (Tag) und von 22-6 Uhr (Nacht) je Tempolimit auf der A1 bei Kristein, Mai bis April, 2008/09 – 2022/23; StVO-Limits unbeachtet.

Die schweren Nutzfahrzeuge (SNF) haben in ihrer Geschwindigkeit kaum auf Tempo 100 reagiert. Ihre Mittelgeschwindigkeit betrug rund 86 km/h bei einem Limit von 80 km/h.

Mittelwerte der Geschwindigkeit von 6-22 Uhr auf der A1 bei Kristein

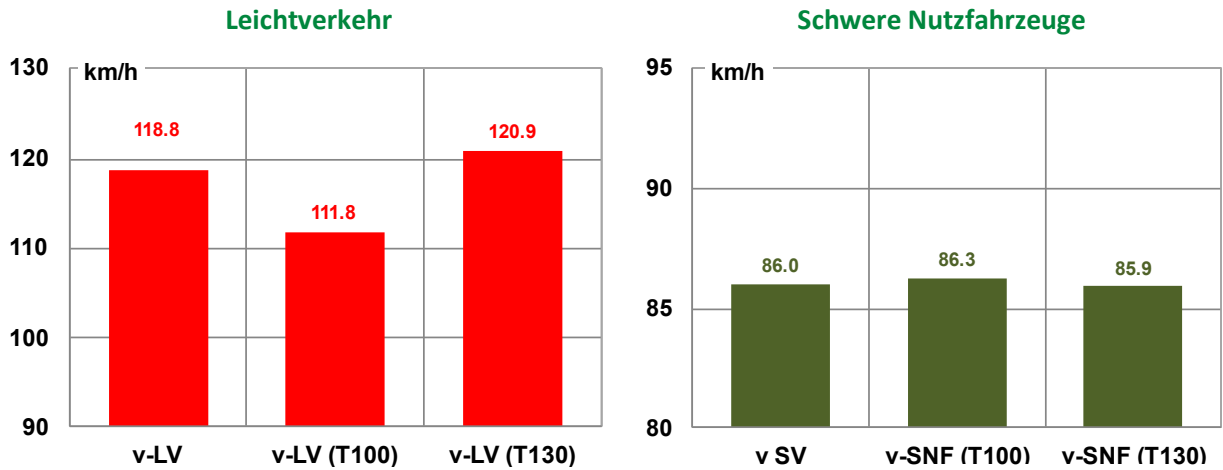


Abbildung 5.4: Mittelwerte der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF) tagsüber (von 6-22 Uhr) auf der A1 bei Kristein (05.2022-04.2023); StVO-Limits unbeachtet.

Der Gesamtmittelwert der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs liegt relativ nahe zum Mittel bei 'Tempo130', da es nur noch zu rund 20% der Zeit Tempo100-Schaltungen gab.

Im mittleren Tagesgang der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs zeigte sich bei Tempo100 ein flacher Verlauf mit etwas höheren Geschwindigkeiten tagsüber (von ca. 6-11 Uhr). Bei Tempo 130 wurde tagsüber (von ca. 8-20 Uhr) etwas schneller gefahren als nachts. Die Geschwindigkeit der schweren Nutzfahrzeuge zeigte kaum einen Tagesgang.

Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des LV und der SNF auf der A1

