

Evaluation des flexiblen Tempolimits auf der A10 zwischen Salzburg und Golling von Mai 2022 bis April 2023

Dr. Carine Chélala
Dr. Jürg Thudium

03.07.2023 / 5321.30

Oekoscience AG

Postfach 452
CH - 7001 Chur

Telefon: +4181 250 3310
Thudium@oekoscience.ch

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Tempo100 und Verkehrsaufkommen auf der A10 zwischen Salzburg und Golling sowie Immissionen bei Hallein	2
2.1. Jahreswerte	2
2.1.1. Tempo 100	2
2.1.2. Verkehrsaufkommen	4
2.1.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden	6
2.2. Jahresverlauf	8
2.2.1. Tempo100	8
2.2.2. Verkehrsaufkommen	12
2.2.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden	14
2.3. Wochenverlauf	16
2.3.1. Tempo 100	16
2.3.2. Verkehrsaufkommen	18
2.3.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden	19
3. Dokumentation der täglichen Schaltzeiten	21
4. Effektive Fahrgeschwindigkeiten auf der A10 bei Hallein	24
4.1. Geschwindigkeitsbereich der Pkw	24
4.2. Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeiten	25
4.3. Tagesgang der mittleren Fahrgeschwindigkeit	26
4.4. Monatsmittel der Fahrgeschwindigkeit	28
4.5. Mittlere Fahrgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs nach Tempolimit	28
5. Wirksamkeit der flexiblen Tempo100-Schaltung auf der A10 zwischen Salzburg und Golling	30
5.1. Emissionsreduktionen	30
5.2. Szenarien der Immissionsreduktionen	31
5.3. Ergebnisse der Geschwindigkeitsszenarien	32
5.3.1. Emissionen und Immissionen bei Hallein für permanente und flexible Tempo100-Schaltungen im Betriebsjahr 2021/22	32
5.3.2. Vergleich mit der früheren Situation bei Hallein	35
6. Zusammenfassung	37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Die Tempo100-Strecke auf der A10 zwischen Salzburg und Golling; rot: Messstelle Hallein A10. <i>Kartenquelle: SAGISonline, 2018.</i>	1
Abbildung 2.1: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo100 auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023).	3
Abbildung 2.2: Mittlerer Tagesgang der Windgeschwindigkeit bei Hallein (A10), (05.2022-04.2023).	3
Abbildung 2.3: Tägliche Anzahl Stunden (gleitendes 7-Tagemittel) mit Tempo100 auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023).	4
Abbildung 2.4: Fahrzeugaufkommen (DTV) je Fahrzeugkategorie auf der A10 bei Hallein über die letzten 11 Betriebsjahre (2011/12 bis 2018/19 und 2021/22-2022/23).	5
Abbildung 2.5: Mittlerer Tagesgang des Fahrzeugaufkommens je Fahrzeugkategorie auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023).	6
Abbildung 2.6: Mittelwerte der Immissionen an NO _x und NO ₂ sowie deren molekulares Verhältnis (linke Achse) und der NO _x -Emissionen (rechte Achse) im Jahresmittel und je Jahreszeit bei Hallein A10 (05.2022-04.2023).	7
Abbildung 2.7: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo100 je Jahreszeit auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023).	9
Abbildung 2.8: Häufigkeit von Tempo100 auf der A10 bei Hallein je Monat (05.2022-04.2023).	10
Abbildung 2.9: Vergleich der Monatswerte der Tempo100-Häufigkeit auf der A10 bei Hallein für die elf Betriebsjahre 2009/10 – 2017/18 sowie 2018/19 und 2021/22 und 2022/23. Grau: Wertebereich 2009/10-2017/18.	11
Abbildung 2.10: Monatsmittelwerte des DTV je Fahrzeugkategorie auf der A10 bei Hallein (oben: 05.2021-04.2022; unten: 05.2022-04.2023).	12
Abbildung 2.11: Vergleich der Monatswerte des Aufkommens an Pkw (oben) bzw. an SNF (=Lkw + SLZ; unten) auf der A10 bei Hallein für die 12 Betriebsjahre 2009/10 - 2018/19 und 2021/22 - 2022/23. Grau: Wertebereich 2009/10-2017/18.	13
Abbildung 2.12: Monatsmittelwerte der NO _x - und NO ₂ -Immissionen sowie der NO _x -Emissionen bei Hallein A10 (05.2022-04.2023).	14

Abbildung 2.13: Vergleich der Monatsmittelwerte der NO _x -Immissionen bei Hallein (A10) für die Betriebsjahre 2009/10 - 2022/23. Grau: Bereich 2009/10-2017/18.	15
Abbildung 2.14: Häufigkeit von Tempo100 auf der A10 bei Hallein je Wochentag (05.2022-04.2023).	16
Abbildung 2.15: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo100 auf der A10 bei Hallein je Wochentagstyp (05.2022-04.2023).	17
Abbildung 2.16: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der A10 bei Hallein je Fahrzeugkategorie und Wochentag (05.2022-04.2023).	18
Abbildung 2.17: Mittelwerte der Immissionen von NO _x und NO ₂ sowie der NO _x -Emissionen (E _{NO_x}) bei Hallein (A10) je Wochentag (05.2022-04.2023).	19
Abbildung 2.18: Mittelwerte der Immissionen von NO _x bei Hallein (A10) je Wochentag (2009/10-2022/23).	20
Abbildung 3.1: Anzahl Tage pro Monat mit außerordentlichen Tempo100-Schaltzeiten, Hallein A10 (05.2022-04.2023).	22
Abbildung 4.1: Täglicher Geschwindigkeitsbereich der Pkw auf der Basis der Stundenwerte, Hallein A10 (05.2022-04.2023).	25
Abbildung 4.2: Mit der Pkw-Anzahl gewichtete Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit auf der A10 bei Hallein, Basis Stundenwerte (05.2022-04.2023, 05.2021-04.2022 und 05.2018-08.02.2019).	26
Abbildung 4.3: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (oben) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; unten) auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023).	27
Abbildung 4.4: Monatsmittelwerte der mittleren gemessenen Fahrgeschwindigkeit von 6-22 Uhr je Tempolimit: Leichtverkehr (links) und schwere Nutzfahrzeuge (SNF; rechts) auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023).	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023 und 05.2021-04.2022) mit Änderungen zwischen den beiden Jahren.	5
Tabelle 2.2: Jahreszeitliche Tempo100-Häufigkeiten auf der A10 bei Hallein (05.2014-04.2015 bis 05.2018-04.2019 und 05.2021-04.2022 sowie 05.2022-04.2023).	8
Tabelle 3.1: Tägliche Anzahl Stunden mit Tempo100-Schaltung, Hallein A10 (05.2022-04.2023).	21
Tabelle 3.2: Die 13 Tage mit hohen Tempo100-Schaltzeiten (≥ 16 h) bei Hallein A10 (05.2022-04.2023). Blau: Tage mit häufigen Tempo100-Schaltungen trotz relativ geringen Verkehrs.	23
Tabelle 4.1: Mittelwerte der effektiven Fahrgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs (LV) je Tempolimit tagsüber (6-22 Uhr) und in der Nacht (22-6 Uhr) auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023, 05.2021-04.2022, 05.2018-08.02.2019, 05.2017-04.2018, bzw. 05.2011-04.2012).	29
Tabelle 5.1: Emissionsreduktionen für NO _x und CO ₂ durch das real umgesetzte flexible Tempo100-Limit auf dem 27 km langen Abschnitt Salzburg-Golling der A10 (05.2022-04.2023):	30
Tabelle 5.2: Absolute Kennzahlen der fünf Szenarien 'Tempo 100 immer', 'Tempo100 nie', 'Tempo100 temporär' (Realfall), 'Tempo100 Winterhalbjahr' und 'Tempo100 nie (vor VBA)', Hallein A10, Mai 2022 – April 2023.	32
Tabelle 5.3: Relative Effekte eines permanenten 'Tempo100' im Vergleich zu 'Tempo130' bei den real ermittelten Fahrgeschwindigkeiten für 'Tempo100' (98.4 km/h tagsüber bzw. 96.7 km/h nachts) bzw. für 'Tempo130' (106.6 km/h tagsüber bzw. 103.6 km/h nachts), Hallein A10, Mai 2022 – April 2023.	34
Tabelle 5.4: Relative Effekte des flexiblen Tempo100-Limits in Bezug auf ein permanentes Tempo100, Hallein A10, Mai 2022 – April 2023.	35
Tabelle 5.5: Relative Effekte eines permanenten Tempo100 (98.4 km/h tagsüber bzw. 96.7 km/h nachts) im Vergleich zum früheren 'Tempo130' (118 km/h) vor Einführung von Tempo100 mit der VBA, Hallein A10, Mai 2022 – April 2023.	36
Tabelle 5.6: Relative Effekte des aktuellen flexiblen Tempo100 in Bezug auf die frühere 'Tempo130'-Situation ('Vor VBA'), Hallein A10, Mai 2022 – April 2023.	36

1. Einleitung

Die flexible Tempo100-Schaltung auf der A10 zwischen Salzburg und Golling ist seit 17.11.2008 in Betrieb. Sie erstreckt sich über ca. 27 km. In diesem Bericht wird die Schaltung im Betriebsjahr **Mai 2022 – April 2023** evaluiert. Am 10.08.2020 wurden die Parameter der Schaltung an das HBEFA4.1 adaptiert, wobei auch der Schwellenwert des NOx-Immissionsbeitrags des Leichtverkehrs von 22 auf 29 ppb erhöht wurde, was zu einer deutlichen Verringerung der Häufigkeit des flexiblen Tempo100_Limits geführt hat.

Die für die Tempo100-Steuerung verwendete Messstelle ist Hallein A10, in deren Nähe sich auch die Verkehrszählstelle der Asfinag für die A10 befindet.

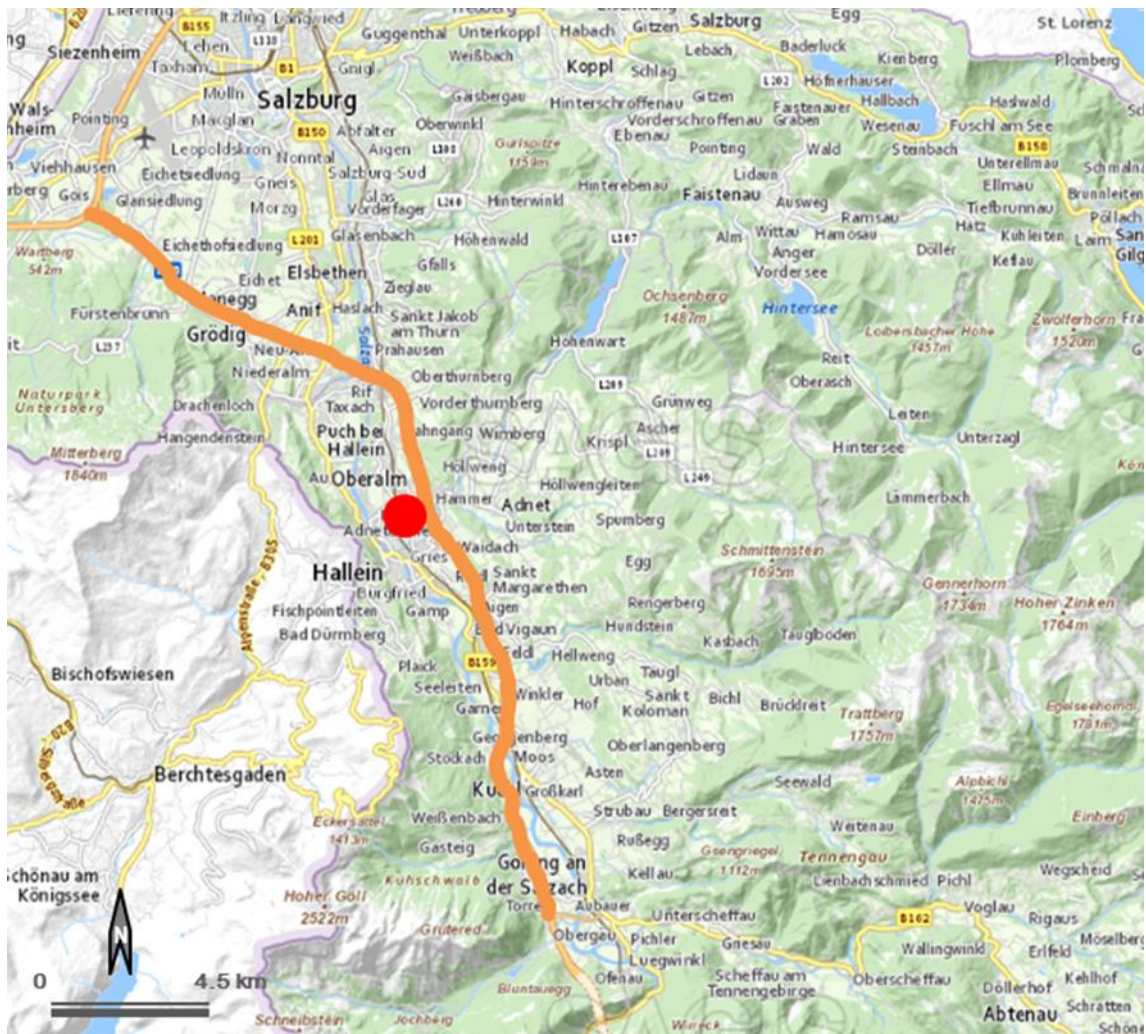


Abbildung 1.1: Die Tempo100-Strecke auf der A10 zwischen Salzburg und Golling; rot: Messstelle Hallein A10. Kartenquelle: SAGISonline, 2018.

