

Grabenstrasse Zug

Versuch Tempo 30

Auswertung Lärmmessungen

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt

Kunde
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Datum
4. Juli 2018



Impressum

—

Datum

4. Juli 2018

—

Bericht-Nr.

6049.000-002

—

Verfasst von

Markus Weber

Ulrike Huwer

Andrés Vidal

Begleitgruppe:

Dominique Schneuwly BAFU

Kurt Heutschi EMPA

Urs Lehmann KI Kt. Zug

Daniel Beyeler TBA Kt. Zug

Stefan Vollmann TBA Kt. Zug

Verfasst von

Markus Weber

Ulrike Huwer

Andrés Vidal

—

Basler & Hofmann AG

Ingenieure, Planer und Berater

Bachweg 1

Postfach

CH-8133 Esslingen

T +41 44 387 15 22

F +41 44 387 15 00

—

Verteiler

—

Bundesamt für Umwelt

TBA Kanton Zug

EMPA

Diese Studie wurde im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1.	Auftrag	1
1.1	Lärmsanierung Grabenstrasse	1
1.2	Auswertung Lärmmessungen	1
2.	Konzept T30-Versuch und Messungen	2
2.1	Perimeter und Messstellen	2
2.2	Massnahmen	3
3.	Messungen	5
3.1	Konzept und Methodik der Messungen	5
3.2	Zeiträume der Erhebungen	7
3.3	Auswertung Verkehrsaufkommen und Geschwindigkeiten	7
3.4	Detailuntersuchungen Einzeldurchfahrten	9
4.	Resultate Verkehr und Lärmmessung	12
4.1	Geschwindigkeiten	12
4.2	Durchgehende Messung	14
4.2.1	Durchschnittspegel Leq	14
4.2.2	Spitzenpegel LA1	16
4.2.3	Ereignisanalyse	18
5.	Analyse Einzeldurchfahrten	21
5.1	Auswertung nach Tagesstunden	22
5.1.1	Mittlere Geschwindigkeiten	22
5.1.2	Mittlere Maximalpegel (LAmax)	23
5.1.3	Mittlere Ereignispegel (SEL,A)	24
5.1.4	Flankensteilheit	25
5.2	Korrelation	26
5.2.1	Korrelation Geschwindigkeitsklassen - Maximalpegel (LAmax)	26
5.2.2	Korrelation Geschwindigkeitsklassen - Ereignispegel SEL	28
5.2.3	Korrelation Geschwindigkeitsklassen - SEL 20:130	29
6.	Modellansatz	30

Anhänge:

Ereignisanalyse Werktag

Ereignisanalyse Samstag

Ereignisanalyse Sonntag

Auswertung nach Kategorie und Tagesstunden - Geschwindigkeit

Auswertung nach Kategorie und Tagesstunden - LAmax

Auswertung nach Kategorie und Tagesstunden - SEL

Auswertung nach Kategorie und Tagesstunden - Flankensteilheit

Korrelation Lmax Werktag – alle Kategorien

Korrelation Lmax Sonntag – alle Kategorien

Korrelation SEL Werktag – alle Kategorien

Korrelation SEL Sonntag – alle Kategorien

Korrelation SEL 20:130 Werktag – alle Kategorien

Korrelation SEL 20:130 Sonntag – alle Kategorien

Korrelation Gesamtdaten

Korrelation ausgesuchte schwere Motorfahrzeuge

Modellansatz

1. Auftrag

Die Grabenstrasse in Zug ist eine kantonale Hauptachse wie auch eine städtische Zentrumsachse in der Altstadt mit hauptsächlich Wohnnutzung und einigen gewerblichen Nutzungen. Auch für Fussgänger ist die Grabenstrasse eine wichtige Achse, gequert wird sie punktuell am Ausgang eines Fussweges aus der Altstadt und gegenüberliegender Migros. Ein flächiges Querungsbedürfnis besteht nicht. Da die Grabenstrasse dem Zentrum vorgelagert ist, ist die Anzahl der Fussgänger insgesamt nicht besonders gross. Mit einem durchschnittlichen täglichen Verkehr von 14'500 Fahrzeugen (DTV gemessen 2017) ist das Verkehrsaufkommen vergleichsweise hoch. Vor allem in der Morgen- und der Abendspitze weist der Strassenabschnitt regelmässig stockenden Verkehr, vor allem in den Knotenzufahrten zum Kolinplatz, auf. Die Bushaltestelle stadteinwärts ist als Fahrbahnhofshaltestelle ausgebildet, stadtauswärts gibt es eine Busbucht.

1.1 Lärmsanierung Grabenstrasse

Bei der Grabenstrasse handelt es sich aus lärmrechtlicher Sicht aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens, das gemäss Prognosen auf 20'000 Fahrzeuge pro Tag wachsen könnte, und der damit verbundene Überschreitung der Immissionsgrenzwerte (IGW) um eine sanierungsbedürftige Anlage, für welche der Kanton Zug als Anlageninhaber Massnahmen zur Reduktion der Lärmbelastung prüfen muss.

Das vor diesem Hintergrund erstellte und öffentlich aufgelegte Lärmsanierungsprojekt sowie ein ergänzendes Verkehrsgutachten kommen zum Schluss, dass bei einer Änderung der signalisierten Geschwindigkeit von heute 50 km/h auf 30 km/h keine wahrnehmbare Verbesserung von mehr als einem Dezibel der Lärmsituation an den betroffenen Liegenschaften erreicht werden kann.

Gegen dieses Lärmsanierungsprojekt und insbesondere gegen den Verzicht auf eine Tempo-30-Signalisation gingen verschiedene betroffene Eigentümer und Bewohner rechtlich vor. Das Bundesgericht hat letztinstanzlich die Beschwerde mit Urteil vom 3. Februar 2016 teilweise gutgeheissen und die Sache zu neuer Beurteilung an die Baudirektion des Kantons Zug zurückgewiesen. Das Bundesgericht fordert den Kanton Zug im Speziellen dazu auf, das Lärminderungspotential von Tempo 30 entlang der Grabenstrasse detaillierter zu untersuchen, insbesondere für den Nachtzeitraum.

Das Tiefbauamt des Kantons Zug hat in der Folge ein Vorgehen mit Untersuchungen in den Bereichen Akustik und Verkehrsplanung skizziert, mit welchem die Forderungen des Bundesgerichts erfüllt werden sollen. Vor diesem Hintergrund wurde die Firma Basler & Hofmann für die erforderlichen Leistungen in den Bereichen Akustik und Verkehrsplanung zur Durchführung eines Tempo-30-Versuchs beauftragt.

1.2 Auswertung Lärmmessungen

Die Resultate des Tempo 30 – Versuchs sind im Bericht "Kantonsstrasse 25, Lärmsanierung Grabenstrasse, Zug, Versuch Tempo 30, Bericht" vom 26. Januar 2018 festgehalten. Im vorliegenden Bericht werden die Lärmdaten detailliert ausgewertet und im Hinblick auf eine Übertragbarkeit auf andere Situationen geprüft.

2. Konzept T30-Versuch und Messungen

Die Durchsetzung von Tempo 30 ist weniger ein Problem der Spitzenzeiten (da dann aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens sowieso nicht so schnell gefahren werden kann), als vielmehr der Nebenverkehrszeiten und nachts. Für diese Zeiten galt es Akzeptanz zu gewinnen, um die tatsächlichen Auswirkungen des Geschwindigkeitsregimes auf das Lärmaufkommen messen zu können.