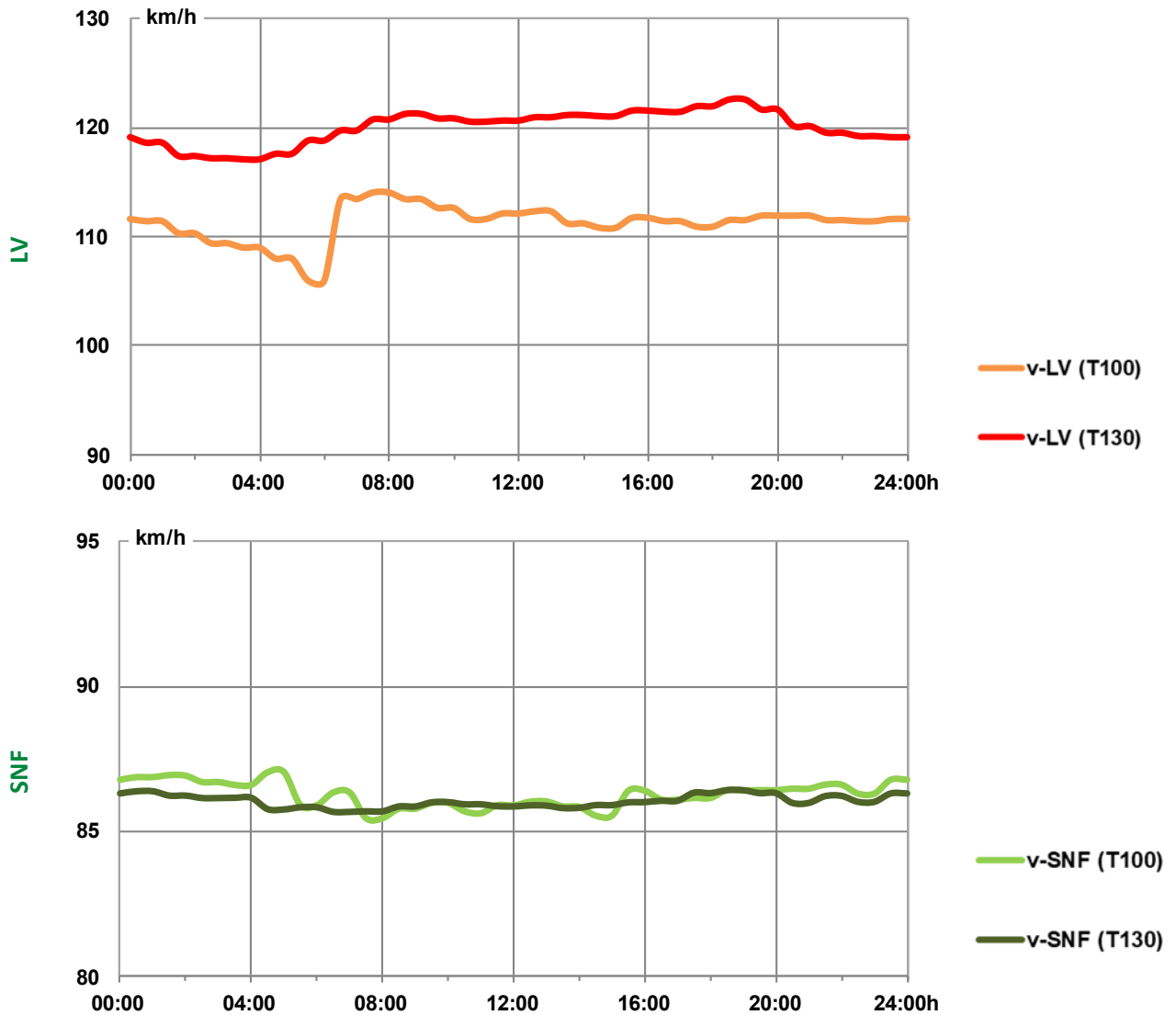


Abbildung 5.5: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (oben) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; unten) auf der A1 bei Kristein (05.2022-04.2023); StVO-Limits unbeachtet.

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 112 km/h bei Tempo 100 und 122 km/h bei Tempo 130. Nur wenige Stundenwerte betragen über 118 km/h bei Tempo 100 bzw. über 128 km/h bei Tempo 130. Die Verteilungen sind sehr ähnlich zum Vorjahr 2019/20, allerdings bei beiden Tempolimits um 2 km/h nach links hin zu geringeren Geschwindigkeiten verschoben. Dies wirft die Frage eines messtechnischen Effektes auf, allerdings hat sich die mittlere Geschwindigkeit des Schwerververkehrs nicht verändert (dessen Geschwindigkeit mit dem gleichen System erfasst wird), so dass von korrekten Geschwindigkeiten ausgegangen wird.