2. Tempo100 und Verkehrsaufkommen auf der A10 zwischen Salzburg und Golling sowie Immissionen bei Hallein

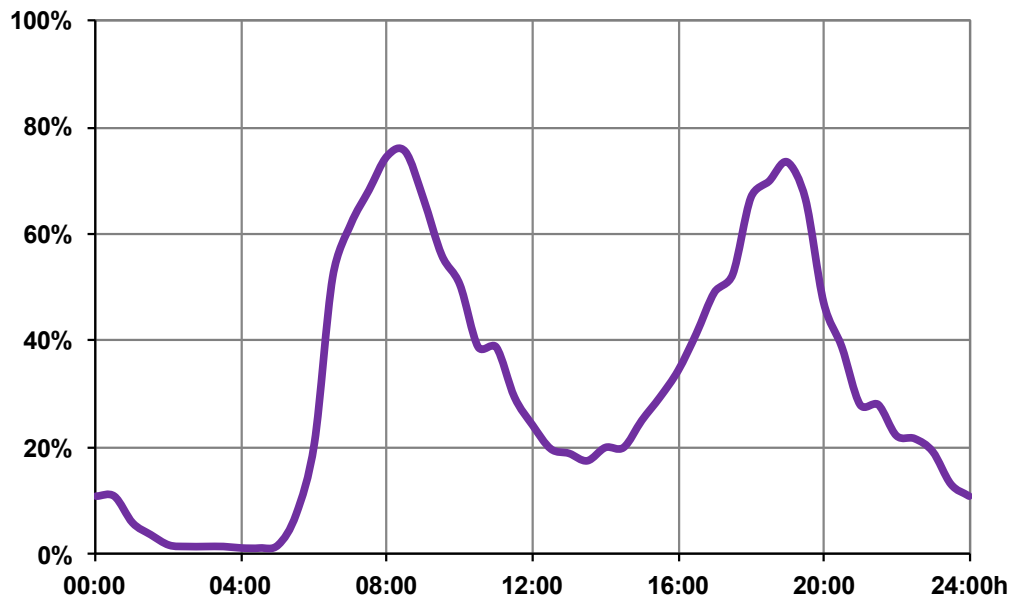
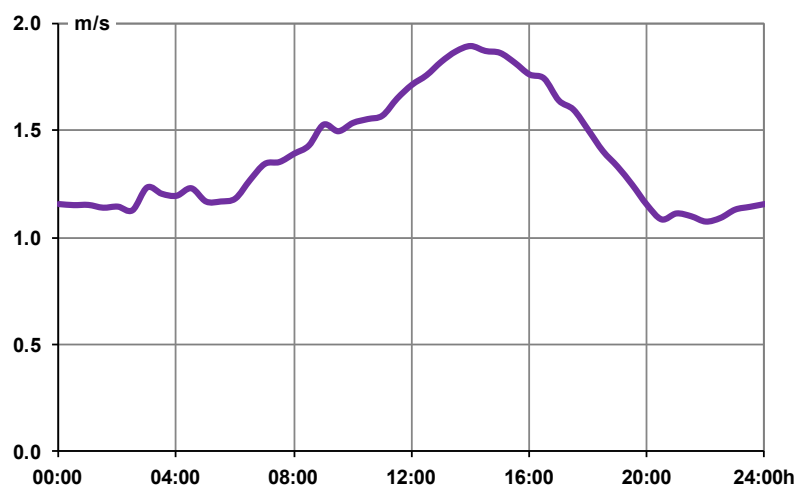
2.1. Jahreswerte

2.1.1. Tempo 100

Im Betriebsjahr Mai 2022 – April 2023 war Tempo100 auf der A10 zwischen Salzburg und Golling während durchschnittlich 32% der Betriebszeit geschaltet. Bei einer Verfügbarkeit der Tempo100-Schaltung von nur 96,4% entspricht dies 31% der Gesamtzeit. Die folgenden Abschnitte analysieren das Auftreten von Tempo100.

Die Häufigkeit von Tempo100 war am Morgen zwischen 07:00 und 09:00 Uhr und abends von 17:30 bis 19:30 Uhr mit mehr als 60% am größten. Am Morgen zwischen 01:30 und 05:00 Uhr war Tempo100 mit weniger als 5% Häufigkeit am seltensten.

Das nachmittägliche Häufigkeitsminimum von Tempo100 geht mit der größten mittleren Windgeschwindigkeit und damit auch der größten vertikalen Durchmischung der Atmosphäre einher. Die Witterungsbedingungen haben einen großen Einfluss auf die Steuerung der Tempolimits.

Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von T100 auf der A10 (Hallein)**Abbildung 2.1: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo100 auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023).****Mittlerer Tagesgang der Windgeschwindigkeit
Hallein (A10)****Abbildung 2.2: Mittlerer Tagesgang der Windgeschwindigkeit bei Hallein (A10), (05.2022-04.2023).**

Im Jahresverlauf (nächste Abbildung 2.3: Gleitende Wochenmittel) zeigten sich wie jedes Jahr Phasen mit weniger Tempo100-Schaltungen zu Beginn und Ende des Betriebsjahres. Der jahreszeitliche Verlauf war deutlich zu sehen, 'Spitzenreiter' war eine Episode nach Mitte Dezember 2022 mit einem Wochenmittel von täglich 16 h mit Tempo100. Diese Darstellung zeigt keine einzelnen Spitzentage (wie Urlaubssamstage), sondern gleitende Mittel über 7 Tage, zu welchen Spitzentage natürlich auch mit beitragen.

Tägliche Anzahl Stunden (gleitendes 7-Tagemittel)
mit T100 auf der A10 (Hallein)

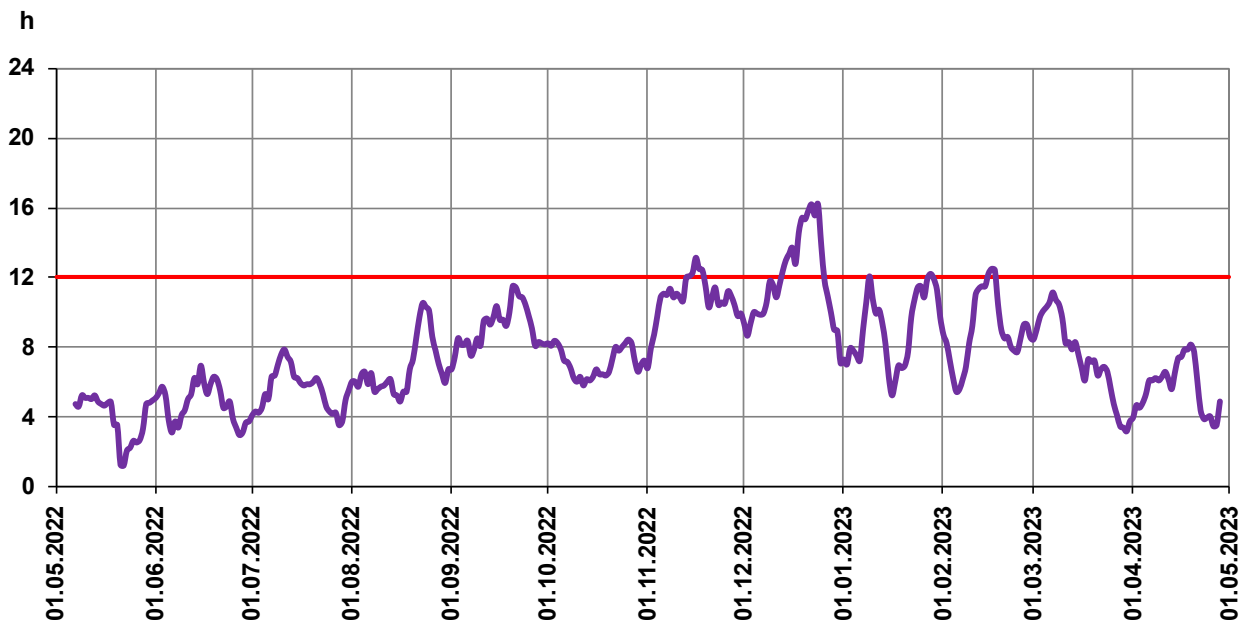


Abbildung 2.3: Tägliche Anzahl Stunden (gleitendes 7-Tagemittel) mit Tempo100 auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023).

2.1.2. Verkehrsaufkommen

Die A10 bei Hallein wies im Untersuchungsjahr (Mai 2022 – April 2023) einen DTV von rund 58'000 Fahrzeugen auf, 7% mehr als im Vorjahr 2021/22, was wohl noch auf 'Corona-Kompensation' zurückzuführen ist. Vom Gesamtverkehr waren 80% Pkw, 9% schwere Güterfahrzeuge. Busse fuhren zu 60% mehr als im Vorjahr. Der eingebrochene Busverkehr scheint sich langsam zu erholen.

Tabelle 2.1: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023 und 05.2021-04.2022) mit Änderungen zwischen den beiden Jahren.

DTV A10	Lieferwagen	Pkw	Schwere Güterfahrzeuge	Bus	Summe
05.2022-04.2023	6'082	46'118	5'261	299	57'760
05.2021-04.2022	5'662	42'968	5'310	187	54'126
Rel. Änderung zu 2021/22	+7.4%	+7.3%	-0.9%	+60.3%	+6.7%

Die folgende Grafik zeigt die Entwicklung über die letzten 12 Jahre:

DTV je Fahrzeuggruppe auf der A10, 2011/12 - 2022/23

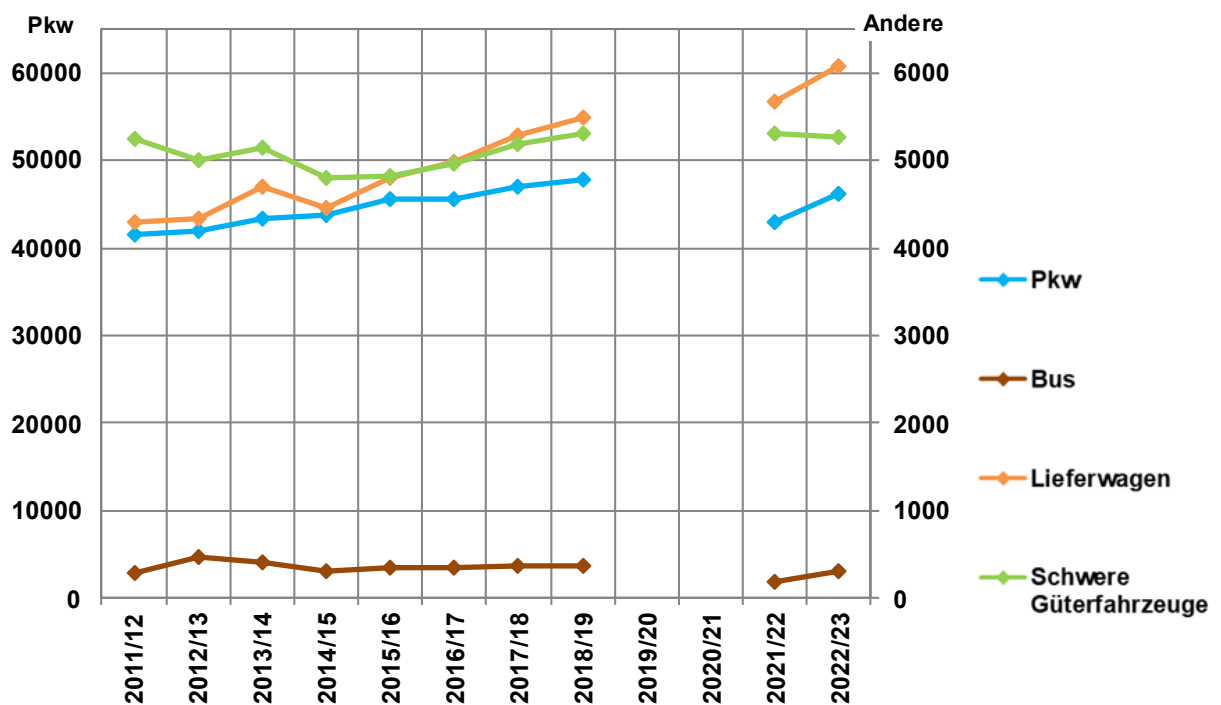


Abbildung 2.4: Fahrzeugaufkommen (DTV) je Fahrzeugkategorie auf der A10 bei Hallein über die letzten 11 Betriebsjahre (2011/12 bis 2018/19 und 2021/22-2022/23).

Der Tagesgang des Verkehrsaufkommens zeigt für die drei Kategorien Pkw, Lieferwagen und schwere Güterfahrzeuge einen raschen Anstieg am Morgen, sodann einen flachen kontinuierlichen Anstieg im Laufe des Tages. Nach 16 Uhr nimmt die Anzahl schwerer Güterfahrzeuge deutlich ab. Die Zahl der Pkw und Lfw steigt bis gegen 18 Uhr weiter an, zeigt von 17-18 Uhr eine leichte Abendspitze. Die Busse

zeigen wieder einen etwas ausgeprägteren Tagesgang, tagsüber verkehren 2–3-mal so viele wie nachts. Ansonsten sind sich die Muster der Tagesgänge seit Jahren sehr ähnlich.

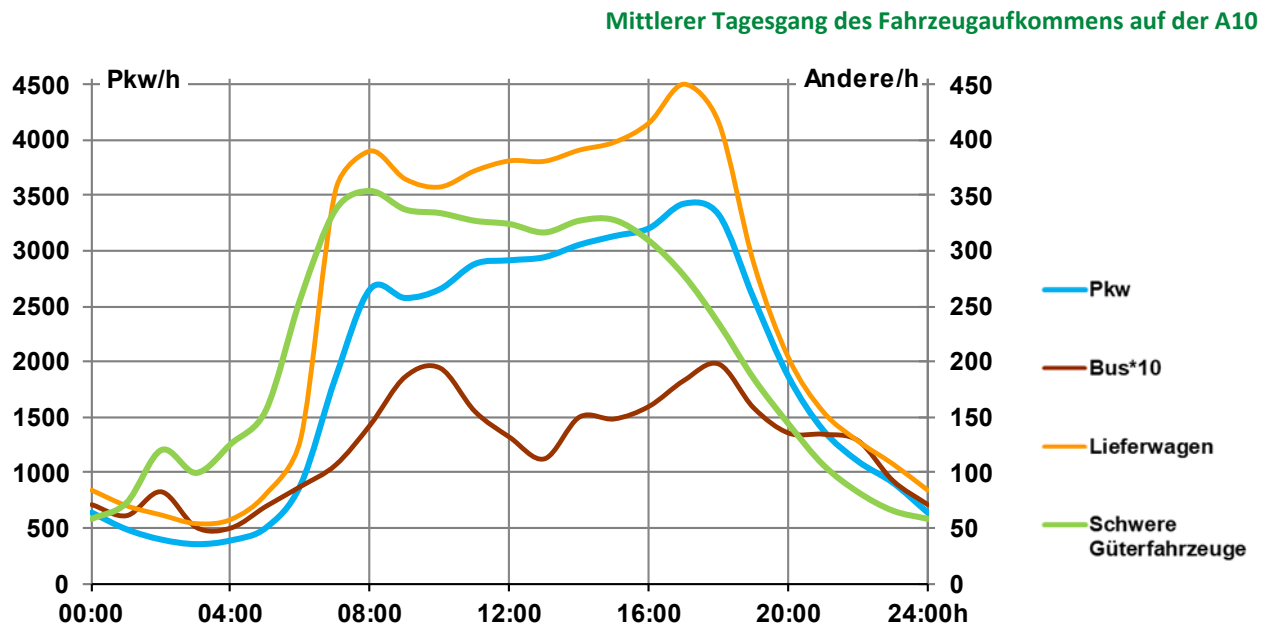


Abbildung 2.5: Mittlerer Tagesgang des Fahrzeugaufkommens je Fahrzeugkategorie auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023).

2.1.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden

In diesem Abschnitt wird ein kurzer Überblick über die Stickstoffoxid-Emissionen und –Immissionen bei Hallein an der A10 gegeben. Das Maximum der Stickstoffoxid**emissionen** liegt im Sommer, das Maximum der Stickstoffoxid**immissionen** 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-Immission an der NO_x-Immission (I_{NO_2}/I_{NO_x}) ist im Frühjahr und Sommer wesentlich höher als im Herbst und Winter.

Die Jahreszeiten wurden wie folgt eingeteilt:

Frühjahr: Mai 2022 und März-April 2023;

Sommer: Juni – August 2022;

Herbst: September – November 2022;

Winter: Dezember 2022 – Februar 2023.