2.1 Perimeter und Messstellen

Für den Versuch galt es einen Bereich auszuwählen, in dem Verkehrssituationen gemessen werden können, aus denen Rückschlüsse für das Gesamtprojekt der Lärmsanierung gezogen werden können. Aufgrund der starken Belastung des Kolin-Knoten wäre eine Messung hier im Gesamttagungsverlauf nur wenig aussagekräftig gewesen. Es galt eine intensive Versuchsanordnung und Auswertung beschränkt auf 2 Punkte auszuwählen, die möglichst viele Aspekte abdecken. Daher wurde der innere Abschnitt der Grabenstrasse ausgewählt. Die Zielsetzung und die gewählte Lage der Mikrophone ermöglichte es, die Auswirkungen von Tempo 50 auf Tempo 30 zu erfassen, ohne dass abgehende Äste, die im Rahmen des Versuchs nicht auf 30 reduziert wurden, den Versuch störten.

Die Anordnung von Tempo 30 wirkt sich bezüglich Lärm / Geschwindigkeit vor allem dort aus, wo ohne Tempo 30 mit höheren Geschwindigkeiten gefahren werden kann. Dies ist in Bereichen zwischen den Knoten resp. Fussgängerstreifen der Fall. An den Knoten selbst muss vor allem bei Abbiegemanövern angehalten oder im Schrittempo gefahren werden. Nach jedem Knoten muss die Signalisation die abweichende Höchstgeschwindigkeit wieder anzeigen und die Autofahrenden auf sie reagieren. Für den Versuch ist es – anders als bei einem Gesamtkonzept für die Strasse – daher nicht von Belang, ob der gewählte Perimeter über den Knoten hinaus geht oder nicht.

In den gewählten Messquerschnitten kommt die Wirkung der Bushaltestellen Kolinplatz in der Grabenstrasse und des Fussgängerübergangs zum Tragen. Damit kann die Interaktion zwischen verschiedenen Verkehrsteilnehmern, genauso wie das Fahren auf 'freier' Strecke (ohne Bus und ohne FG), erhoben und beobachtet werden. Es wird jeweils vor und nach dem Fussgängerübergang gemessen.

Mit allen Bremsvorgängen sind potentiell auch nachfolgende Beschleunigungen verbunden, die den Strassenlärm massgeblich bestimmen. Dieses Beschleunigen kann je nach Fahrzeug zu besonders störenden Einzelereignissen führen. Bei einer niedrigeren erlaubten Höchstgeschwindigkeit ist eine deutliche Abnahme solcher Einzelereignisse zu erwarten. Werden im Messquerschnitt weniger Einzelereignisse des Lärms festgestellt, kann davon ausgegangen werden, dass auch am Knoten mit einer Temporeduktion weniger Einzelereignisse auftreten werden.

2.2 Massnahmen

Die Massnahmen zur Umsetzung des Geschwindigkeitsregimes umfassten Signalisationen, Bodenmarkierungen, den Einsatz von Geschwindigkeitsanzeigen sowie Info-Plakate und Kommunikationsmassnahmen.

Bodenmarkierung

Um die Erkennbarkeit des Regimes auf der Strecke zu verdeutlichen wurde die Markierung "30" auf der Fahrbahn als Unterstützung der Signalisation aufgebracht. Aufgrund verschiedener Expertenmeinungen ist die Markierung von "Zone 30" bzw. "30" eine wirksame Massnahme, um Tempo 30 zu verdeutlichen und in Erinnerung zu rufen. Gemäss SN 640 851 "Besondere Markierung" ist diese Markierung jedoch nur in Tempo 30 Zonen (2.59.1) und nicht auf Tempo 30 Strecken (2.30) möglich. Daher wurde vom ASTRA eine Bewilligung für den Versuch eingeholt.



Signalisation, Bodenmarkierung und Info-Tafel nach dem Knoten Casino



Signalisation, Bodenmarkierung und Info-Tafel nach dem Kolinplatz



Wiederholung der Bodenmarkierung nach dem Fussgängerübergang und Speedy-Anzeige in Fahrtrichtung Kolinplatz



Speedy-Anzeige in Fahrtrichtung Casino

3. Messungen

3.1 Konzept und Methodik der Messungen

Folgende Messungen wurden bei Tempo 30 sowie bei Tempo 50 durchgeführt:

- _ Messung Lärmimmissionen an ausgewählten Standorten (2 Messpunkte) vor und während des Versuchs
- _ Verkehrszählungen mittels Seitenradar während den Messperioden mit Erfassung der Geschwindigkeiten
- _ Erhebung Verkehrsverhalten und Verkehrssicherheit vor und während des Versuchs mittels Videoaufnahmen

Die Lärmmessungen werden an Empfangspunkten vorgenommen, bei denen die Wirkung von Tempo 30 möglichst unbeeinflusst von den Immissionen der übrigen Strassen sowie weiteren Einflüssen gemessen werden können. Dies ist vor allem im mittleren Bereich der Grabenstrasse der Fall. Ein Messpunkt befand sich an der Grabenstrasse 5/7 in 3 m Höhe auf dem Container für die Luftmessung in 5 m Abstand zur Strassenachse. Der zweite Messpunkt am Gebäude Grabenstrasse 18 wurde am Gebäude selbst vor einem Fenster in 7.2 m Höhe positioniert. Der Abstand zur Strassenachse betrug 10.5 m.



Abb. 1 Schallpegelmesser an Fenstergitter

Die Messungen wurden mit einer Auflösung von 100 Millisekunden durchgeführt. Die Terzfrequenzen und das Audiosignal wurden für mögliche ergänzende Untersuchungen der Störwirkung mit aufgezeichnet.

Parallel zu den Lärmmessungen wurden im betroffenen Strassenbereich Verkehrszählungen mittels Seitenradar-Messgeräten durchgeführt, um die zu den Lärmmessungen gehörenden Fahrzeugkategorien (unterschieden nach Swiss 10 Kategorien) und Ge-

schwindigkeiten zu erfassen. Messstandorte und Messmethodik wurden vorgängig im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung mit EMPA / BAFU abgesprochen.

Die Lage der Seitenradargeräte ist in der folgenden Skizze ersichtlich, der Plan des gesamten Messkonzeptes befindet sich im Anhang.