Häufigkeitsverteilung des Pkw-Aufkommens nach Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit auf der A1

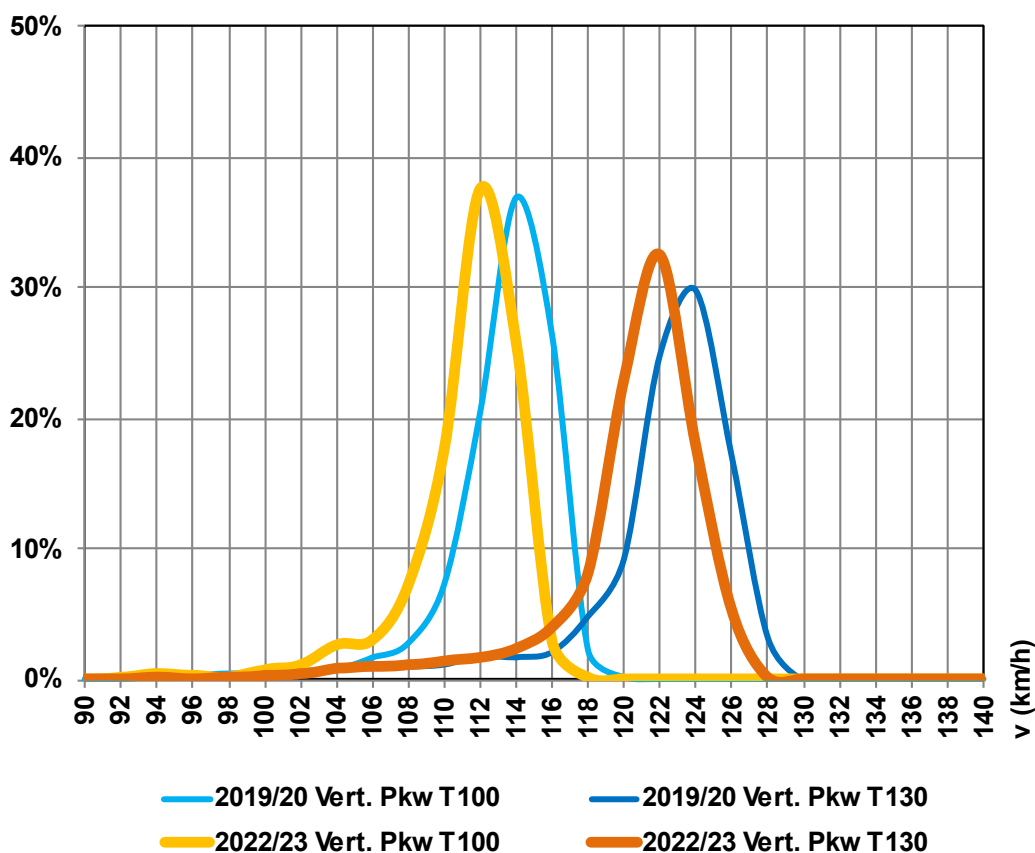


Abbildung 5.6: Mit dem Pkw-Aufkommen gewichtete Häufigkeitsverteilung der Stundenmittel der Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit auf der A1 bei Kristein (05.2019-04.2020 und 05.2022-04.2023).

Die im Folgenden dargestellten Monatsmittelwerte der Fahrgeschwindigkeiten beziehen sich nur auf die Tagesstunden von 6 – 22 Uhr. Es gab keine großen Unterschiede zwischen den Monaten.