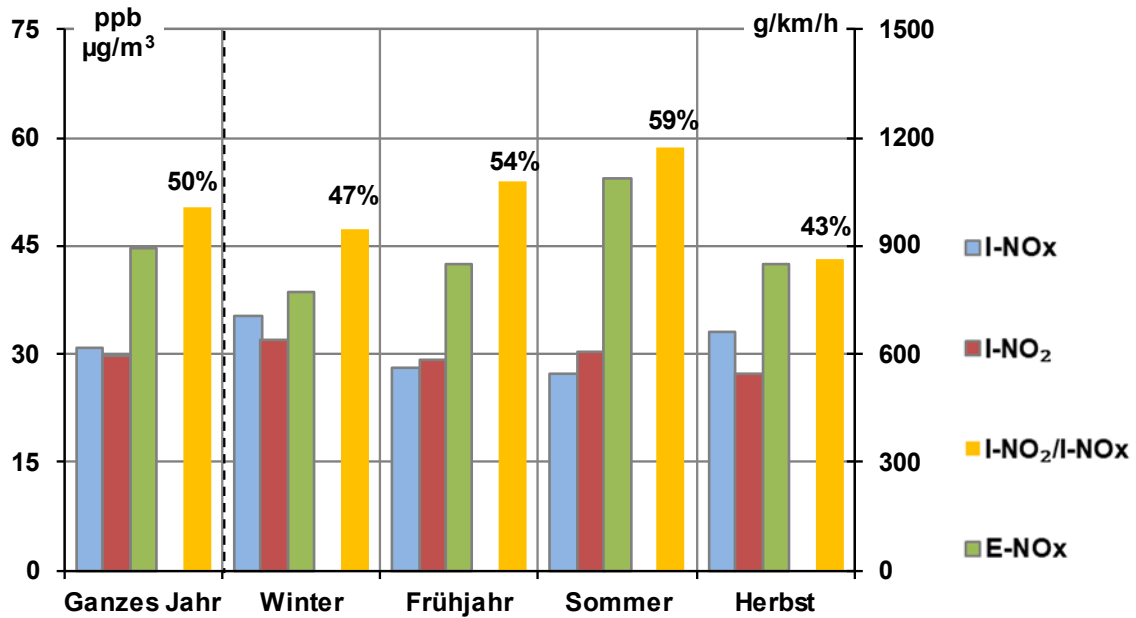
Mittelwerte von NO_x und NO₂ und NO_x-Emissionen je Jahreszeit auf der A10

Abbildung 2.6: Mittelwerte der Immissionen an NO_x und NO₂ sowie deren molekulares Verhältnis (linke Achse) und der NO_x-Emissionen (rechte Achse) im Jahresmittel und je Jahreszeit bei Halblein A10 (05.2022-04.2023).

2.2. Jahresverlauf

2.2.1. Tempo100

Nach Jahreszeiten unterteilt weist der Winter (41%) mit Abstand die größte Schalthäufigkeit auf, das Frühjahr und der Sommer (24%) die geringste. Die Erhöhung des Schwellenwertes des NO_x-Immissionsbeitrags des Leichtverkehrs von 22 auf 29 ppb am 10.08.2020 hat vor allem die Schalthäufigkeit im Sommer abgesenkt. Die Zunahme der Schalthäufigkeit im Vergleich zum Vorjahr liegt vor allem beim Herbst, der nun wieder näher beim Winter liegt.

Tabelle 2.2: Jahreszeitliche Tempo100-Häufigkeiten auf der A10 bei Hallein (05.2014-04.2015 bis 05.2018-04.2019 und 05.2021-04.2022 sowie 05.2022-04.2023).

% Tempo 100	05.2022-04.2023	05.2021-04.2022	05.2018-04.2019	05.2017-04.2018	05.2016-04.2017	05.2015-04.2016	05.2014-04.2015
Winter	41%	41%	50%	59%	71%	66%	66%
Frühjahr	24%	20%	22%	38%	46%	47%	49%
Sommer	24%	24%	45%	46%	50%	51%	58%
Herbst	38%	31%	47%	53%	54%	58%	60%
Ganzes Jahr	32%	29%	41%	49%	55%	56%	58%

Die Tempo100-Häufigkeit verläuft am Morgen bis etwa 9 Uhr in allen Jahreszeiten ähnlich, lediglich der Sommer weist etwas erhöhte nächtliche Schaltheufigkeiten auf; im Sommer ist der nächtliche Pkw-Verkehr vermutlich wegen des Tourismus wesentlich höher als zu den übrigen Jahreszeiten. Ansonsten erklären sich die jahreszeitlichen Unterschiede in den Tempo100-Häufigkeiten vor allem durch die Situation vom späten Vormittag bis zum Abend (Ausmaß der Absenkung der Schaltheufigkeit tagsüber infolge der meteorologischen Einflüsse). Das Frühjahr zeigt tagsüber ähnlich viele Schaltungen wie der Sommer. Winter und Herbst weisen von 10 Uhr bis in den späten Abend deutlich höhere Schaltheufigkeiten auf als Sommer und Frühjahr.

Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo100 je Jahreszeit

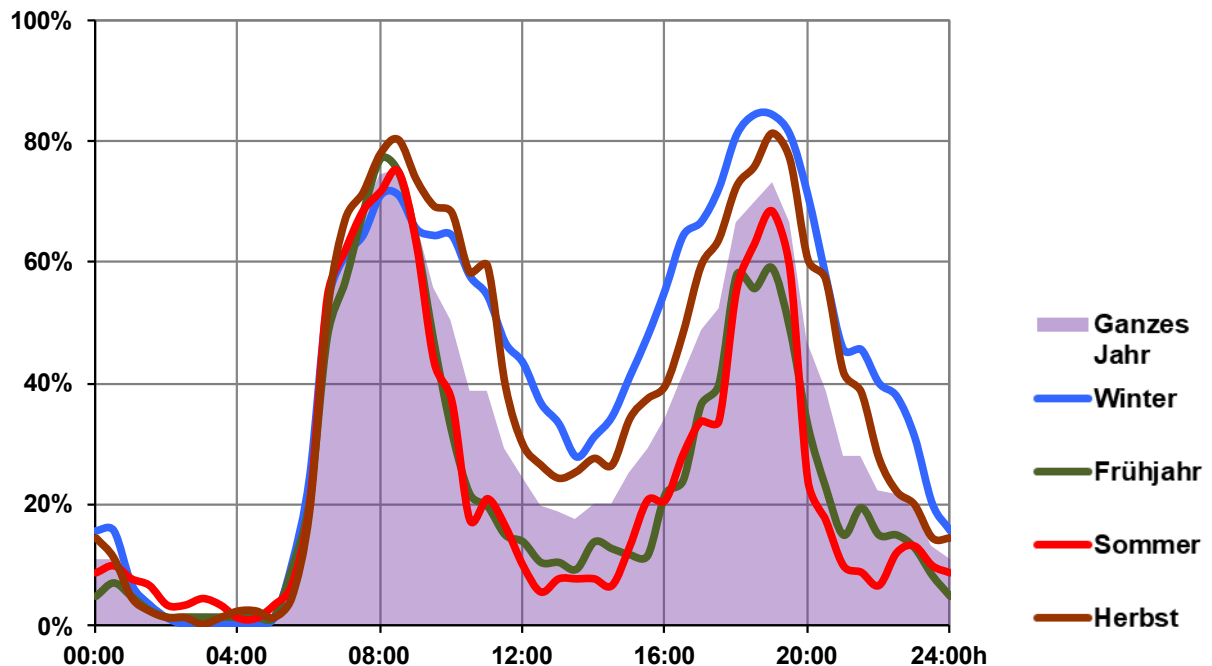


Abbildung 2.7: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo100 je Jahreszeit auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023).

Die monatlichen Tempo100-Häufigkeiten entsprechen dem Bild der gleitenden 7-Tagemittel. Die geringsten Schalthäufigkeiten wiesen der Mai und Juni 2022 mit 18% bzw. 19% auf, die höchsten November und Dezember 2022 mit 47% bzw. 49%, s. Abbildung 2.8. Im Oktober hatte es bereits deutlich weniger Leichtverkehr (nahe dem Jahresminimum im November), aber immer noch oft gute Ausbreitungsbedingungen (im Unterschied zum nachfolgenden November); dies führte zu einer Schalthäufigkeit, welche deutlich tiefer war als die benachbarten Monate September (viel mehr Leichtverkehr) und November (deutlich schlechtere Ausbreitungsbedingungen).

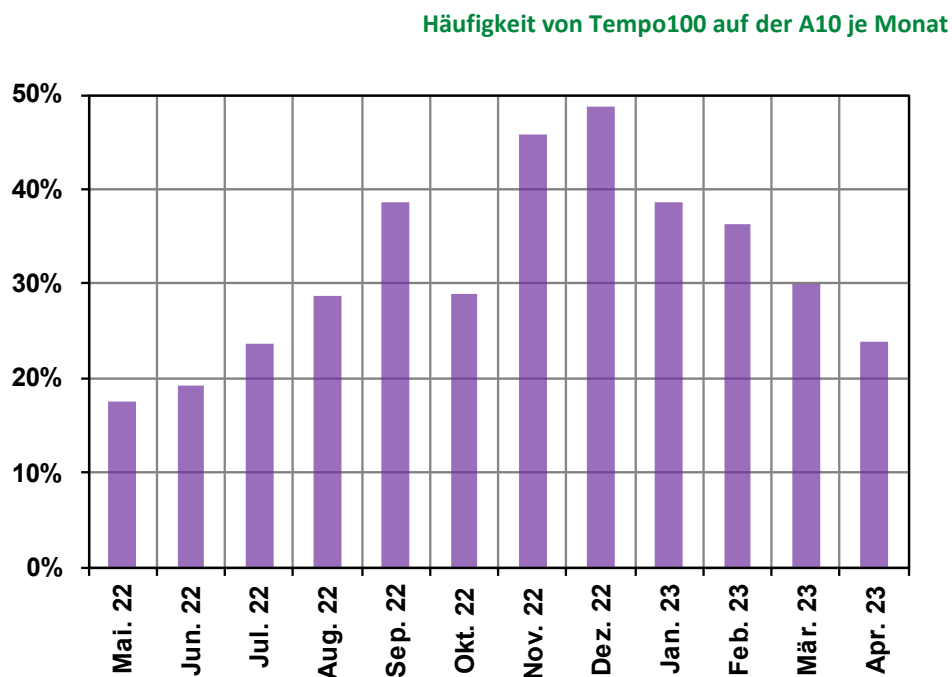


Abbildung 2.8: Häufigkeit von Tempo100 auf der A10 bei Hallein je Monat (05.2022-04.2023).

Im Vergleich mit den bisherigen Betriebsjahren war die Tempo100-Häufigkeit ähnlich hoch wie im Vorjahr, s. Abbildung 2.9. Der hauptsächliche Grund für den starken Rückgang im Vergleich mit den früheren Jahren ist die Anhebung des Schwellenwertes der Schaltung im August 2020. Daneben spielt auch die Flottenmodernisierung eine Rolle. Im Betriebsjahr 2018/19 war die Schalthäufigkeit von Februar-April 2019 wegen einer Baustelle mit permanentem Tempo80 für die damaligen Verhältnisse besonders tief.

Häufigkeit von Tempo100 auf der A10, 2009/10-2022/23

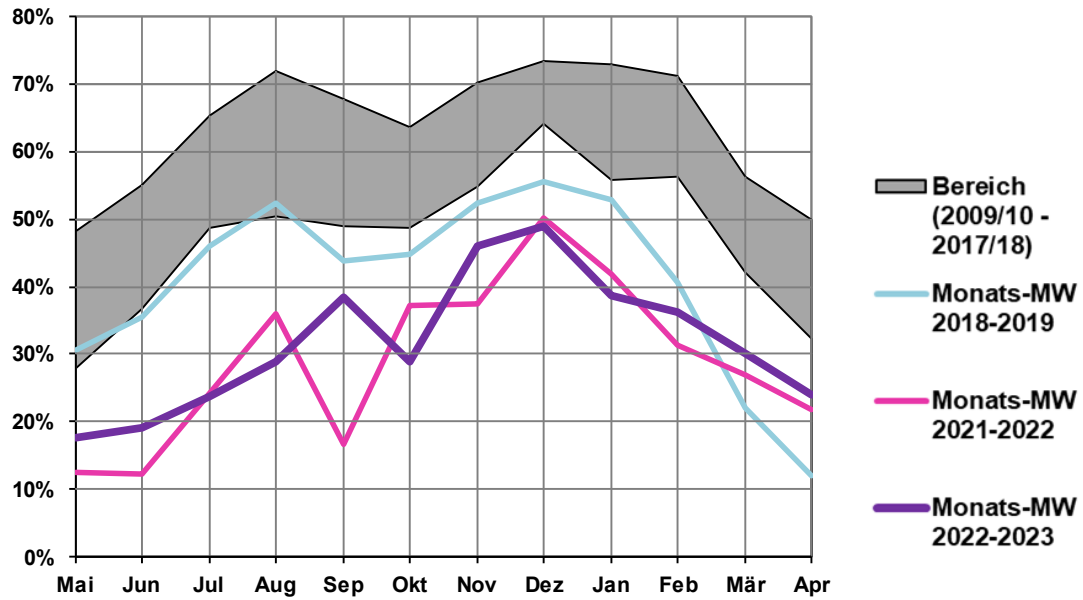


Abbildung 2.9: Vergleich der Monatswerte der Tempo100-Häufigkeit auf der A10 bei Hallein für die elf Betriebsjahre 2009/10 – 2017/18 sowie 2018/19 und 2021/22 und 2022/23. Grau: Wertebereich 2009/10-2017/18.

2.2.2. Verkehrsaufkommen

Im Jahresverlauf zeigte sich das markante Maximum des Pkw-Aufkommens (und des Lieferwagenaufkommens) im Sommer (Spitze im August). Der schwere Güterverkehr zeigte kein effektives Maximum; temporäre Rückgänge ergaben sich im August (Urlaubszeit) und vor allem im Dezember/Januar. Für Pkw lag das Minimum im November. Der relative Jahresverlauf des Aufkommens je Fahrzeugkategorie zeigt für alle Jahre eine gewisse Ähnlichkeit.