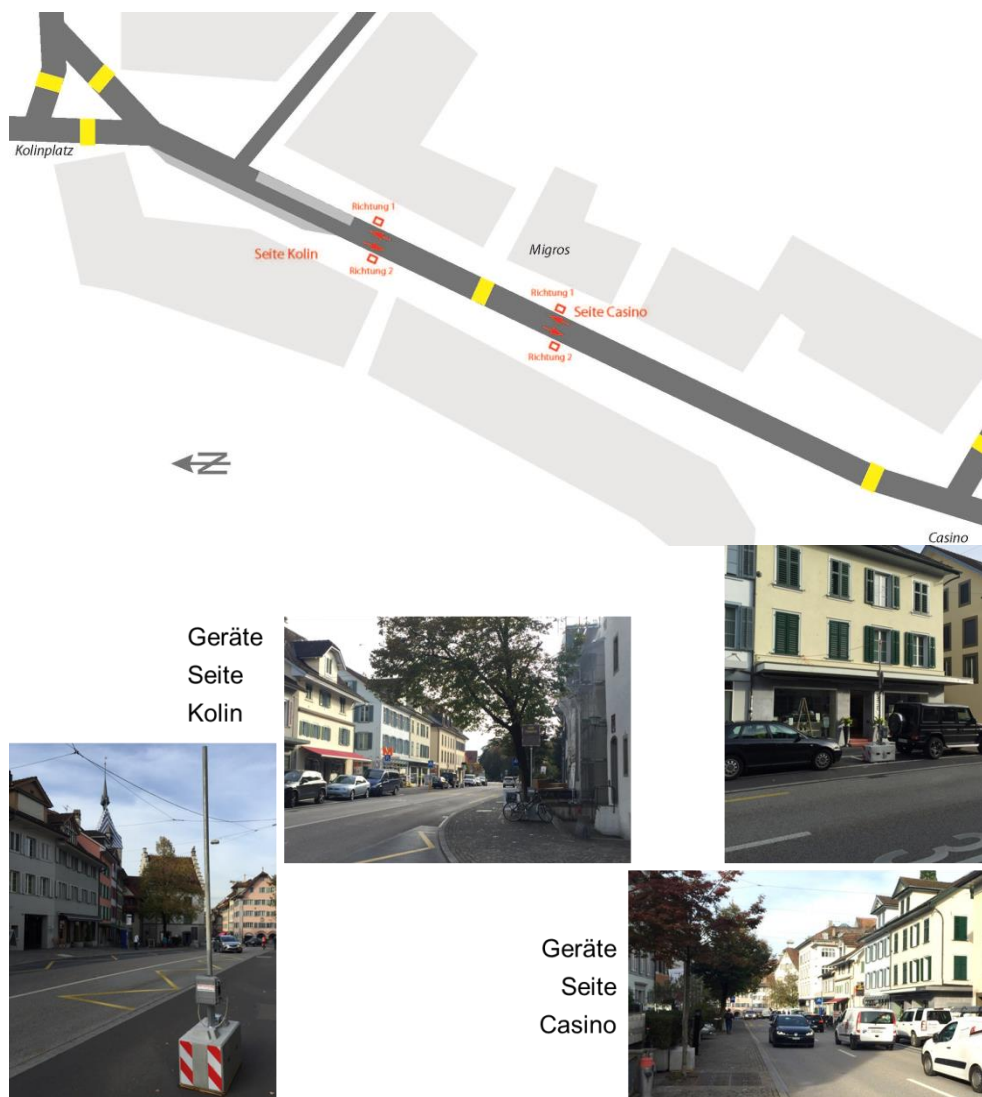


Abb. 2 Standorte der Seitenradargeräte

3.2 Zeiträume der Erhebungen

Die Versuchsdauer betrug viereinhalb Monate vom 12. Juni 2017 bis 31. Oktober 2017. Die Umsetzung der Massnahmen und der Versuch wurden gestartet, sobald die Vorher-Erhebungen bei gutem Wetter durchgeführt waren.

	Dez. 16 - Apr. 17	Mai. 17	Jun. 17	Jul. 17	Aug. 17	Sep. 17	Okt. 17
Konzept Versuch und Messungen, Bewilligung Versuch							
Vorher-Messungen							
Umsetzung Massnahmen							
Nachher-Messungen							

Zeitplan des Versuchs

Zur Dokumentation des Ausgangszustands (ohne Tempo 30) wurden im Mai über einen Zeitraum von zwei Wochen (inklusive drei Wochenenden) Lärmmessungen, Verkehrszählungen und Videoaufnahmen durchgeführt.

Speedy-Daten standen mit Beginn des Versuchs und über den gesamten Versuchsverlauf zur Verfügung.

Die Haupterhebung fand nach 14 -20 Wochen Versuchslaufzeit statt. Witterungsbedingt wurden die Messungen auch nach den Herbstferien nochmals fortgesetzt. Nach erfolgreichen Erhebungen wurde der Versuch am 30.10.2017 beendet und abgebaut.

3.3 Auswertung Verkehrsaufkommen und Geschwindigkeiten

Verkehrsaufkommen und Geschwindigkeiten wurden mittels Seitenradargerät an zwei Messquerschnitten erfasst. Je Fahrtrichtung wurde ein Gerät eingesetzt, so dass insgesamt 4 Geräte im Einsatz waren. Die Geräte sind nicht geeicht. Die Gerätehersteller geben eine Schwankungsbreite von ± 3 km/h an. Dies bezieht sich auf jede einzelne Durchfahrt. Daher ist im Mittel nicht zu erwarten, dass es gesamthaft nur in einer Richtung abweicht.

Um Messfehler, -lücken und andere Ungenauigkeiten, die bei dem Einsatz eines Seitenradars in dichtem innerstädtischen Verkehr immer vorkommen, so weit wie möglich aus der Auswertung auszuschliessen, wurden die Daten einem mehrstufigen Prüfverfahren unterzogen:

- _ Verregnete Tage und regnerische Stunden wurden von der Auswertung ausgeschlossen.
- _ Stichprobenartiger Vergleich der Seitenradardaten mit Handzählungen auf Basis der Videoaufnahmen.
- _ Plausibilität der Geschwindigkeitswerte unter Berücksichtigung, dass das Seitenradar 10-20% des Verkehrsaufkommens bei grossem, langsamem Verkehrsgeschehen nicht erfasst.

- _ Test auf Lücken in der Erhebung: Stunden von Tagen, an denen mehr als 2 Lücken >120 Sekunden festgestellt wurden, wurden ausgeschlossen; wenn der Stundenwert mehr als 10% (ca. > 50 Fz.) unter dem Mittelwert aller Tage liegt, wurde die Stunde dieses Tages ebenfalls nicht berücksichtigt. Auch die Geschwindigkeitswerte dieser Stunden wurden in die Auswertung nicht mit einbezogen.
- _ Leq wurden nur für Tage mit weitgehend vollständigen Erhebungswerten ausgewertet.

Basierend auf diesem Vorgehen konnten die verwertbaren Stunden der umfangreichen Erhebung identifiziert werden. In der Übersicht auf der folgenden Seite stellen sich die erhobenen und ausgewerteten Tage und Stunden wie folgt dar.

Eine Kategorisierung der Fahrzeugklassen ist für das Radargerät in dichtem städtischen Verkehr sehr schwierig. Dies wurde daher manuell bzw. auf der Basis von Videoauswertungen punktuell ergänzt. Für die unbeeinträchtigten Durchfahrten der Lärmauswertung sind die Klassifizierungen aber zuverlässiger.