Monatsmittelwerte der Geschwindigkeit des LV und der SNF auf der A1

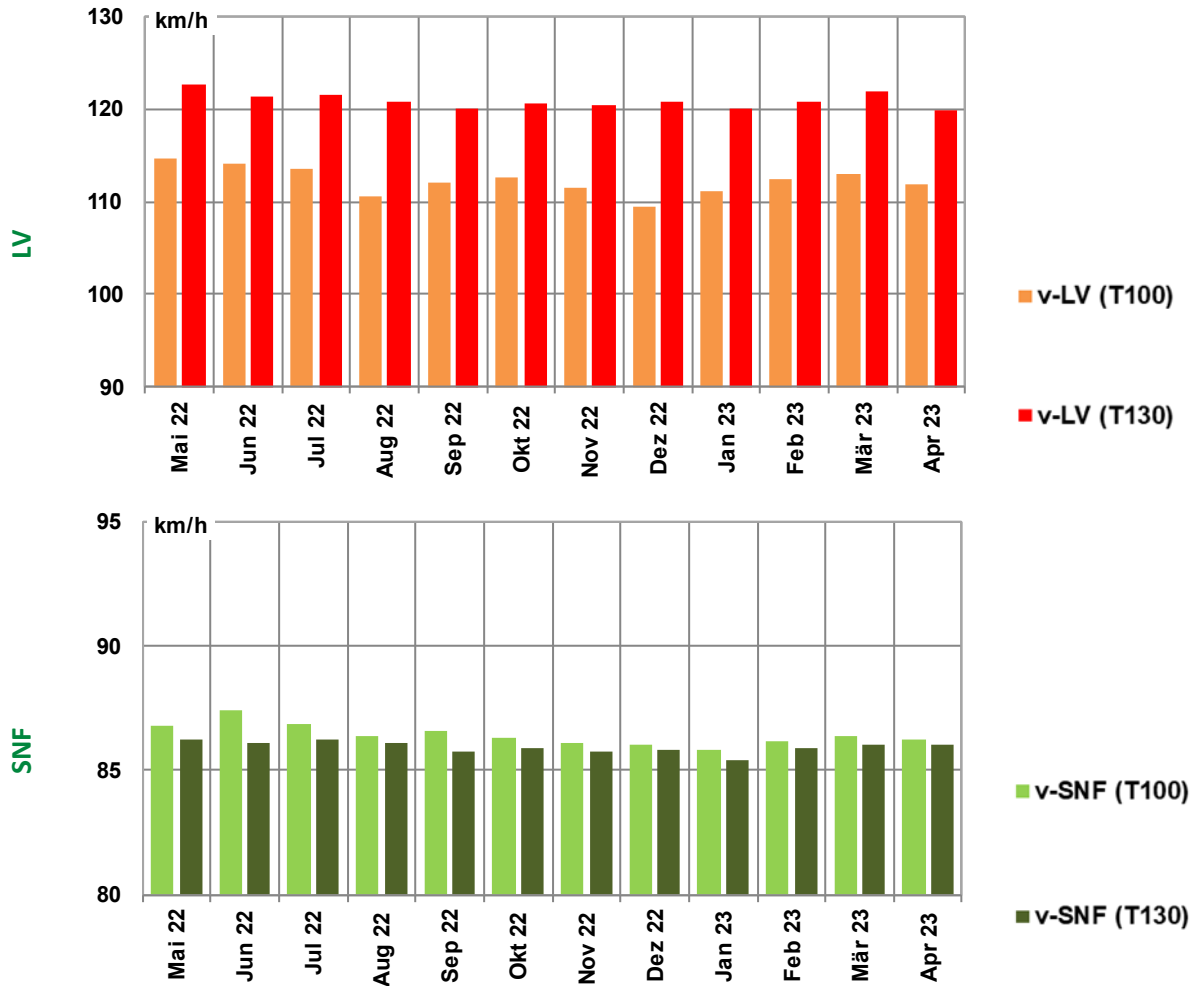


Abbildung 5.7: Monatsmittelwerte der Fahrgeschwindigkeit von 6-22 Uhr des Leichtverkehrs (LV; oben) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; unten) auf der A1 bei Kristein (05.2022-04.2023); StVO-Limits unbeachtet.

6. Wirksamkeit der flexiblen Tempo100-Schaltung zwischen Enns und Linz

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. Dabei bildeten die Reduktionen der mittleren Geschwindigkeit des Leichtverkehrs infolge Tempo100 um die ermittelten **9.9 km/h tagsüber und 7.7 km/h nachts** die Basis. Bei der Ermittlung dieser Geschwindigkeitsreduktionen wurden die StVO-Tempolimits weggelassen, um den vollen Effekt des flexiblen Tempolimits zu ermitteln, was den Prozentsatz der Wirkung im Vergleich zu einem permanenten Tempolimit betrifft.

Zur Umsetzung dieser unterschiedlichen Emissionen in Immissionen wurde das empirische Ausbreitungsmodell von Oekoscience (Tau-Modell) eingesetzt.

Bei den **Emissionen** an NO_x und CO₂ lassen sich die folgenden **Reduktionen durch das real umgesetzte Tempo100-Limit** abschätzen:

Tabelle 6.1: Emissionsreduktionen für NO_x und CO₂ durch das real umgesetzte flexible Tempo100-Limit auf dem 13 km langen Abschnitt Enns-Linz der A1, 05.2022-04.2023:

	NO _x	CO ₂
Gesamtemission [t/y]	160	87'696
Einsparung durch flexibles T100 [t/y]	-8	-1360
in %	-4.6%	-1.5%

Die prozentuale Kraftstoffeinsparung dürfte sich etwa im Bereich der CO₂-Einsparung bewegt haben. Die prozentualen Effekte betragen nur noch knapp die Hälfte von 2019/20, was vor allem mit der Schwellenwerterhöhung und damit einhergehenden verringerten Schalthäufigkeit von Tempo100 zu tun hat

Alle Berechnungen der Emissionen in diesem Evaluationsbericht basieren auf dem Handbuch der Emissionsfaktoren **HBEFA 4.2**.