Monatswerte des DTV je Fahrzeugkategorie auf der A10

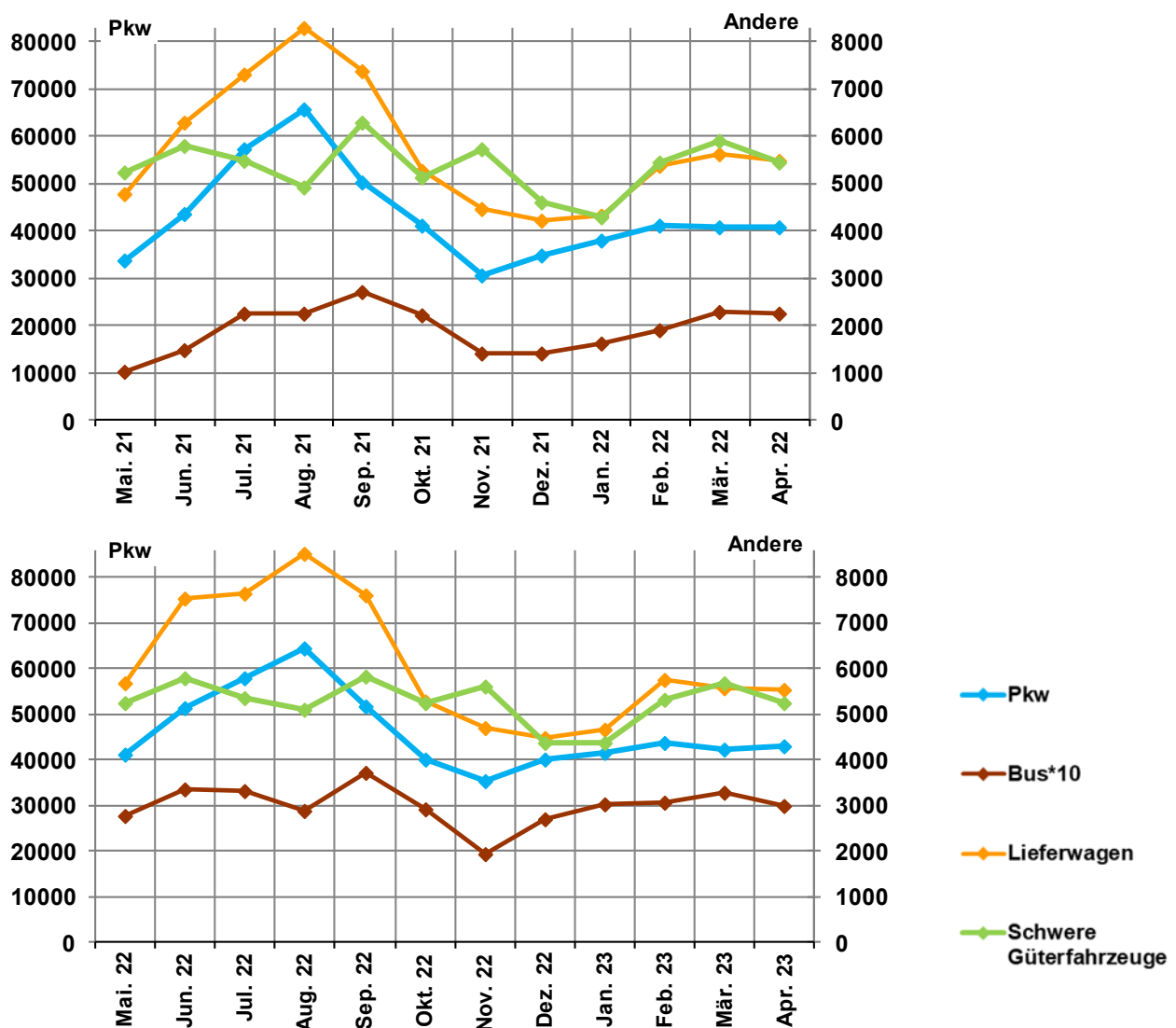


Abbildung 2.10: Monatsmittelwerte des DTV je Fahrzeugkategorie auf der A10 bei Hallein (oben: 05.2021-04.2022; unten: 05.2022-04.2023).

Der monatliche Pkw-Verkehr lag für das gesamte Betriebsjahr 2022/23 am oberen Rand des bisherigen Bereichs, mit Ausnahme des März 2023. Das monatliche Aufkommen an schweren Nutzfahrzeugen (SNF) lag etwa im bisherigen Bereich.

Aufkommen an Pkw und SNF auf der A10, 2009/10-2022/23

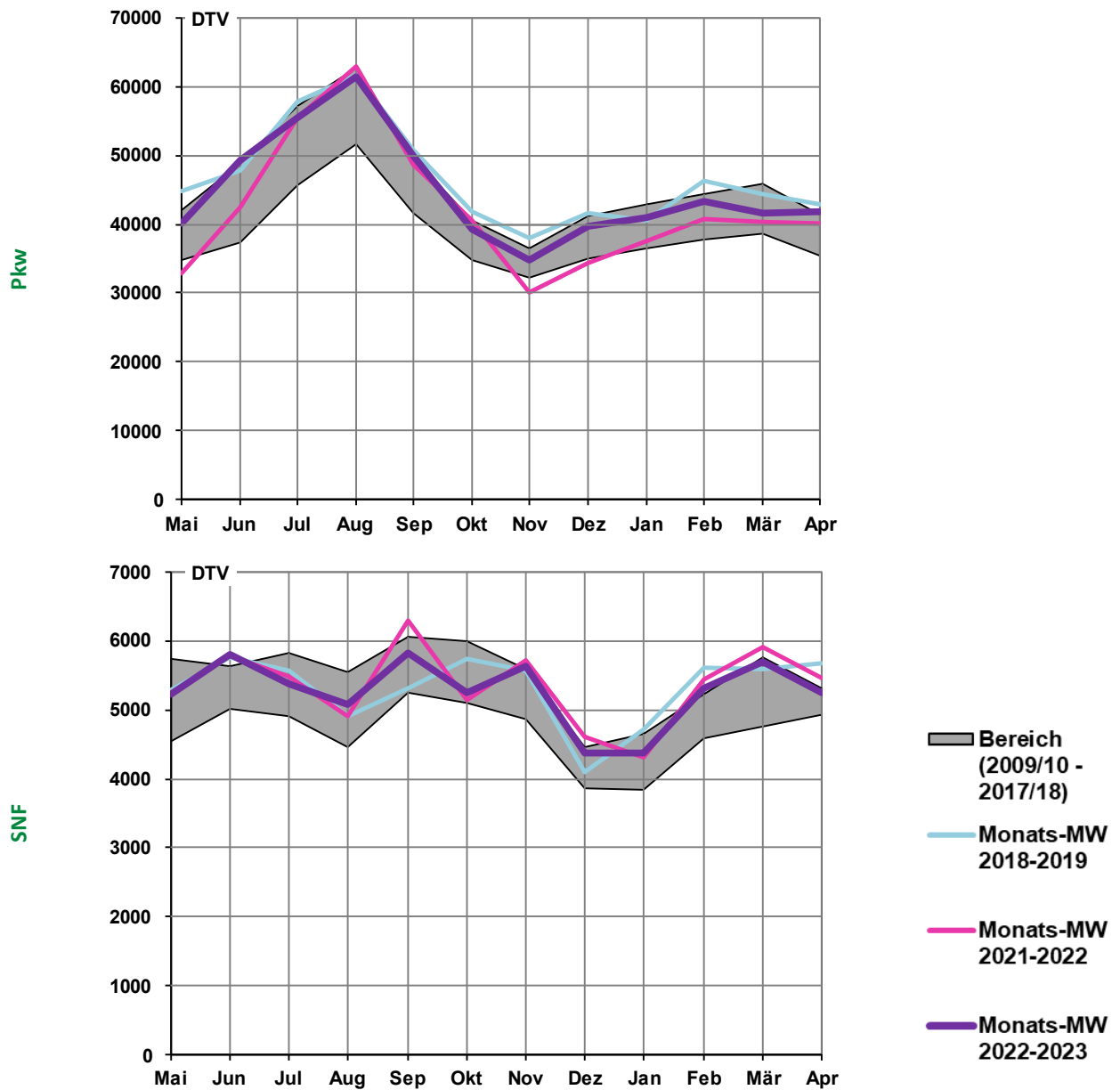


Abbildung 2.11: Vergleich der Monatswerte des Aufkommens an Pkw (oben) bzw. an SNF (=Lkw + SLZ; unten) auf der A10 bei Hallein für die 12 Betriebsjahre 2009/10 - 2018/19 und 2021/22 - 2022/23. Grau: Wertebereich 2009/10-2017/18.

2.2.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden

Die Gegenläufigkeit der NO_x-Emissionen und –Immissionen zeigt sich deutlich bei den Monatswerten. Die höchsten NO_x-Immissionen fanden sich im Winter, Maximum im November und Dezember 2022, zusammen mit den tiefsten NO_x-Emissionen. Wegen der im Winter schlechteren Ausbreitungsbedingungen für Luftschadstoffe reichen auch die geringsten Emissionen für die höchsten Immissionen. Von Oktober bis Dezember 2022 waren die NO₂-Werte im Verhältnis zu den NO_x-Immissionen deutlich geringer als in der übrigen Zeit, da dann die Konversion von NO zu NO₂ in der Atmosphäre durch das Ozon limitiert war.

Monatsmittelwerte der Immission von NO_x und NO₂ und der NO_x-Emissionen bei Hallein A10

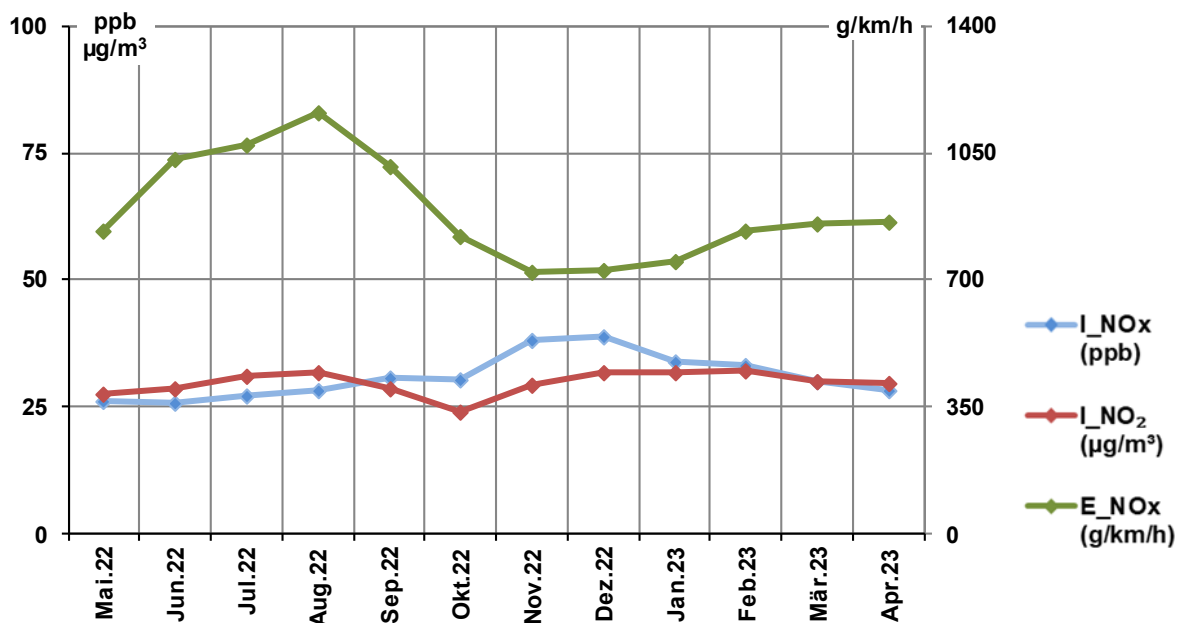


Abbildung 2.12: Monatsmittelwerte der NO_x- und NO₂-Immissionen sowie der NO_x-Emissionen bei Hallein A10 (05.2022-04.2023).

In der Gesamtschau über die letzten 14 Betriebsjahre waren die Monatsmittel der NO_x-Immissionen von September 2022 – Januar 2023 so tief wie noch nie. Dies liegt am anhaltenden Rückgang der mittleren NO_x-Emissionen je Fahrzeug (EFA) und an günstigen Ausbreitungsbedingungen.

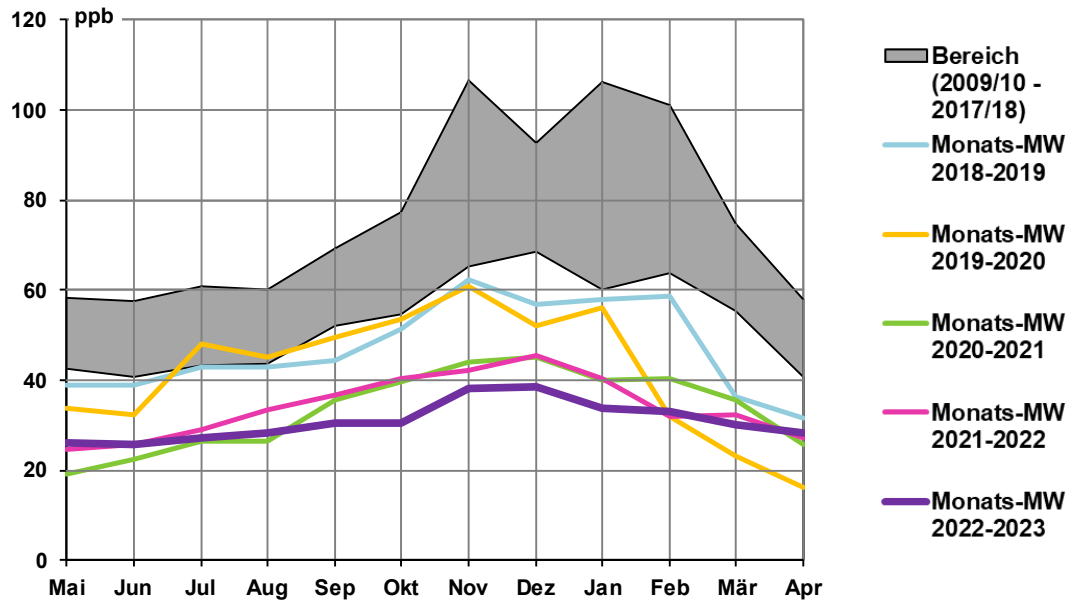
Monatsmittelwerte der NO_x-Immissionen bei Hallein A10, 2009/10-2022/23

Abbildung 2.13: Vergleich der Monatsmittelwerte der NO_x-Immissionen bei Hallein (A10) für die Betriebsjahre 2009/10 - 2022/23. Grau: Bereich 2009/10-2017/18.

2.3. Wochenverlauf

2.3.1. Tempo 100

Die Tempo100-Schaltungen auf der A10 bei Hallein wiesen am Freitag die größte Häufigkeit auf (39%); die übrigen Werktage erreichten 30-34%, die Sonn- und Feiertage 24%.

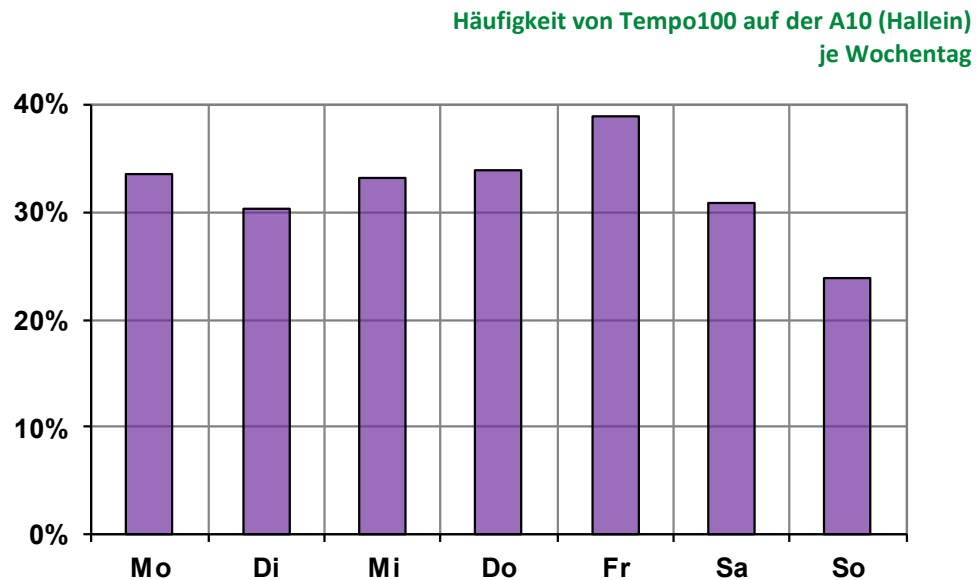


Abbildung 2.14: Häufigkeit von Tempo100 auf der A10 bei Hallein je Wochentag (05.2022-04.2023).