Seitenradar-Gerät Kolin				Seitenradar-Gerät Casino				Video-analyse	Bus-reisezeiten
Ri Kolin		Ri Casino		Ri Kolin		Ri Casino			
für Vm	v85 und	für Vm	v85 und	für Vm	v85 und	für Vm	v85 und		Daten Zugerland
genutzt	Leq	genutzt	Leq	genutzt	Leq	genutzt	Leq		Verkehrsbetriebe

Vorher - T50

Werktage

Montag, 15. Mai 2017	teilw.	ja	teilw.	ja	teilw.	ja	ja	x	
Dienstag, 16. Mai 2017					teilw.	ja	ja		
Mittwoch, 17. Mai 2017					teilw.	ja	ja		
Donnerstag, 18. Mai 2017	teilw.		ja		teilw.	ja	ja	ohne 10-11	
Montag, 22. Mai 2017	teilw.	ja	teilw.	ja	teilw.	ja	ja	x	x
Dienstag, 23. Mai 2017	teilw.	ja	ja	ja	teilw.	ja	ja		x
Mittwoch, 24. Mai 2017	teilw.		ja		teilw.	ja	ja	7-8, 10-11	
Montag, 29. Mai 2017		ja	teilw.		teilw.	ja	ja		
Dienstag, 30. Mai 2017	teilw.	ja	teilw.	ja					
Donnerstag, 1. Juni 2017	teilw.	ja	ja	ja	ja	ja	ja	x	x
Freitag, 2. Juni 2017	teilw.	ja	teilw.	ja	ja	ja	ja	x	
Anzahl Tage in Auswertung	9	6	9	6	10	6	10	10	

Samstage

Samstag, 13. Mai 2017	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	x	x
Samstag, 20. Mai 2017	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	x	
Anzahl Tage in Auswertung	2	2	2	2	2	2	2	2	

Sonntage

Sonntag, 14. Mai 2017	ja	ja	ja	ja				6-7, 9-10	
Sonntag, 21. Mai 2017	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	x	x
Donnerstag, 25. Mai 2017	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	15-16	
Sonntag, 28. Mai 2017	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	6-7, 9-10	
Anzahl Tage in Auswertung	4	4	4	4	3	3	3	3	

Abb. 3 Tage in der Auswertung, Vorhermessung (teilw. = einzelne Stunden des Tages konnten nicht ausgewertet werden)

Seitenradar-Gerät Kolin				Seitenradar-Gerät Casino				Video-analyse	Bus-reisezeiten
Ri Kolin		Ri Casino		Ri Kolin		Ri Casino			
für Vm genutzt	v85 und Leq	für Vm genutzt	v85 und Leq	für Vm genutzt	v85 und Leq	für Vm genutzt	v85 und Leq		
Daten Zugerland Verkehrsbetriebe									

Nachher - T30

Werktage

Donnerstag, 14. September 2017	teilw.	teilw.	teilw.	teilw.		
Freitag, 15. September 2017	teilw. ja	ja ja	teilw.	ja	x	
Montag, 18. September 2017	teilw. ja	teilw.	teilw. ja	teilw.		
Mittwoch, 20. September 2017	teilw. ja	teilw. ja	teilw.	ja ja		
Donnerstag, 21. September 2017	teilw. ja	teilw. ja	teilw. ja	ja ja	x	x
Freitag, 22. September 2017	teilw.	ja ja	teilw.	ja ja	x	
Montag, 25. September 2017	teilw.	teilw.	ja ja	teilw.	7-8, 19-20, 23-24	
Dienstag, 26. September 2017	teilw.	teilw. ja	teilw.	teilw.		
Mittwoch, 27. September 2017	teilw. ja	teilw.	teilw. ja	ja ja		
Donnerstag, 28. September 2017	teilw.	teilw.	teilw.	teilw.	ohne 7-8	
Freitag, 29. September 2017			teilw.			
Montag, 2. Oktober 2017					x	
Dienstag, 3. Oktober 2017	teilw.	teilw. ja	teilw.	teilw.		
Mittwoch, 4. Oktober 2017	ja ja	teilw.	teilw. ja	ja ja		x
Donnerstag, 5. Oktober 2017	teilw. ja	ja ja	ja ja	ja ja		x
Dienstag, 24. Oktober 2017	teilw.	teilw.	teilw.	teilw.	7-8, 10-11	
Mittwoch, 25. Oktober 2017	teilw.	teilw. ja	teilw.	ja ja		
Donnerstag, 26. Oktober 2017	teilw.	teilw.	teilw.	ja ja		
Anzahl Tage in Auswertung	17	7	16	8	17	6

Samstage

Samstag, 16. September 2017					8-9, 10-11, 14-15	
Samstag, 23. September 2017	ja ja	ja ja	ja ja	ja ja	x	x
Samstag, 30. September 2017	ja ja	ja ja	ja ja	ja ja		
Samstag, 28. Oktober 2017	ja ja	ja ja	ja ja	ja ja	x	
Anzahl Tage in Auswertung	3	3	2	2	3	3

Sonntage

Sonntag, 24. September 2017	ja ja	ja ja	ja ja	ja ja	x	x
Sonntag, 1. Oktober 2017	ja ja	ja ja	ja ja	ja ja	x	
Sonntag, 29. Oktober 2017	ja ja	ja ja	ja ja	ja ja		
Anzahl Tage in Auswertung	3	3	2	2	3	3

Abb. 4 Tage in der Auswertung, Nachhermessung

3.4 Detailuntersuchungen Einzeldurchfahrten

Für eine detailliertere Analyse des Verkehrsverhaltens vor und während des Tempo 30 – Versuchs wurden aus des Verkehrs- und Lärmdaten ungestörte Einzeldurchfahrten herausgelesen. Dabei wurde, ausgehend von den erhobenen Verkehrsdaten, für jede Durchfahrt geprüft, ob die Durchfahrt bezüglich Lärm ungestört (keine Nebengeräusche, keine weiteren gleichzeitigen Durchfahrten) gemessen werden konnte. Kriterium für eine ungestörte Einzeldurchfahrt war:

- Der Pegel vom Ereignismaximum aus gesehen zu beiden Seiten hin um mindestens 6 dB(A) abfällt.
- In einem Zeitintervall von 8 Sekunden vor und nach dem Ereignis kein anderes Ereignis auftritt.

Der Anfang und das Ende des Ereignisses befinden sich im lokalen Minimum d.h. sobald der Gradient des Pegelzeitverlaufes das Vorzeichen wechselt.

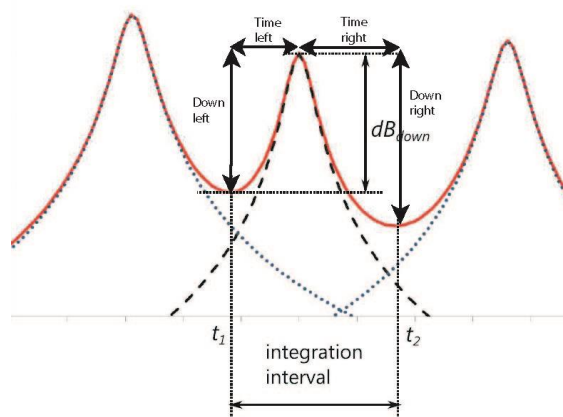


Abb. 5 Kriterien Einzeldurchfahrten

Für jeden Datensatz wurden die folgenden Parameter bestimmt.

- Fahrzeugkategorie (Swiss10 aus Seitenradar)
- Geschwindigkeit
- Lmax (mit Terzfrequenzen)
- Ereignispegel SEL
- Down left, Down right
- Time left, Time right

Die Einzeldaten wurden aus Gründen des Aufwands nicht mit den Videodaten abgeglichen: Damit ist mit einzelnen Fehlinterpretationen von Durchfahrten zu rechnen. Dies kann sich vor allem auf die Zuordnung zu den Fahrzeugkategorien auswirken. Aber auch besonders laute Einzelereignisse können spezielle Ursachen haben (z.B. Blaulicht/Sirenen). Mit der Art der Auswahl der Einzelereignisse und der Auswertung sollte sich dies aber auf die Resultate nur unbedeutend auswirken.

Die Auswertung der Einzeldurchfahrten beschränkte sich auf die Zählstelle Casino, da hier wesentlich mehr auswertbare Daten vorliegen. Die Werte der Durchfahrten auf den beiden Spuren wurden anhand der Distanz auf den Emissionswert (L_{e1m}) umgerechnet¹. Wegen der geringen Anzahl der schweren LW, Busse etc. und der unsicheren Klassierung durch das Seitenradar, wurden die Fahrzeuge in 3 Klassen zusammengefasst.