Es wurden vier Szenarien für den Zeitraum Mai 2022 – April 2023 berechnet:

- **“Tempo100 immer“**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren stets mit der bei Kristein gemessenen Durchschnittsgeschwindigkeit bei 'Tempo 100' (111.9 km/h tagsüber bzw. 111.2 km/h nachts).
- **“Tempo100 nie“**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren stets mit der bei Kristein gemessenen Durchschnittsgeschwindigkeit bei 'Tempo 130' (121.8 km/h tagsüber bzw. 118.9 km/h nachts).
- **“Tempo100 temporär“**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren zu jeder Stunde mit dem real gemessenen stündlichen Mittelwert der Pkw-Geschwindigkeit. *Dies entspricht dem Realzustand für Kristein (mit den dort vorhandenen Emissionen und Immissionen).*
- **“Tempo100 Winterhj.“**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren im Winterhalbjahr (Oktober – März) stets mit 'Tempo 100', im Sommerhalbjahr stets mit 'Tempo 130'.

Für den übrigen Verkehr wurde jeweils kategorienspezifische Referenzgeschwindigkeit angenommen.

Ausgehend von der realen Situation (Ermittlung des Ausbreitungsfaktors Tau mit dem Real-Szenarium “Tempo100 temporär“ auf Basis der (halb)stündlich ermittelten Größen Verkehrsaufkommen, Immissionen und Pkw-Geschwindigkeit) werden die Immissionen an NO_x und NO₂ halbstündlich für jedes Szenarium ermittelt. Daraus können die Effekte für permanentes und temporäres Tempo100 abgeleitet werden. Die Effekte hinsichtlich der **Immissionen und Emissionen an NO_x und NO₂** werden in den nächsten drei Tabellen dargestellt:

Durch die Tempo100-Schaltung stellten sich erkennbare Reduktionen an Emissionen und Immissionen ein. Die Schaltung reduziert neben der chronischen Belastung (→ Mittelwerte) auch Spitzenbelastungen (→ 95%-Perzentile; Wert, der von 5% aller Werte überschritten wird).

Tabelle 6.2: Absolute Kennzahlen der vier Szenarien 'Tempo 100 immer', 'Tempo100 nie', 'Tempo100 Winterhj.' und 'Tempo100 temporär vreal' (= real), Kristein A1, Mai 2022 – April 2023.

Kristein 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
T100 immer	1226	211	30.5	26.4	67	51	0
T100 nie	1460	253	35.6	30.9	79	61	0
T100 WHj.	1351	233	32.6	28.6	69	55	0
T100 temp. (vreal)	1393	241	33.4	29.0	71	54	0

Das flexible Tempo100-Limit reduzierte das NO₂-Jahresmittel um 1.9 µg/m³. Dank des flexiblen Tempo100 lag das NO₂-Jahresmittel in diesem Betriebsjahr unter dem IG-L-Grenzwert, allerdings wäre es auch bei einem permanenten 'Tempo130' deutlich unterhalb des EU-Grenzwertes von derzeit 40 µg/m³ gelegen.

Die relativen Effekte eines **permanenten** 'Tempo100' im Vergleich zu einem permanenten 'Tempo130' werden in der nächsten Tabelle gezeigt.

Der Effekt ist bei den NOx-Immissionen geringer als bei den NOx-Emissionen, da die Pkw im Mittel bei günstigeren Ausbreitungsbedingungen fahren als der Schwerverkehr und wegen des Immissions-Hintergrundes. Ein **permanentes Tempo100-Limit** würde also die **Stickoxid-Immissionen** bei Kristein gegenüber einem permanenten Tempo130-Limit **um 14 - 15% verringern**. Dies bei den entsprechenden **real gefahrenen Geschwindigkeiten**.