Die größere Schalthäufigkeit werktags ist vor allem auf die Tageszeit von 5 – 10 Uhr zurückzuführen. Der morgendliche Anstieg der Häufigkeit von Tempo100 verläuft am Wochenende deutlich langsamer als werktags, weil die Pkw zunächst noch teilweise fehlen. Am Nachmittag und Abend ist die Schalthäufigkeit am Sonntag aber fast so hoch wie werktags, und in den frühen Morgenstunden des Wochenendes ist sie deutlich höher als werktags (Ausgehverkehr, z.T. auch Urlaubsverkehr).

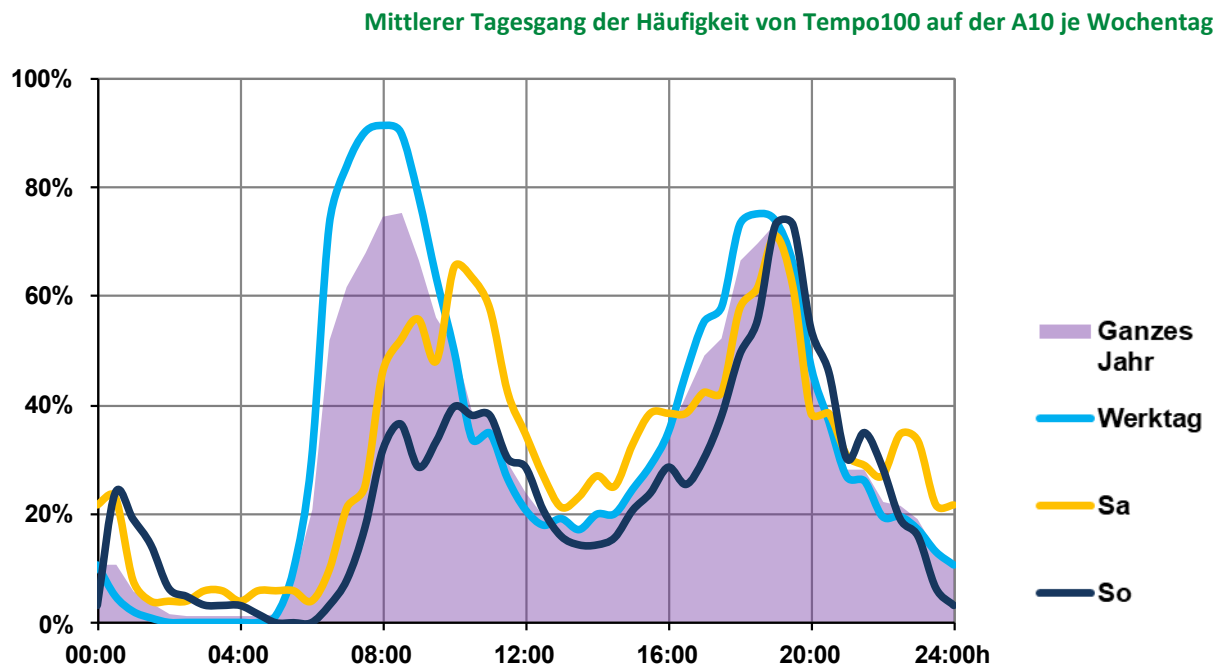


Abbildung 2.15: Mittlerer Tagesgang der Häufigkeit von Tempo100 auf der A10 bei Hallein je Wochentagstyp (05.2022-04.2023).

2.3.2. Verkehrsaufkommen

Die Pkw haben freitags und samstags das stärkste Aufkommen, der Donnerstag und der Sonntag folgen. Doch zeigt der Leichtverkehr (Pkw, Lieferwagen und Motorräder) am Wochenende einen anderen Tagesgang als werktags. Die Wochenenden weisen sehr viel weniger schwere Güterfahrzeuge auf. Die lieferwagenähnlichen Fahrzeuge zeigen im Wochengang eine Mischung zwischen Pkw und schweren Güterfahrzeugen, was auch ihrer effektiven Zusammensetzung entsprechen dürfte. Die Busse weisen das Maximum am Samstag auf.

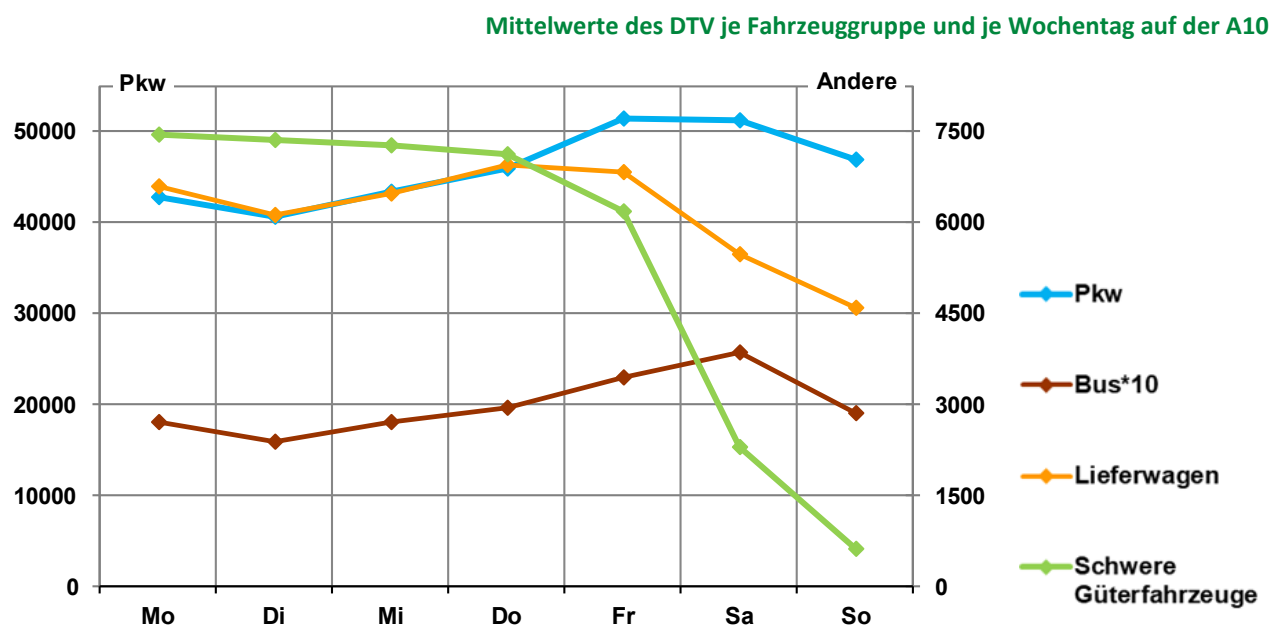


Abbildung 2.16: Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) auf der A10 bei Hallein je Fahrzeugkategorie und Wochentag (05.2022-04.2023).

2.3.3. Emissionen und Immissionen an Stickstoffoxiden

Die Immissionen und Emissionen an NO_x verlaufen über die gesamte Woche weitgehend parallel, jedoch ist die prozentuale Absenkung der NO_x-Immissionen am Sonntag (-26% gegenüber Werktagsmittel) höher als diejenige der NO_x-Emissionen (-18%). 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, insbesondere an den Wochenenden, welche ebenfalls einen Einfluss auf die resultierenden Immissionen haben können.

Das NO₂ folgt der NO_x-Abnahme zum Wochenende hin erwartungsgemäß nur gedämpft (-17%); die NO₂-Bildung aus NO und Ozon in der Atmosphäre nimmt nicht proportional zur NO-Immission ab.

Mittelwerte der Immissionen von NO_x und NO₂ und der NO_x-Emissionen je Wochentag auf der A10

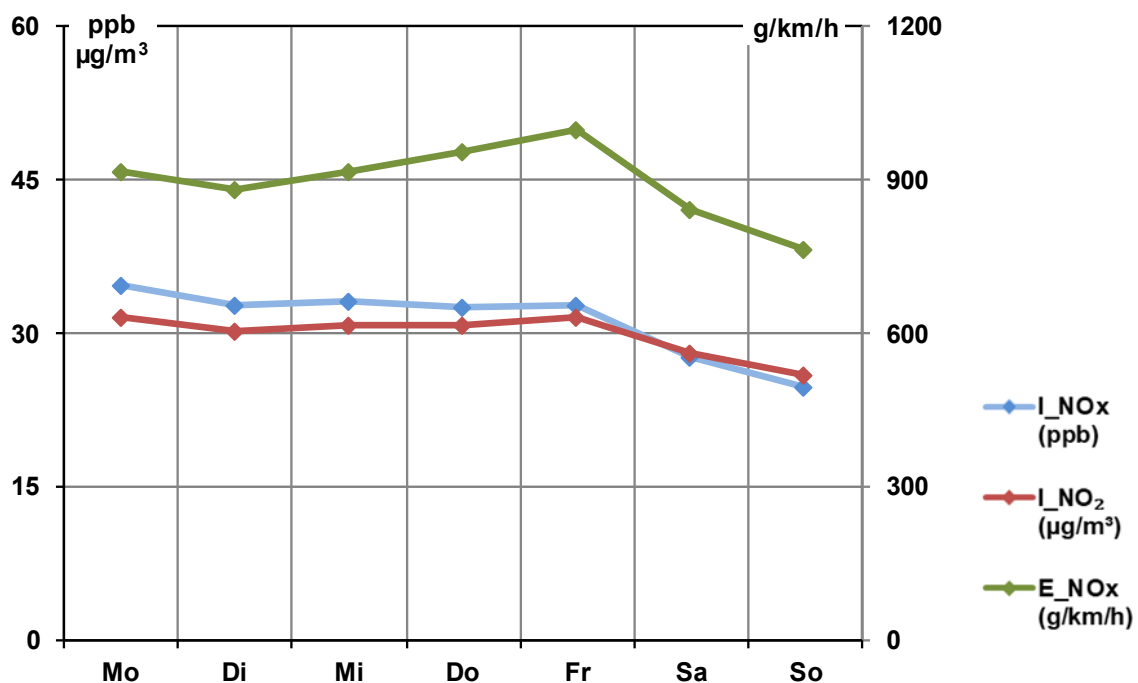


Abbildung 2.17: Mittelwerte der Immissionen von NO_x und NO₂ sowie der NO_x-Emissionen (E_NOx) bei Hallein (A10) je Wochentag (05.2022-04.2023).

Der Wochentagsverlauf der NO_x-Immissionen über die letzten 14 Jahre zeigt allfällige Abhängigkeiten der Immissionsentwicklung vom Wochentag. Die Kurven für Montag bis Freitag liegen im Laufe der Jahre immer näher zusammen, vor allem seit 2014/15. Nach 2016/17 gab es für alle Wochentage einen Knick nach unten, besonders ausgeprägt von Montag bis Freitag. Dies bedeutet eine verstärkte Immissions- und als Ursache Emissionsabnahme nach 2016/17, vor allem werktags, das heißt auch vor allem bei den Lkw. Von 2020/21 bis 2022/23 gab es im Wesentlichen eine Stagnation: Werktags eine geringere Abnahme als in den letzten Jahren, Stagnation samstags und einen Wiederanstieg an Sonn- und Feiertagen. Dies liegt daran, dass der Pkw-Verkehr nach den pandemiebedingten Lockdowns 2020/21 an den Wochenenden prozentual etwa doppelt so stark zugenommen hat als werktags, die Lfw prozentual etwa dreimal so stark. Im Vergleich zum Betriebsjahr 2018/19 hat der Pkw-Verkehr an Sonn- und Feiertagen das damalige Aufkommen wieder erreicht, an den übrigen Wochentagen noch nicht. Die Lfw weisen im aktuellen Betriebsjahr an allen Wochentagen mehr Verkehr auf als im 2018/19.

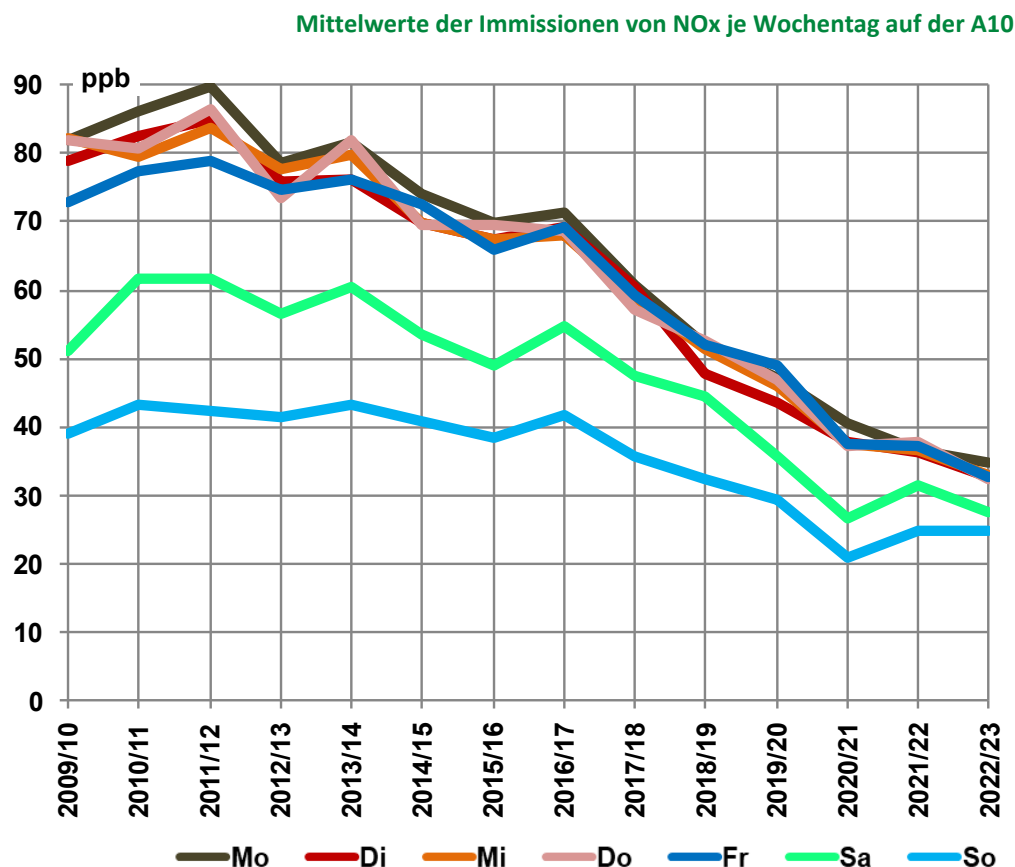


Abbildung 2.18: Mittelwerte der Immissionen von NO_x bei Hallein (A10) je Wochentag (2009/10-2022/23).