Insgesamt konnten aus den Messungen die folgende Anzahl ungestörter Einzeldurchfahrten herausgelesen werden:

		Messstelle GR1		Total
		Spur 1	Spur 2	
Vorher	Leichte Mfz	7'379	6'171	13'550
	Schwere Mfz	140	396	536
	MR	222	152	374
Total				14'460
Nachher	Leichte Mfz	8'361	5'103	13'464
	Schwere Mfz	396	316	712
	MR	196	145	341
Total				14'517

Abb. 6 Mengengerüst Einzeldurchfahrten

¹ Die Umrechnung des Maimalpegels erfolgte mit $20 \cdot \log(s)$, die des Ereignispegels mit $10 \cdot \log(s)$

[illegible]

Abb. 7 Mengengerüst Einzeldurchfahrten nach Tagesstunden

4. Resultate Verkehr und Lärmmessung

4.1 Geschwindigkeiten

Als Basis für die Beurteilung der Auswirkungen im Bereich Lärm werden nachfolgend die durchschnittlichen Geschwindigkeiten vor und während des Versuchs unterteilt nach Tagesstunden aufgezeigt. Dabei wurden die Werte der ungestörten Tage bzw. Stunden (vgl. Kap. 2.3) unterteilt nach Werktag, Samstag und Sonntag zusammengefasst.

Die gefahrenen Geschwindigkeiten gehen vor allem in den Abend- und Nachtzeiten deutlich zurück. Vm bleibt in beiden Richtungen und bei beiden Messstellen deutlich unter 38 km/h. Die Einhaltung des T30 war durch die getroffenen Massnahmen daher gewährleistet.

Werktags

In der Fahrtrichtung Kolin bleibt das Geschwindigkeitsniveau während des Tages nahezu unverändert. Beim hohen Verkehrsaufkommen zwischen 7 und 19 Uhr kann in der Zufahrt auf den Kolinplatz auch bei T50 im Mittel nur mit Geschwindigkeiten um die 25 km/h gefahren werden. Dies ändert sich mit T30 nicht. V85 liegt mit T50 bei etwa 33 km/h und reduziert sich mit T30 um ca. 4 km/h. Am Abend zwischen 19 und 23 Uhr und vor allem in der Nacht zwischen 23 und 7 Uhr ist aber ein deutlicher Rückgang der Geschwindigkeit festzustellen. Abends reduziert sich Vm um 6 und V85 um 8 km/h. Nachts Vm sogar um 9 km/h und V85 um 12 km/h.

Die Fahrtrichtung Casino mit ihrem Charakter der Stadtausfahrt und immer flüssigem Verkehr weist nicht ganz so ausgeprägte, aber ebenso feststellbare Unterschiede auf. Vm verändert sich während des Tages nicht, V85 reduziert sich etwas. Am Abend und vor allem in der Nacht ist auch hier ein deutlicher Rückgang der Geschwindigkeit festzustellen – in einem ähnlichen Ausmass wie in Fahrtrichtung Kolin, aber auf einem etwas höheren Niveau.

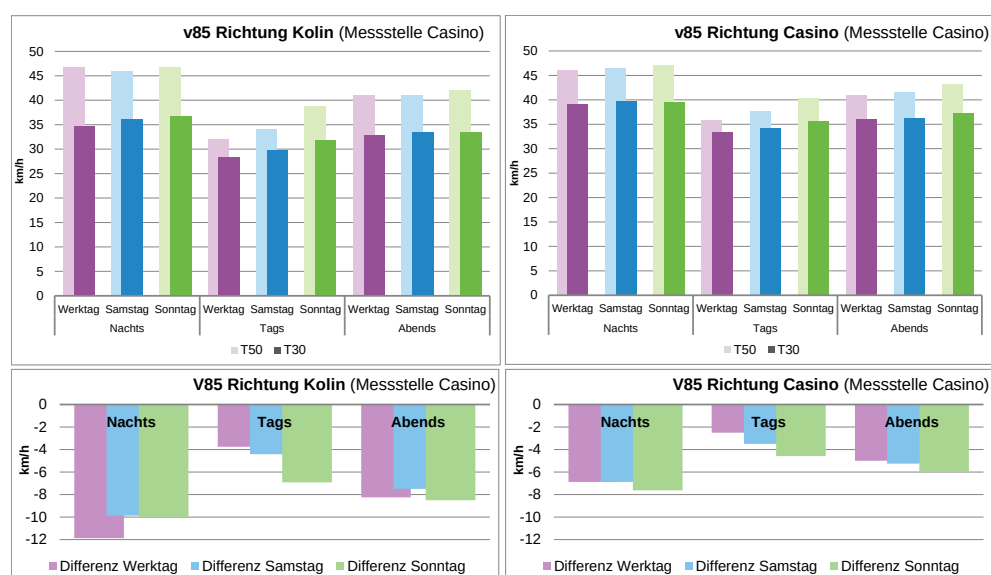


Abb. 8 Geschwindigkeitsreduktion verschiedener Tageszeiten

Wochenende

Grosse Effekte der T30-Strecke zeigen sich am Wochenende. Hier gehen sowohl die mittlere Geschwindigkeit wie auch die von 85% der Autos gefahrenen Geschwindigkeiten abends, nachts und Sonntags auch tags deutlich zurück. In Richtung Kolin werden etwas grössere Reduktionen erreicht als in Richtung Casino.