Tabelle 6.3: Relative Effekte eines permanenten Tempo100 im Vergleich zu Tempo130 bei den real ermittelten Fahrgeschwindigkeiten (111.9 gegenüber 121.8 km/h tagsüber; 111.2 gegenüber 118.9 km/h nachts), Kristein A1, Mai 2022 – April 2023.

Kristein: Reduktion der Gesamtwerte durch ein permanentes T100	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	95 %	95 %
	-16.1%	-16.7%	-14.5%	-14.4%	-15.4%	-15.5%

Gemäß IG-L-VBA-Verordnung (Verordnung des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie über die Festlegung allgemeiner Kriterien für Verkehrsbeeinflussungssysteme gemäß dem Immissionsschutzgesetz–Luft)

in der Fassung von 2021 "hat der Landeshauptmann sicherzustellen, dass der ganzjährige Einsatz des flexiblen Verkehrsbeeinflussungssystems

1. einen mindestens ebenso hohen Effekt wie eine permanente Geschwindigkeitsbeschränkung desselben Ausmaßes im hochrangigen Straßennetz (Autobahnen und Schnellstraßen) im Winterhalbjahr oder
2. einen Effekt von mindestens 75 % im Verhältnis zu einer ganzjährigen permanenten Geschwindigkeitsbeschränkung desselben Ausmaßes im hochrangigen Straßennetz (Autobahnen und Schnellstraßen) oder
3. die Einhaltung der Grenzwerte gemäß Anlage 1 und 2 oder einer Verordnung gemäß § 3 Abs. 5 IG-L erzielt." (BGBl. II Nr. 153/2021)

Punkt 3 der Anforderungen bedeutet einen NO₂-Grenzwert von 30 µg/m³ plus die aktuelle Toleranzmarge von 5 µg/m³. Diese Anforderung ist im aktuellen Betriebsjahr erfüllt worden. Die NO₂-Jahresmittel bei Krastein liegen seit 2020 deutlich unter dem EU-Grenzwert gemäß der gegenwärtigen EU-Richtlinie.

Tabelle 6.4: Relative Effekte der verschiedenen Tempo100-Limits in Bezug auf ein permanentes Tempo100-Limit, Krastein A1, Mai 2022 – April 2023.

Krastein: Relativer Tempo100-Effekt	T100	I_NOx	I_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
	Zeit-anteil	Mittel	Mittel	95 %	95 %
T100 immer	100%	100%	100%	100%	100%
T100 nie	0%	0%	0%	0%	0%
T100 WHj.	51%	58%	51%	77%	54%
T100 temp. (vreal)	20%	44%	42%	59%	72%

Das aktuelle Betriebsjahr zeigt die gute Funktionsfähigkeit der flexiblen Tempo100-Schaltung: Obwohl dem Algorithmus aufgrund der hohen Schaltschwelle nur 20% der Zeit für Tempo100-Schaltungen 'zur Verfügung stand', konnte er fortlaufend auf der Straße durch Datenanalyse und Prognose die Zeiten heraus-suchen, für welche sich lufthygienisch eine Geschwindigkeitsreduktion am meis-ten lohnte. So konnten mit nur 20% der Zeit 42% des Effektes eines permanenten Tempo100-Limits (100% der Zeit) herausgeholt werden. Im Unterschied zu etwa 'Schnee auf der Fahrbahn' sind solche lufthygienischen Beeinträchtigungen für den Autofahrer oft nicht sichtbar.

7. Zusammenfassung

Im Betriebsjahr Mai 2022 – April 2023 war Tempo100 auf der A1 zwischen Linz und Enns während durchschnittlich **21%** der Betriebszeit geschaltet (20% der Gesamtzeit bei einer Verfügbarkeit der Tempo-Schaltung von 95%). Die geringe Schaltzeit im Vergleich zu früheren Jahren kam vor allem durch die Anhebung des Schwellenwertes am 31.03.2021 zustande.

Der Jahresgang der Tempo100-Häufigkeit war schon immer wenig ausgeprägt. Im aktuellen Betriebsjahr wies der Winter knapp die höchste Schalthäufigkeit auf, gefolgt vom Frühjahr. Der Herbst wies die geringste je für eine Jahreszeit ermittelte Schalthäufigkeit auf; im Herbst ist bei der Messstelle Kristein das NO₂/NO_x-Verhältnis, also der relative Anteil des NO₂ in der gesamten NO_x-Immission, besonders gering. Offenbar ist dort im Herbst oft wenig Ozon vorhanden, welches zur Konversion von NO in NO₂ notwendig ist.