3. Dokumentation der täglichen Schaltzeiten

In der folgenden Tabelle werden alle täglichen Schaltzeiten von Tempo100 auf der A10 bei Hallein im Betriebsjahr 2022/23 dokumentiert.

Tabelle 3.1: Tägliche Anzahl Stunden mit Tempo100-Schaltung, Hallein A10 (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	3	6	6.5	9.5	6.5	7.5	6.5	7	3	5	10	4.5
2	3	4	4	4	11.5	5	13.5	6.5	4	0	14	5
3	5.5	4.5	2	3.5	13	9.5	13	16.5	14.5	6.5	17.5	2
4	4	1	5.5	7.5	3	6	14	10.5	11	4.5	11	3
5	5	1	8	6.5	6	8	14.5	9	7.5	7.5	7	7.5
6	8.5	1	6	6	6	5	7	9.5	10.5	10.5	10	11.5
7	4	8.5	12	8.5	6.5	9	8.5	10.5	12.5	9	8.5	9
8	2	3.5	7	2	9	5	9	11.5	14	10	7	5.5
9	7.5	9	8.5	5	16	1	10	15	14.5	9.5	12	4
10	4.5	6.5	6	4.5	10	8	14.5	15	5.5	13.5	12	3.5
11	4	5.5	7.5	8	13	8	12.5	5.5	5	17	1	5
12	4.5	3	5	8	7	4.5	13	14	9	10	7.5	4.5
13	10	7.5	4	7	3.5	7.5	16.5	15	5	11.5	7	7.5
14	1.5	6	6	2.5	9.5	8.5	9	15	4	9	11.5	15.5
15	1	11	6.5	1.5	13.5	6.5	10.5	14	1	15	2	11.5
16	7	2	6.5	2.5	10.5	4	16	17.5	7	11.5	6.5	4.5
17		2	5	8.5	10	6	10	8.5	11	13	7	6.5
18		9.5	8	8	10.5	8	12	18	11.5	3	9.5	5
19	2.5	6	5	17	12.5	4	6.5	20	8	0	6.5	6.5
20	1	6.5	5	11	14	9	8	14.5	6	8	7.5	4.5
21	0	1.5	7.5	11	9	13.5	13	18.5	9.5	9.5	5.5	3.5
22	1	4	4	10	10	11.5	14.5	16.5	15	11	4.5	0
23	5.5	2.5	2.5	8	10	2.5	9	13	14	10	7.5	1
24	3	4	0	7	7	7.5	11	13	16	12.5	5	7
25	5	2.5	6	6.5	6	9.5	11.5	1.5	12	8.5	3	5.5
26	2	2.5	4	6.5	7.5	5.5	11.5	6	3.5	5.5	0	2.5
27	2	3.5	5.5	5.5	7	7.5	6	8	13.5	8	3	5
28	4.5	2.5	2.5	5.5	10.5	6.5	9.5	12	11.5	4.5	1	13
29	11	8	5.5	6	9.5	7	10	9.5	13		4	2
30	6	3	11	4.5	9.5	5.5	10	12.5	9.5		6	0
31	4		4	12.5		9		0	5		9	

An 2 Tagen im Mai 2022 fiel die Schaltung vollständig aus. Ihre Verfügbarkeit über das gesamte Betriebsjahr betrug **97.4%**.

Die monatliche Verteilung der Tage mit außerordentlichen Schaltzeiten (0 bis 1.5 h bzw. 16 - 20 h Schaltzeit) folgt grundsätzlich der allgemeinen Verteilung der Schaltzeiten: Sehr hohe tägliche Schaltzeiten finden wir in diesem Betriebsjahr von Mitte November bis Ende Dezember 2022 und an fünf einzelnen Tagen im August und September 2022 sowie von Januar bis anfangs März 2023. Tage mit sehr geringer Tempo100-Schaltzeit ergaben sich vor allem im Frühjahr und Frühsommer (Mai/Juni 2022 und März/April 2023).

Anzahl Tage pro Monat mit außerordentlichen Tempo100-Schaltzeiten auf der A10

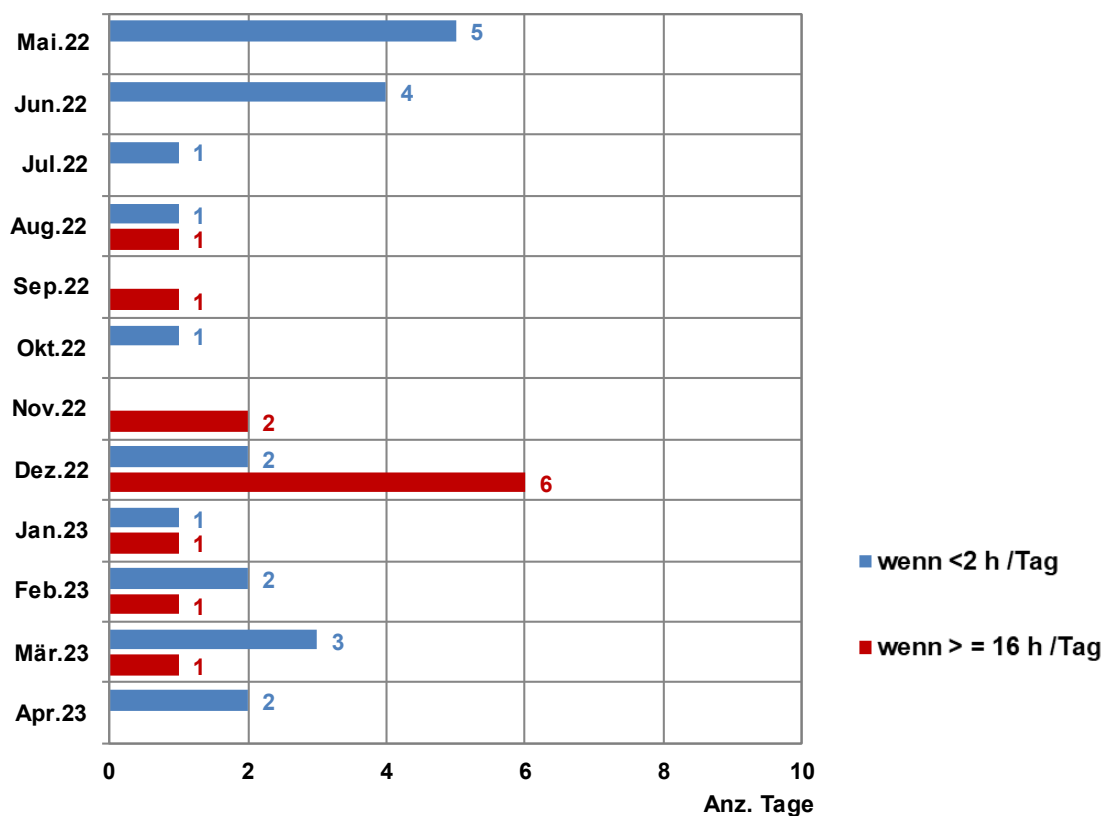


Abbildung 3.1: Anzahl Tage pro Monat mit außerordentlichen Tempo100-Schaltzeiten, Hallein A10 (05.2022-04.2023).

Bei den 13 Tagen mit hohen Schaltzeiten (16-20 h) kamen alle Wochentage vor. Tage mit hohen Schaltzeiten trotz wenig Verkehrs stellten sich im Winter ein (November bis Januar).

Tabelle 3.2: Die 13 Tage mit hohen Tempo100-Schaltzeiten (≥ 16 h) bei Hallein A10 (05.2022-04.2023).
Blau: Tage mit häufigen Tempo100-Schaltungen trotz relativ geringen Verkehrs.

Tag	Datum	Pkw-Aufkommen	Tempo100-Schaltzeit [h]
Fr	19.08.2022	74'744	17
Fr	09.09.2022	61'903	16
So	13.11.2022	30'874	16.5
Mi	16.11.2022	35'287	16
Sa	03.12.2022	32'623	16.5
Fr	16.12.2022	45'240	17.5
So	18.12.2022	39'493	18
Mo	19.12.2022	39'253	20
Mi	21.12.2022	45'331	18.5
Do	22.12.2022	52'891	16.5
Di	24.01.2023	35'740	16
Sa	11.02.2023	60'791	17
Fr	03.03.2023	48'863	17.5

4. Effektive Fahrgeschwindigkeiten auf der A10 bei Hallein

In diesem Kapitel werden die **mittleren** Fahrgeschwindigkeiten auf der A10 bei Hallein vom Mai 2022 – April 2023 dargestellt.

Es herrschte zeitweise ein Tempo100-Limit, ansonsten Tempo130. 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. Wenn solche Phasen weggelassen würden, würde sich die mittlere Geschwindigkeit vor allem für Zeiten mit Tempo130-Limit etwas erhöhen. **Geschwindigkeiten unter 90 km/h wurden für die Auswertungen in diesem Kapitel konsequent weggelassen;** sie konnten bei Stau, Baustellen oder bei prekären Straßenverhältnissen vorkommen. Dies war im aktuellen Betriebsjahr immer wieder der Fall (s. nächste Abbildung). Es wird vermutet, dass es sich hierbei zumeist um Stau handelte.

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

4.1. Geschwindigkeitsbereich der Pkw

Die täglichen Fahrgeschwindigkeiten der Pkw bewegten sich generell zwischen etwa 100 und 115 km/h auf der Basis der Stundenmittelwerte. Immer wieder gab es kurze Phasen mit verringerten Fahrgeschwindigkeiten, vor allem wegen Stau. Außerhalb dieser Phasen variierten die Geschwindigkeitsbereiche jedoch wenig (s. Abbildung 4.1).

Rein visuell erhalten die Ausreißer in Abbildung 4.1 zu viel Gewicht: Nur in 0.5% der Stunden war die Pkw-Geschwindigkeit <80 km/h, in 2.2% der Stunden war sie <90 km/h.

Täglicher Geschwindigkeitsbereich der Pkw auf der A10, Stundenwerte

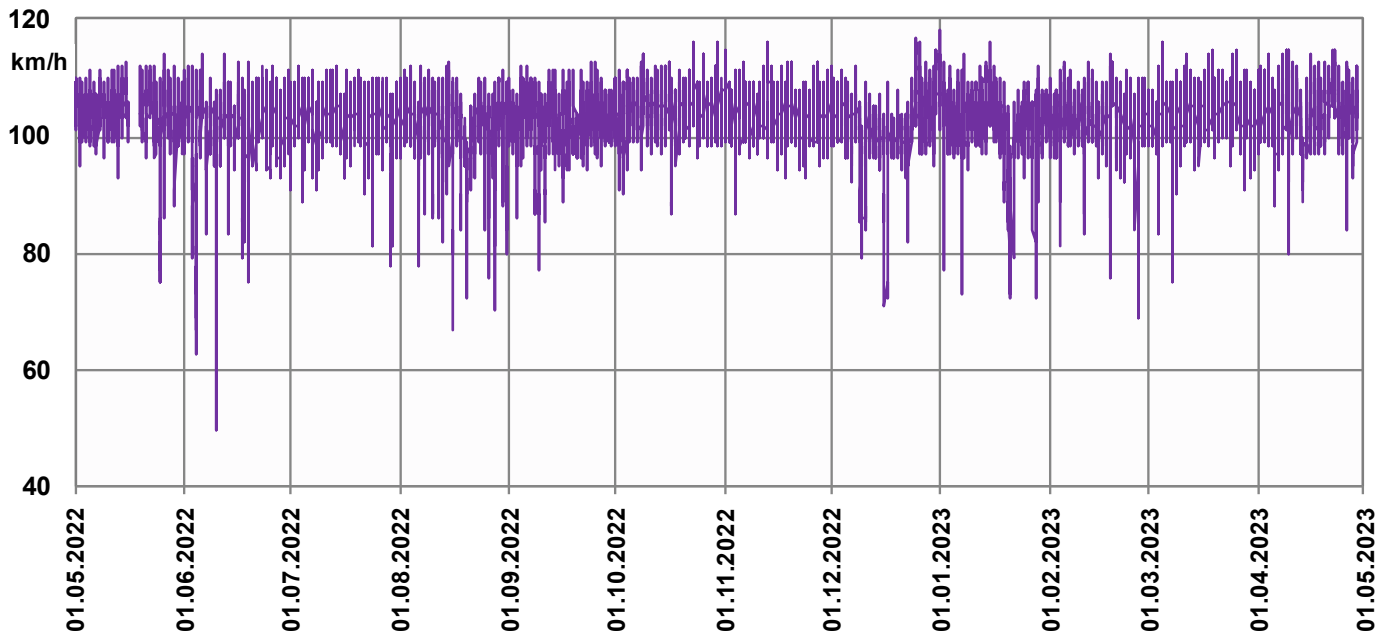


Abbildung 4.1: Täglicher Geschwindigkeitsbereich der Pkw auf der Basis der Stundenwerte, Hallein A10 (05.2022-04.2023).

4.2. Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeiten

Die nächste Abbildung zeigt mit der Fahrzeuganzahl gewichtete Häufigkeitsverteilungen der Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit. Die Häufigkeitsverteilungen unterscheiden sich deutlich nach dem Tempolimit. Die häufigsten Fahrgeschwindigkeiten sind im aktuellen Betriebsjahr 98 km/h bei Tempo 100 und 104 - 108 km/h bei Tempo 130. Nur wenige Stundenwerte betragen über 104 km/h bei Tempo 100 und über 118 km/h bei Tempo 130. Über das Fahrverhalten einzelner Pkw ist damit nichts ausgesagt.

Die Verteilung ist bei Tempo130 schon immer deutlich breiter als bei Tempo100 gewesen. In den letzten beiden Jahren hat sie sich aber im Vergleich zu den früheren Jahren stark verändert und hat nun nicht mehr den Charakter einer typischen Häufigkeitsverteilung. Sie ist hin zu tieferen Geschwindigkeiten verformt worden. Dies deutet auf eine zeitweise Störung des Verkehrsflusses hin. Ob dabei Stau oder/und Bauarbeiten oder etwas anderes die Ursache waren, konnte nicht eruiert werden.

Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeit,
gewichtet mit dem Pkw-Aufkommen je Tempolimit auf der A10

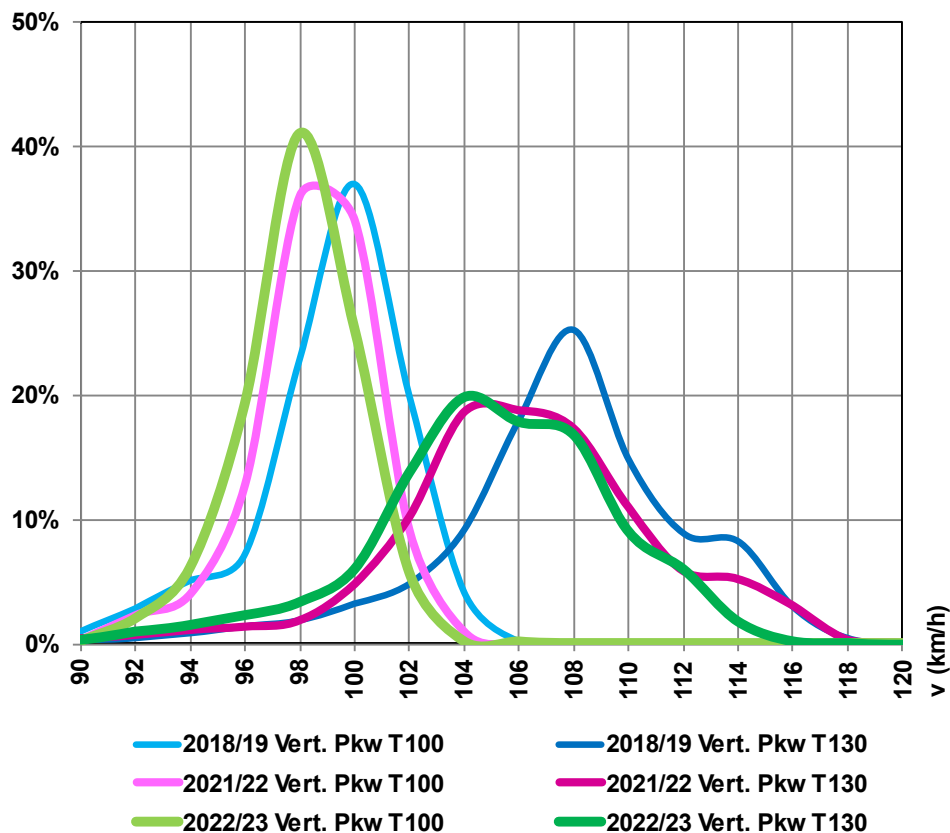


Abbildung 4.2: Mit der Pkw-Anzahl gewichtete Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeit je Tempolimit auf der A10 bei Hallein, Basis Stundenwerte (05.2022-04.2023, 05.2021-04.2022 und 05.2018-08.02.2019).

4.3. Tagesgang der mittleren Fahrgeschwindigkeit

Der mittlere Tagesgang der Geschwindigkeit zeigt beim Leichtverkehr bei Tempo100 keine großen tageszeitlichen Unterschiede. Bei Tempo130 zeigt sich die Absenkung in der Nacht von 22-5 Uhr; die höchsten Geschwindigkeitswerte wurden in den Abendstunden erreicht.

Bei den schweren Nutzfahrzeugen (SNF) zeigen sich ebenfalls nur schwach ausgeprägte Tagesgänge in den gemessenen Geschwindigkeiten, kaum Unterschiede zwischen Tempo100 und Tempo130. In der Nacht sind die Geschwindigkeiten generell etwas tiefer, die rasche Absenkung nach 22 Uhr dürfte auf den Umstand zurückzuführen sein, dass für Lkw zwischen 22:00 und 05:00 eigentlich ein

Tempolimit von 60 km/h gilt. Die höchsten Geschwindigkeiten werden von 17 bis 22 Uhr gefahren.

Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des LV und der SNF auf der A10

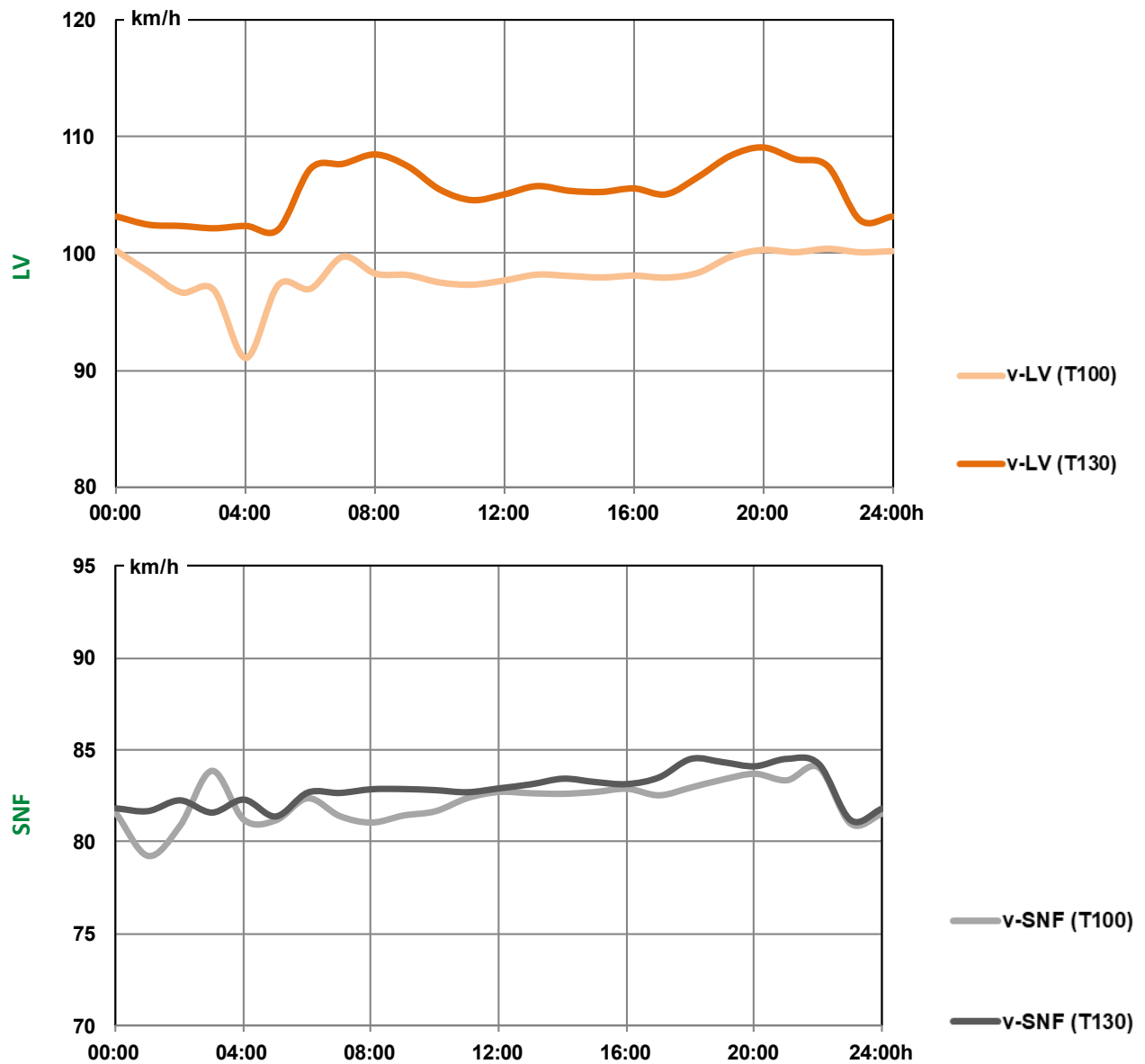


Abbildung 4.3: Mittlerer Tagesgang der Geschwindigkeit des Leichtverkehrs (oben) und der schweren Nutzfahrzeuge (SNF; unten) auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023).

4.4. Monatsmittel der Fahrgeschwindigkeit

Die im Folgenden dargestellten Monatsmittelwerte beziehen sich nur auf die Tagesstunden von 6 – 22 Uhr. Sie schwanken beim Leichtverkehr bei Tempo130 mehr als bei Tempo100. Von Juni bis September 2022 wurde vom Leichtverkehr generell bei Tempo130 langsamer gefahren als in den übrigen Monaten.

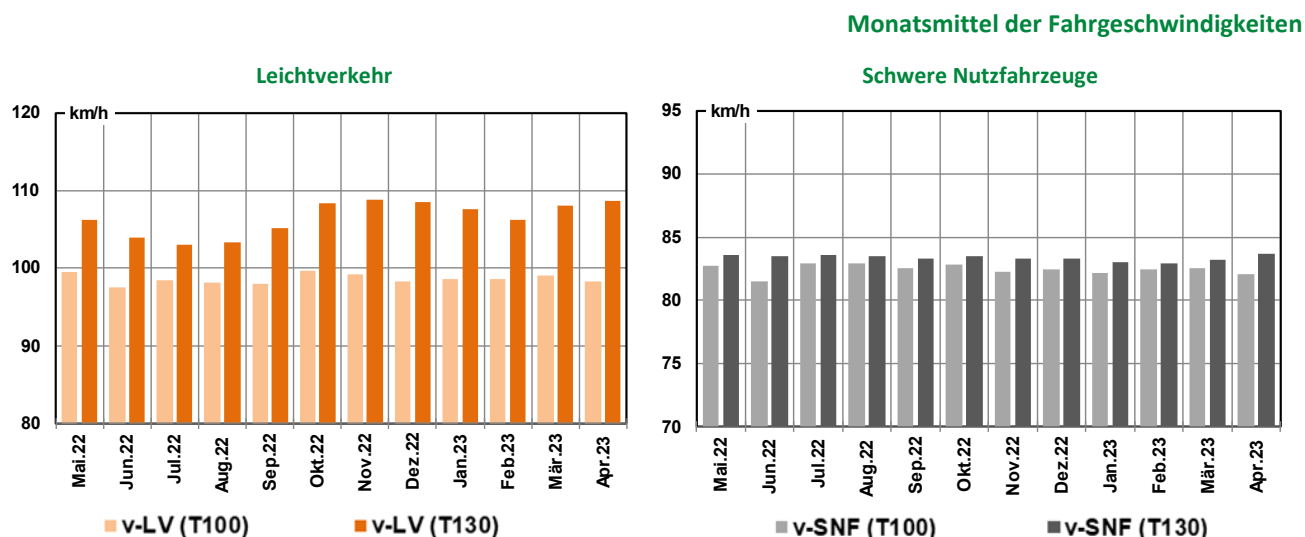


Abbildung 4.4: Monatsmittelwerte der mittleren gemessenen Fahrgeschwindigkeit von 6-22 Uhr je Tempolimit: Leichtverkehr (links) und schwere Nutzfahrzeuge (SNF; rechts) auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023).

4.5. Mittlere Fahrgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs nach Tempolimit

Die **mittleren** Fahrgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs je nach Tempolimit werden in der folgenden Tabelle aufgelistet. Zu Vergleichszwecken werden auch die Werte von früheren Betriebsjahren inkl. 2011/12 (vor Sensorwechsel) angegeben.

Tabelle 4.1: Mittelwerte der effektiven Fahrgeschwindigkeiten des Leichtverkehrs (LV) je Tempolimit tagsüber (6-22 Uhr) und in der Nacht (22-6 Uhr) auf der A10 bei Hallein (05.2022-04.2023, 05.2021-04.2022, 05.2018-08.02.2019, 05.2017-04.2018, bzw. 05.2011-04.2012).

Tempolimit (05.2022-04.2023)	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L Schaltung	98.4	96.7
ohne IG-L Schaltung	106.6	103.6
Tempolimit (05.2021-04.2022)	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L Schaltung	99.1	97.5
ohne IG-L Schaltung	107.9	103.6
Tempolimit (05.2018-08.02.2019)	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L Schaltung	99.7	98.3
ohne IG-L Schaltung	109.5	105.1
Tempolimit (05.2017-04.2018)	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L Schaltung	100.0	98.1
ohne IG-L Schaltung	110.3	105.3
Vor Sensorwechsel Tempolimit (05.2011-04.2012)	LV: v [km/h] 6-22 Uhr	LV: v [km/h] 22-6 Uhr
mit IG-L Schaltung	103.6	103.3
ohne IG-L Schaltung	113.9	108.7

Die in Tabelle 4.1 angeführten Geschwindigkeiten wurden zur Abschätzung der lufthygienischen Wirksamkeit der Tempo100-Schaltung verwendet (Kap. 5). Durch das Tempolimit wurde im aktuellen Betriebsjahr tagsüber eine Geschwindigkeitsreduktion um **8.2 km/h** (Betriebsjahr 2021/22: 8.8 km/h) erreicht. Im Vergleich zum Vorjahr 2021/22 wurde bei beiden Tempolimits tagsüber langsamer gefahren, nachts bei Tempo100.

5. Wirksamkeit der flexiblen Tempo100-Schaltung auf der A10 zwischen Salzburg und Golling

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

5.1. Emissionsreduktionen

Bei den **Emissionen** an NO_x und CO₂ lassen sich die folgenden **Reduktionen durch das real umgesetzte Tempo100-Limit** abschätzen (Reduktion der mittleren Geschwindigkeit des Leichtverkehrs tagsüber um die ermittelten **8.2 km/h**):

Tabelle 5.1: Emissionsreduktionen für NO_x und CO₂ durch das real umgesetzte flexible Tempo100-Limit auf dem 27 km langen Abschnitt Salzburg-Golling der A10 (05.2022-04.2023):

	NO _x	CO ₂
Gesamtemission [t/y]	211	121'095
Einsparung durch flexibles T100 [t/y]	-10.2	-1'835
in %	-4.6%	-1.5%

Durch das flexible Geschwindigkeitslimit auf der A10 zwischen Salzburg und Golling konnten 4.6% der gesamten NO_x- bzw. 1.5% der gesamten CO₂-Emissionen (über alle Fahrzeugkategorien) eingespart werden. Die Prozentsätze dieser Einsparungen waren etwa gleich hoch wie im Vorjahr, weil die real erreichte Geschwindigkeitsreduktion etwas geringer und die Schalthäufigkeit etwas höher war. Die **absolute** Einsparung war aber bei der NO_x-Emission gut 10% geringer als im Vorjahr, weil zwar der Leichtverkehr um etwa 7% zugenommen hatte, die

NO_x-EFA aber um 11-15% abgenommen hatten und die Fahrgeschwindigkeiten sich generell etwas reduziert hatten. Die **absolute** CO₂-Einsparung war gegenüber dem Vorjahr jedoch um etwa 2% höher infolge der Verkehrszunahme, weil sich die CO₂-EFA nur um 1-2% reduzierten.

Die prozentuale Kraftstoffeinsparung dürfte sich etwa im Bereich der CO₂-Einsparung bewegt haben. Die Abschätzung der Emissionsreduktionen basiert neu auf dem Handbuch der Emissionsfaktoren HBEFA 4.2. Die Gesamtemission an CO₂ wird inklusive Bio-Kraftstoffe angegeben.

5.2. Szenarien der Immissionsreduktionen

Zur **Abschätzung der Reduktionen bei den Immissionen an NO_x und NO₂** wurden fünf Szenarien für den Zeitraum **Mai 2022 – April 2023** berechnet:

- **“Tempo100 immer“**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren stets mit der bei Hallein gemessenen Durchschnittsgeschwindigkeit bei 'Tempo 100' (entspricht 98.4 km/h tagsüber bzw. 96.7 km/h nachts).
- **“Tempo100 nie“**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren stets mit der bei Hallein gemessenen Durchschnittsgeschwindigkeit bei 'Tempo 130' (entspricht 106.6 km/h tagsüber bzw. 103.6 km/h nachts).
- **“Tempo100 temporär“**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren in den Halbstunden, in welchen die Steuerung Tempo 100 bestimmt hat, mit 'Tempo 100', und in den übrigen mit 'Tempo 130'. *Dies ist der Realzustand für Hallein (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'.
- **“Tempo100 nie (vor VBA)“**: Alle Fahrzeuge des Leichtverkehrs fahren stets mit der bei Hallein früher (vor Inkraftsetzung des Tempo100-Limits) vorhandenen Durchschnittsgeschwindigkeit bei 'Tempo 130' (118 km/h als 'typische' Autobahngeschwindigkeit ohne VBA), aber mit den Emissionsfaktoren des Jahres 2022/23.