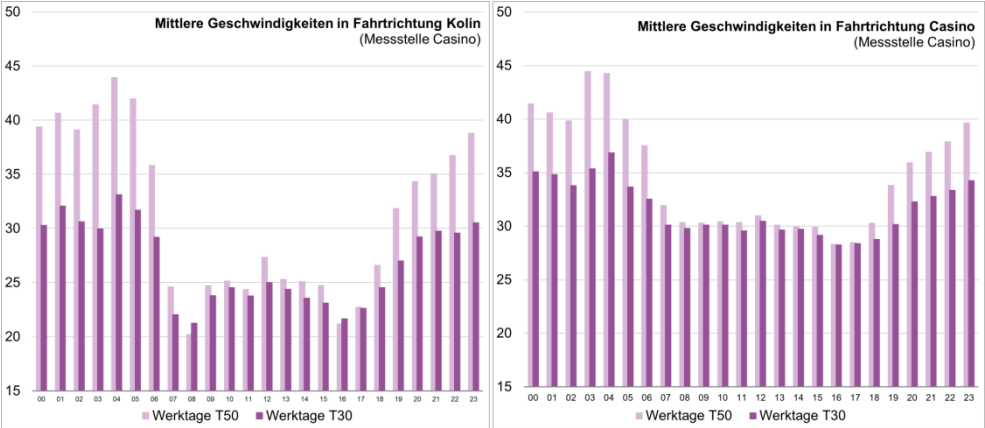


Abb. 9 Mittlere Geschwindigkeiten Werktage

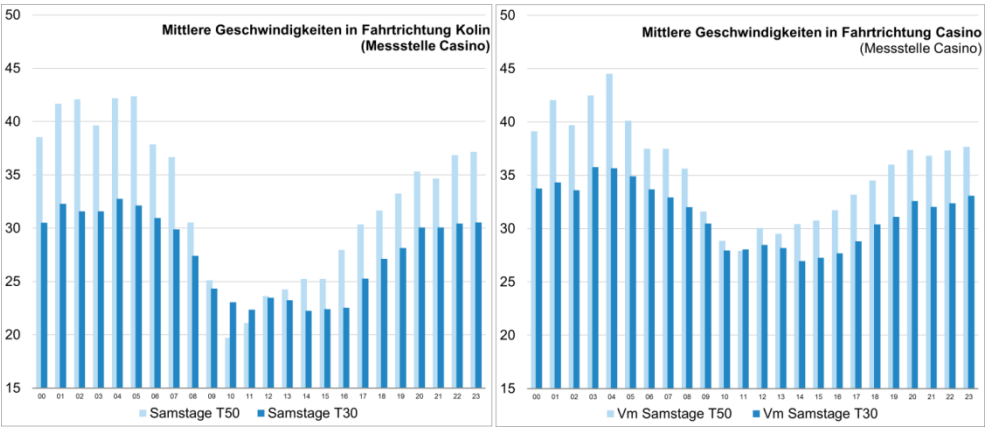


Abb. 10 Mittlere Geschwindigkeiten Samstage

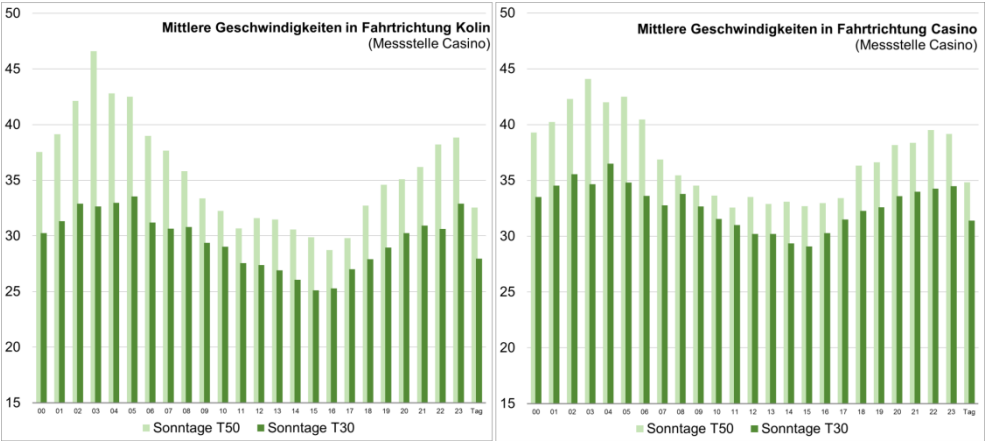


Abb. 11 Mittlere Geschwindigkeiten Sonntage

Die gemessenen Daten belegen eine deutliche Abnahme der Geschwindigkeiten in der Nacht um bis ca. 10 km/h. Am Tag sind die Geschwindigkeiten werktags praktisch unverändert. Am Samstagnachmittag und Sonntag nehmen die Geschwindigkeiten auch tagsüber ab, die in dieser Zeit der Verkehr gegenüber dem Werktag praktisch ungestört verläuft.

Zusammengefasst ergeben sich über die Tages- und Nachtperiode nach LSV die folgenden Werte:

vm in km/h		Vorher		Nachher		Differenz	
		Rtg. Kolinplatz	Rtg. Casino	Rtg. Kolinplatz	Rtg. Casino	Rtg. Kolinplatz	Rtg. Casino
Werktag	Tag	27	32	25	30	-2.1	-1.5
	Nacht	40	41	31	35	-9.3	-6.4
Sonntag	Tag	33	35	28	32	-4.7	-3.3
	Nacht	41	41	32	36	-8.8	-6.4

Abb. 12 v_m Tag/Nacht in dBA

4.2 Durchgehende Messung

Die Auswertung der Lärmmessungen gemittelt über die ungestörten Tage (vgl. Kap. 2.3) ergab die folgenden Werte:

4.2.1 Durchschnittspegel L_{eq}



Abb. 13 Durchschnittspegel Werktag

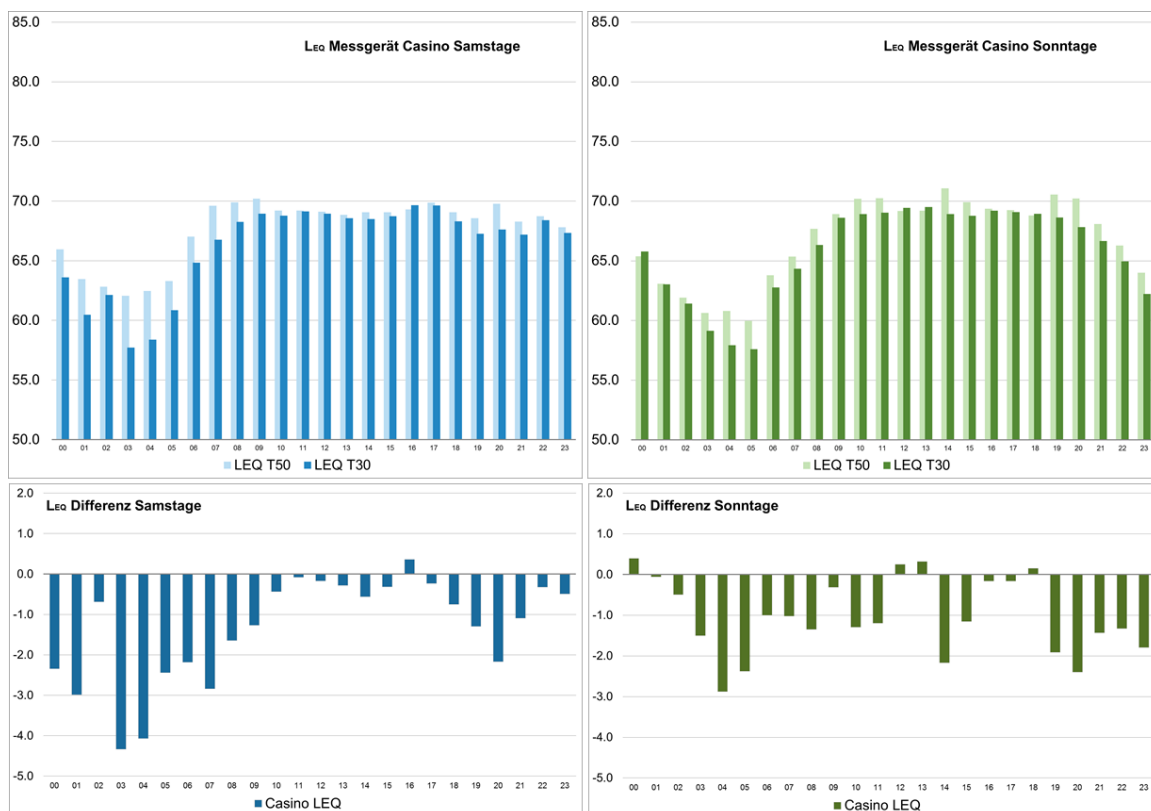


Abb. 14 Durchschnittspegel am Samstag und Sonntag

In den Spitzenstunden liegt die Geschwindigkeit durch das hohe Verkehrsaufkommen und die Störungen (Anlieferung, Parkierung, etc.) bereits unter 30 km/h, so, dass zu diesen Zeiten durch die Begrenzung auf Tempo 30 auch keine lärmseitigen Effekte zu erwarten sind.