Die **monatlichen** Tempo100-Häufigkeiten schwankten in diesem Betriebsjahr zwischen 11% (Juni 2022) und 30% (Dezember 2022). Die mittlere Häufigkeit der Tempo100-Schaltungen **nach Wochentag** stieg im Laufe der Woche bis Freitag auf etwa 28% an. Am Wochenende war die Schalthäufigkeit im Wochentagsverlauf relativ hoch, nur freitags war sie höher.

Das Maximum von 23 Stunden mit Tempo100 wurde am 17.12.2022 (Samstag) erreicht. Das Verkehrsaufkommen war hoch und hat zu den anhaltenden Tempo100-Schaltungen beigetragen. An 42 Tagen gab es gar keine Tempo100-Schaltung.

Die A1 zwischen Enns und Asten wies im Betriebsjahr einen DTV (durchschnittlichen täglichen Verkehr) von rund 70'000 Fahrzeugen auf, rund 2000 weniger als 2018/19 vor der Pandemie. Dies ist vor allem auf das Pkw-Aufkommen zurückzuführen, das den Vor-Pandemie-Wert noch nicht wieder ganz erreicht hat.

Die Immissionen an NO_x und NO₂ sind in den 11 Jahren von 2012-2022 markant zurückgegangen, NO_x auf etwa die Hälfte, NO₂ auf etwa zwei Drittel. Seit 2020 stagnieren die Werte ungefähr, was stark mit dem pandemiebedingten Verkehrseinbruch im 2020 zusammenhängt.

Durch das Tempolimit wurde real eine Geschwindigkeitsreduktion um 9.9 km/h tagsüber und 7.7 km/h nachts erreicht. Auf dem ca. 13 km langen Autobahnabschnitt konnte der gesamte Ausstoß aller Fahrzeuge an Stickstoffoxiden um

knapp 5% und an CO₂ um 1.5% verringert werden. Entsprechend hatte sich auch der gesamte Kraftstoffverbrauch um etwa 1.5% verringert.

Das flexible Tempo100-Limit reduzierte das NO₂-Jahresmittel um 1.9 µg/m³, von 30.9 auf 29.0 µg/m³. Dank des flexiblen Tempo100 lag das NO₂-Jahresmittel in diesem Betriebsjahr unter dem IG-L-Grenzwert, allerdings wäre es auch bei einem permanenten 'Tempo130' deutlich unterhalb des EU-Grenzwertes von 40 µg/m³ gelegen.

Der Algorithmus konnte durch fortlaufende Datenanalyse und Prognose im Realbetrieb mit nur 20% Schaltzeit 42% des Effektes eines permanenten Tempo100-Limits herausholen.

Gemäß IG-L-VBA-Verordnung (Verordnung des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie über die Festlegung allgemeiner Kriterien für Verkehrsbeeinflussungssysteme gemäß dem Immissionsschutzgesetz–Luft) in der Fassung von 2021 "hat der Landeshauptmann sicherzustellen, dass der ganzjährige Einsatz des flexiblen Verkehrsbeeinflussungssystems

1. einen mindestens ebenso hohen Effekt wie eine permanente Geschwindigkeitsbeschränkung desselben Ausmaßes im hochrangigen Straßennetz (Autobahnen und Schnellstraßen) im Winterhalbjahr oder
2. einen Effekt von mindestens 75 % im Verhältnis zu einer ganzjährigen permanenten Geschwindigkeitsbeschränkung desselben Ausmaßes im hochrangigen Straßennetz (Autobahnen und Schnellstraßen) oder
3. die Einhaltung der Grenzwerte gemäß Anlage 1 und 2 oder einer Verordnung gemäß § 3 Abs. 5 IG-L erzielt." (BGBl. II Nr. 153/2021)

Punkt 3 der Anforderungen bedeutet einen NO₂-Grenzwert von 30 µg/m³ plus die aktuelle Toleranzmarge von 5 µg/m³. Diese Anforderung ist im aktuellen Betriebsjahr erfüllt worden.