Für den übrigen Verkehr (Busse und Lkw) wurden kategorienspezifische Referenzgeschwindigkeiten verwendet.

Ausgehend von der realen Situation des Verkehrsaufkommens und der Immissionen wurden die Emissionen und Immissionen an NO_x und NO₂ halbstündlich mit den entsprechenden 'Tempo100'- bzw. 'Tempo130'-Geschwindigkeiten für jedes

Szenarium ermittelt. Daraus konnten die Effekte für permanentes und flexibles Tempo100-Limit abgeleitet werden. Hinsichtlich der Immissionen werden die Ergebnisse in den nächsten Tabellen dargestellt.

5.3. Ergebnisse der Geschwindigkeitsszenarien

5.3.1. Emissionen und Immissionen bei Hallein für permanente und flexible Tempo100-Schaltungen im Betriebsjahr 2021/22

Die Tempo100-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. In diesem Jahr wären gegenüber der früheren Situation 'vor VBA' als Ausgangslage bei den damaligen Geschwindigkeiten, aber aktuellen Emissionsfaktoren und aktueller Meteorologie bereits 5/6 des lufthygienischen Effektes eines permanenten Tempo100-Limits erreicht worden. Die frühere Situation 'vor VBA' wird am Schluss dieses Kapitels weiter diskutiert.

Tabelle 5.2: Absolute Kennzahlen der fünf Szenarien 'Tempo 100 immer', 'Tempo100 nie', 'Tempo100 temporär' (Realfall), 'Tempo100 Winterhalbjahr' und 'Tempo100 nie (vor VBA)', Hallein A10, Mai 2022 – April 2023.

Hallein 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
Messwerte			30.9	29.6			0
T100 immer	825	143	29.3	28.3	67	53	0
T100 nie	925	161	32.6	30.7	74	57	0
T100 temporär	882	153	30.9	29.6	68	54	0
T100 WHj.	882	153	30.8	29.6	69	55	0
<i>Vor VBA</i>	<i>1123</i>	<i>196</i>	<i>39.4</i>	<i>35.5</i>	<i>89</i>	<i>67</i>	<i>0</i>

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

Mit dem flexiblen Tempo100 ist die NO₂-Immission um 1.1 µg/m³ reduziert worden; bei einem permanenten Tempo100 wäre sie um weitere 1.3 µg/m³ reduziert

worden. Der lufthygienische Tempo100-Effekt ist damit etwas geringer als im Vorjahr (1.3 bzw. $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$), obwohl die Schalthäufigkeit sich um nahezu 3% erhöht hat und der Leichtverkehr (Pkw und Lfw) um etwa 7% zugenommen hat (s. Tabelle 2.1). Dieser Sachverhalt hat zwei Ursachen: Zum einen haben sich die NO_x -EFA um 11% (Pkw) bis 15% (Lfw) verringert, so dass sich die Emissionen des Leichtverkehrs bei einer bestimmten Geschwindigkeit trotz der Verkehrszunahme im Vergleich zum Vorjahr verringert haben. Außerdem haben die mittleren Fahrgeschwindigkeiten abgenommen, bei 'Tempo130' mehr als bei 'Tempo100', so dass auch die resultierende mittlere Geschwindigkeitsdifferenz durch die Tempo100-Schaltung geringer geworden ist. Dadurch hat sich die Emissionsdifferenz bei den Stickoxiden zwischen permanentem 'Tempo130' und flexiblem 'Tempo100' im Vergleich zum Vorjahr insgesamt um 11% verkleinert.

Diese Emissionsdifferenz ist im aktuellen Betriebsjahr bei im Mittel günstigeren Ausbreitungsbedingungen angefallen: Die Tau-Werte (Maß für die Ausbreitungsbedingungen) waren nur knapp 4% höher als im Jahresmittel, im Vorjahr 9% höher. Dieser Umstand hat die Immissionsdifferenz bei den Stickstoffoxiden zusätzlich verringert (16 bis 17% weniger als im Vorjahr), trotz der Verkehrszunahme. Die geringeren Tau-Werte während der Tempo100-Schaltungen spiegeln sich in der tageszeitlichen Verteilung der Tempo100-Häufigkeit wider: Tagsüber (6-22 Uhr) war die Tempo100-Häufigkeit 44% (Vorjahr 38%), nachts knapp 8% (Vorjahr gut 10%). Nachts sind die Ausbreitungsbedingungen schlechter, der Taufaktor im Mittel höher.

Da das Szenarienmodul zur Bestimmung der lufthygienischen Wirksamkeit die Situation für jede einzelne Halbstunde des Betriebsjahres berechnet, kann es solch komplexe Zusammenhänge wie eben erläutert korrekt abbilden.

Relative Effekte eines *permanenten* Tempo100 bei Hallein im Betriebsjahr:

Die **NO₂-Emissionen** werden durch ein Tempolimit für den Leichtverkehr etwas stärker reduziert als die **NO_x-Emissionen**, weil der Leichtverkehr einen größeren prozentualen Anteil an den NO₂-Emissionen als an den gesamten NO_x-Emissionen hat. Die Reduktion der **NO₂-Immissionen** ist geringer als bei den NO_x-Immissionen, weil das in der Luft mit Hilfe von Ozon aus NO gebildete NO₂ nur gedämpft auf Änderungen beim NO_x reagiert.

Der Effekt bei den **NO_x-Immissionen** wäre bei einem permanenten Tempo100 etwas geringer als bei den **NO_x-Emissionen**, weil sich die Immissionen wegen des nicht von der A10 herrührenden Anteils prozentual weniger als die Emissionen reduzieren, und wegen Unterschieden in der zeitlichen Verteilung der Emissionen und Immissionen (jahreszeitlich, tageszeitlich).

Tabelle 5.3: Relative Effekte eines permanenten 'Tempo100' im Vergleich zu 'Tempo130' bei den real ermittelten Fahrgeschwindigkeiten für 'Tempo100' (98.4 km/h tagsüber bzw. 96.7 km/h nachts) bzw. für 'Tempo130' (106.6 km/h tagsüber bzw. 103.6 km/h nachts), Hallein A10, Mai 2022 – April 2023.

Hallein: 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 %
	-10.8%	-11.2%	-10.1%	-7.8%	-10.6%	-8.5%

Relative Effekte des *flexiblen* Tempo100 bei Hallein im Betriebsjahr:

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 knapp nicht erfüllt worden. Die alternative Forderung gemäß BVO, wonach eine Immissionsreduktion beim NO_x erreicht werden soll, die 75% eines ganzjährigen permanenten Tempolimits ausmacht, ist bei weitem nicht erfüllt worden. Der Grund dafür ist eine Schalthäufigkeit von nur noch 31% der Gesamtzeit. Eine allfällige Herabsetzung des Schwellenwertes, was zu einer Erhöhung der Schalthäufigkeit führen würde, müsste vor dem Hintergrund eines NO₂-Jahresmittels von nur noch 30 µg/m³ gesehen werden.

Tabelle 5.4: Relative Effekte des flexiblen Tempo100-Limits in Bezug auf ein permanentes Tempo100, Hallein A10, Mai 2022 – April 2023.

Hallein: Relativer Tempo100-Effekt im Betriebsjahr	T100	I_NOx	I_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
	Zeitan- teil	Mittel	Mittel	95 %	95 %
T100 immer	100%	100%	100%	100%	100%
T100 nie	0%	0%	0%	0%	0%
T100 temporär	31%	52%	45%	83%	69%
T100 WHj.	49%	55%	48%	75%	55%

Die Zeitanteile von Tempo100 beziehen sich auf das gesamte Betriebsjahr (eingeschlossen die Betriebsausfälle).

Der Effekt ist bei den Spitzenbelastungen größer als bei den Jahresmitteln. Bei kurzfristig hohen Immissionswerten wird von der Steuerung fast durchwegs Tempo100 geschaltet, obwohl diese nur auf den Leichtverkehr reagiert.

5.3.2. Vergleich mit der früheren Situation bei Hallein

Es kann davon ausgegangen werden, dass die relativ tiefe 'Tempo130'-Geschwindigkeit (106.6 km/h) auch mit dem Vorhandensein der VBA und den damit verbundenen Kontrollen zu tun hat. Für die frühere Situation (vor Einführung des Tempo100-Limits über die VBA) wird für die A10 bei Hallein von einer 'Tempo130'-Geschwindigkeit von tagsüber und nachts 118 km/h ausgegangen, was als typisch für eine Überlandautobahn ohne VBA gelten kann. In diesem Abschnitt wird aufgezeigt, welche Emissions- und Immissionsreduktionen bezogen auf diesen früheren Zustand durch die VBA mit dem flexiblen Tempo100-Limit erreicht worden sind. Dabei werden die aktuellen Emissionsfaktoren des Betriebsjahres 2022/23 verwendet.

Eine mittlere Geschwindigkeit des Leichtverkehrs von 118 km/h beim Verkehrsaufkommen, den Emissionsfaktoren und den meteorologischen Bedingungen von 2022/23 hätte zu deutlich höheren Immissionen geführt; das NO₂-Jahresmittel hätte 36 µg/m³ erreicht (s. Tabelle 5.2). Der Effekt der Einführung eines **permanenten** Tempo100 würde in dieser früheren Situation 'Vor VBA' mehr als doppelt so hoch sein wie innerhalb des aktuellen Betriebsjahres (s. Tabelle 5.3) ausgewiesen.

Tabelle 5.5: Relative Effekte eines permanenten Tempo100 (98.4 km/h tagsüber bzw. 96.7 km/h nachts) im Vergleich zum früheren 'Tempo130' (118 km/h) vor Einführung von Tempo100 mit der VBA, Hallein A10, Mai 2022 – April 2023.

Hallein: Reduktion der Gesamtwerte durch ein permanentes T100 im Vergleich zu 'Vor VBA'	E_NOx	E_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	95 %	95 %
	-26.5%	-27.1%	-25.5%	-20.2%	-25.5%	-21.2%

Gegenüber dieser früheren Situation hat das aktuelle flexible Tempo100-Regime 82-84% der Wirksamkeit eines permanenten Tempo100 erreicht. Ein permanentes Tempo100-Limit würde laut Tabelle 5.2 dennoch eine weitere Reduktion von 1,3 µg/m³ beim NO₂-Jahresmittel bringen.

Tabelle 5.6: Relative Effekte des aktuellen flexiblen Tempo100 in Bezug auf die frühere 'Tempo130'-Situation ('Vor VBA'), Hallein A10, Mai 2022 – April 2023.

Hallein: Rel. T100-Effekt bezogen auf 'Vor VBA'	T100	I_NOx	I_NO ₂	I_NOx	I_NO ₂
	Zeitanteil	Mittel	Mittel	95 %	95 %
T100 immer	100%	100%	100%	100%	100%
T100 nie (früher)	0%	0%	0%	0%	0%
T100 temporär	31%	84%	82%	94%	89%
T100 WHj.	49%	85%	83%	91%	84%

6. Zusammenfassung

Im Betriebsjahr Mai 2022 – April 2023 war Tempo100 auf der A10 zwischen Salzburg und Golling während durchschnittlich 32% der Betriebszeit geschaltet. Bei einer Verfügbarkeit der Tempo100-Schaltung von 97.4% entspricht dies 31% der Gesamtzeit.

Im Vergleich mit den bisherigen Betriebsjahren war die Tempo100-Häufigkeit ähnlich hoch wie im Vorjahr, d.h. deutlich geringer als in früheren Jahren. Der hauptsächliche Grund für den starken Rückgang im Vergleich zu den früheren Jahren ist die Anhebung des Schwellenwertes der Schaltung im August 2020. Daneben spielt auch die Flottenmodernisierung eine Rolle.

Nach Jahreszeiten unterteilt weist der Winter (41%) mit Abstand die größte Schalthäufigkeit auf, das Frühjahr und der Sommer (24%) die geringste. Die Erhöhung des Schwellenwertes des NO_x-Immissionsbeitrags des Leichtverkehrs von 22 auf 29 ppb am 10.08.2020 hat vor allem die Schalthäufigkeit im Sommer abgesenkt. Nach Wochentagen weisen die Tempo100-Schaltungen auf der A10 am Freitag die größte Häufigkeit auf (39%); die übrigen Werktage erreichen 30-34%, die Sonn- und Feiertage 24%. Die größere Schalthäufigkeit werktags ist vor allem auf die Tageszeit von 5 – 10 Uhr zurückzuführen.

In der Gesamtschau über die letzten 14 Betriebsjahre waren die Monatsmittel der NO_x-Immissionen von September 2022 – Januar 2023 so tief wie noch nie. Dies liegt am anhaltenden Rückgang der mittleren NO_x-Emissionen je Fahrzeug und an günstigen Ausbreitungsbedingungen.

Die A10 bei Hallein wies im Untersuchungsjahr (Mai 2022 – April 2023) einen DTV von rund 58'000 Fahrzeugen auf, 7% mehr als im Vorjahr 2021/22, was wohl noch auf 'Corona-Kompensation' zurückzuführen ist. Vom Gesamtverkehr waren 80% Pkw, 9% schwere Güterfahrzeuge. Busse fuhren zu 60% mehr als im Vorjahr. Der eingebrochene Busverkehr scheint sich langsam zu erholen.

Durch das Tempo100-Limit wurde im aktuellen Betriebsjahr tagsüber eine reale Geschwindigkeitsreduktion um **8.2 km/h** im Mittel (Betriebsjahr 2021/22: 8.8 km/h) erreicht. Im Vergleich zum Vorjahr 2021/22 wurde bei beiden Tempolimits tagsüber langsamer gefahren, nachts bei Tempo100.

Durch das flexible Geschwindigkeitslimit auf der A10 zwischen Salzburg und Golling konnten 4.6% der gesamten NO_x- bzw. 1.5% der gesamten CO₂-

Emissionen (über alle Fahrzeugkategorien) eingespart werden. Die Prozentsätze dieser Einsparungen waren etwa gleich hoch wie im Vorjahr, weil die real erreichte Geschwindigkeitsreduktion etwas geringer und die Schalthäufigkeit etwas höher war. 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 4.2.

Mit dem flexiblen Tempo100 ist die NO₂-Immission um 1.1 µg/m³ reduziert worden; bei einem permanenten Tempo100 wäre sie um weitere 1.3 µg/m³ reduziert worden.

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 knapp nicht erfüllt worden. Die alternative Forderung gemäß BVO, wonach eine Immissionsreduktion beim NO_x erreicht werden soll, die 75% eines ganzjährigen permanenten Tempolimits ausmacht, ist bei weitem nicht erfüllt worden. Der Grund dafür ist eine Schalthäufigkeit von nur noch 31% der Gesamtzeit. Eine allfällige Herabsetzung des Schwellenwertes, was zu einer Erhöhung der Schalthäufigkeit führen würde, müsste vor dem Hintergrund eines NO₂-Jahresmittels von nur noch 30 µg/m³ gesehen werden.