Veränderungen zeigen sich beim Durchschnittspegel, wie bei den Geschwindigkeiten, vor allem in der Nacht:

- _ Werktags liegt die Abnahme bei 1 – 3 dB. Ausnahme bildet die Stunde von 11.00-12.00 Uhr; hier bleibt der Pegel praktisch gleich.
- _ Am Samstag treten in der Nacht Abnahmen bis 4 – 5 dB auf.
- _ Am Sonntag liegen die Abnahmen in der Nacht bei 2 – 3 dB, ausgenommen die Stunden von 00.00 – 03.00 Uhr; hier ist der Pegel praktisch gleich.

Für die Einzelstunden in der Nacht, in denen praktisch keine Veränderungen auftreten, gibt es keine offensichtliche Erklärung.

Zusammengefasst ergeben sich über die Tages- und Nachtperiode nach LSV die folgenden Werte:

Leq in dBA		Vorher		Nachher		Differenz	
		Rtg. Kolinplatz	Rtg. Casino	Rtg. Kolinplatz	Rtg. Casino	Rtg. Kolinplatz	Rtg. Casino
Werktag	Tag	69.2	70	68.3	69.6	-0.9	-0.4
	Nacht	65.3	63.8	63.9	62.5	-1.4	-1.3
Sonntag	Tag	67.9	69.2	67.4	68.3	-0.5	-0.9
	Nacht	61.6	63.3	61.4	62.4	-0.2	-0.9

Abb. 15 Leq Tag/Nacht in dBA

4.2.2 Spitzenpegel LA1

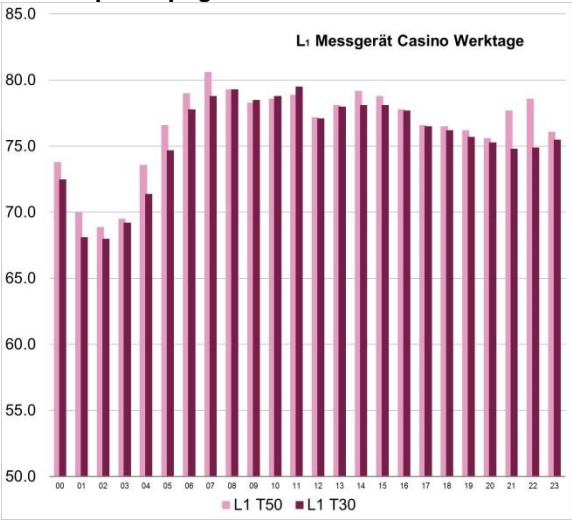


Abb. 16 Spitzenpegel Werktage

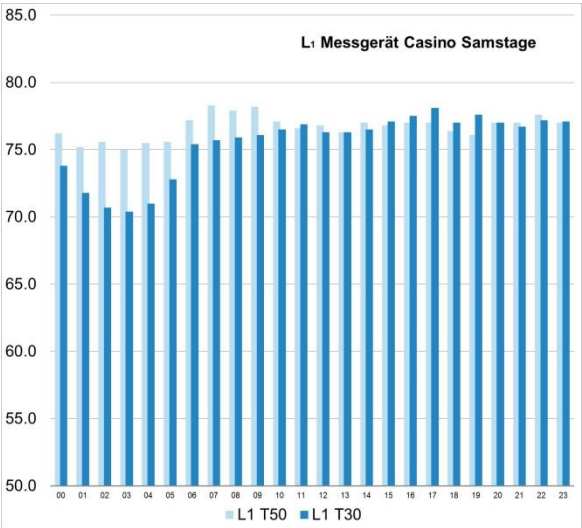


Abb. 17 Spitzenpegel Samstag

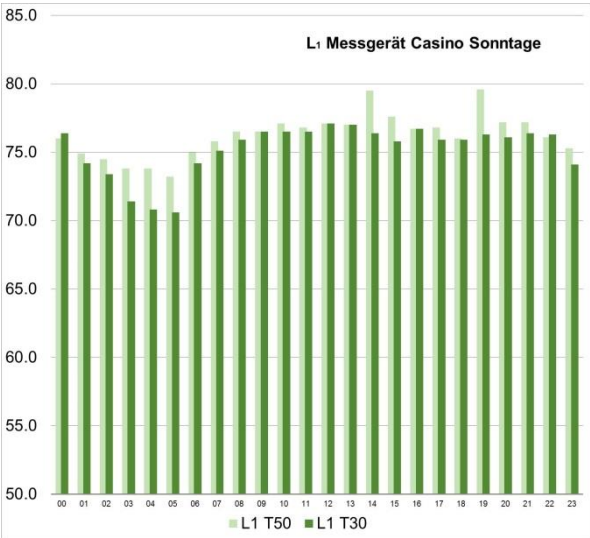


Abb. 18 Spitzenpegel Sonntag

Bei den Spitzenpegeln zeigt sich ein ähnliches Muster wie bei den Durchschnittspegeln:

- Die Abnahmen treten werktags vor allem in der Nacht auf und betragen bis zu 4 dB. In der Stunde von 23.00 – 24.00 Uhr ist die Abnahme aber minimal.
- Am Samstag treten in der Nacht Abnahmen von 2 – 5 dB auf, allerdings erst ab Mitternacht.
- Am Sonntag beschränken sich die deutlichen Abnahmen auf die Nachtstunden von 03.00 – 06.00 Uhr. Die Werte bei Tempo 50 für die Stunden 14.00 – 15.00 und 19.00 – 20.00 Uhr sind offensichtlich zu hoch. Der Grund dieser Abweichungen konnte nicht ermittelt werden.

4.2.3 Ereignisanalyse

Die Ereignisanalyse zeigt, wie häufig ein bestimmter Wert pro Stunde überschritten wird. Von einem Ereignis wird dann ausgegangen, wenn vor dem Ereignis ein Pegelanstieg von mindestens 4 dB und nach dem Anstieg ein Abfall von ebenfalls mindestens 4 dB erfolgt².

Im Folgenden wird die Ereignisanalyse für 4 ausgewählte Stunden aufgezeigt. Die Daten für alle Tagesstunden sind im Anhang beigelegt.

Werktag

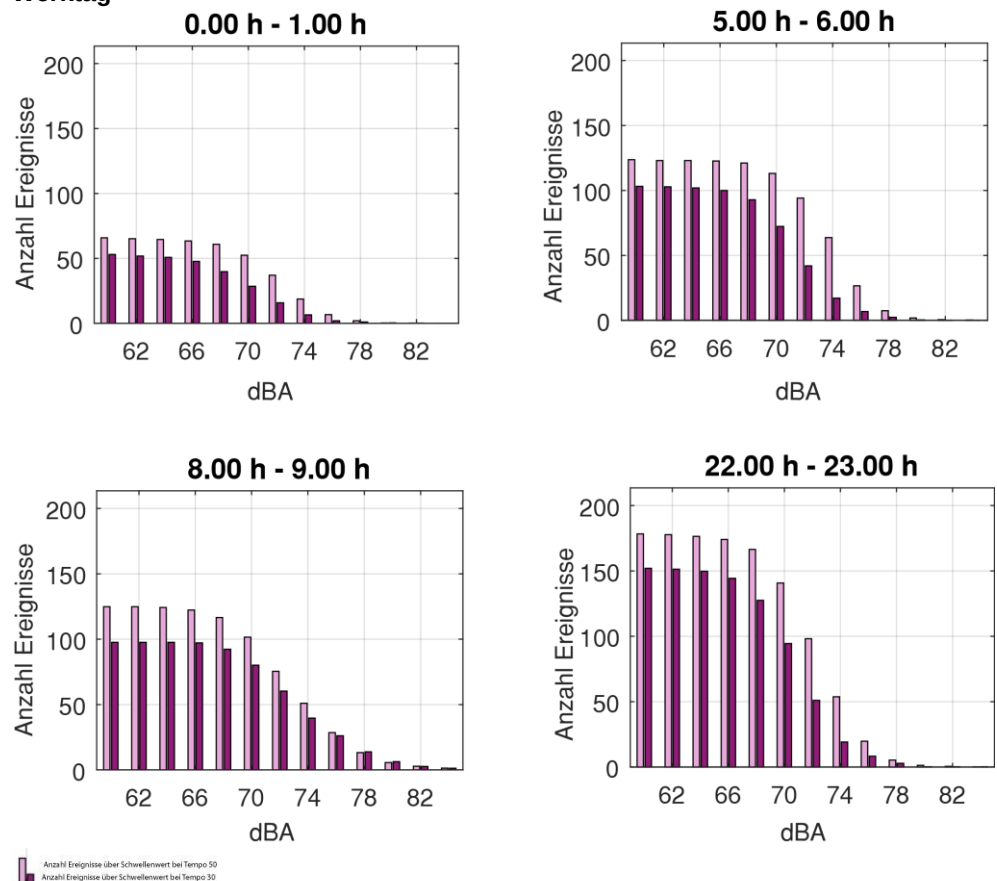
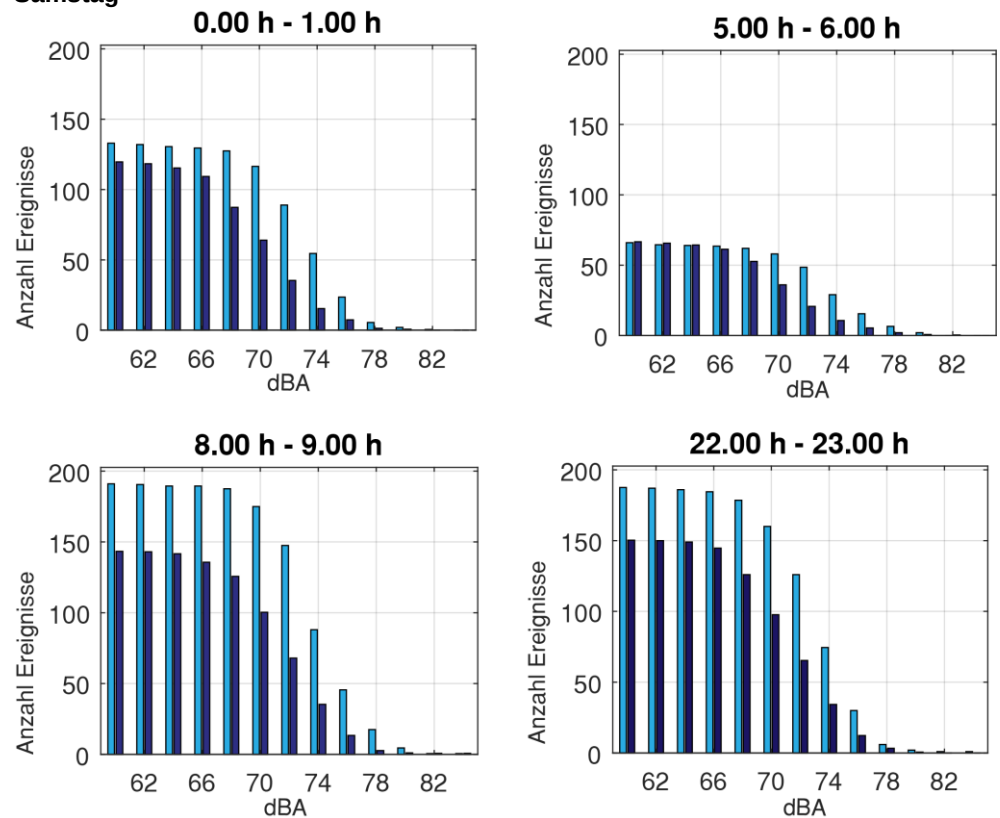


Abb. 19 Ereignisanalyse ausgewählte Stunden Werktag (kumuliert)

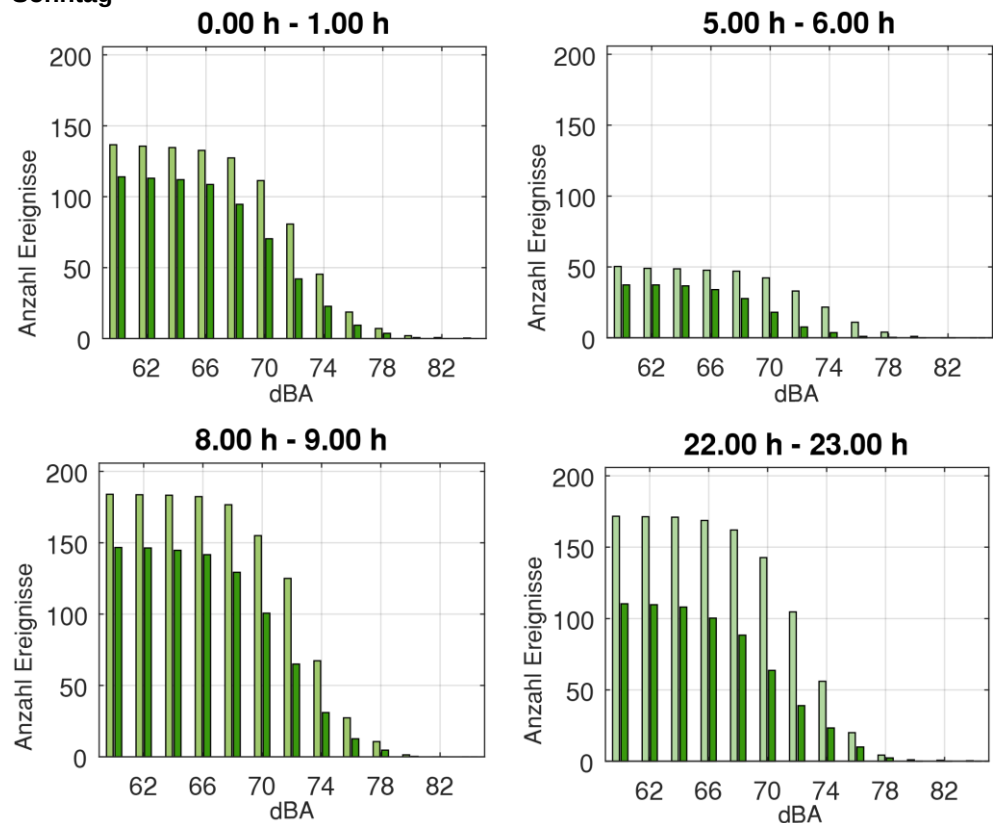
Die Analyse für den Werktag zeigt, dass die Anzahl Ereignisse über 70 dBA sich in der Nacht auf ca. 50 % reduzieren. Auch am frühen Morgen und abends reduziert sich die Anzahl mit Tempo 30 auf 60 – 80 %. Über Mittag findet praktisch keine Veränderung statt. Dies erklärt sich dadurch, dass über Mittag der Verkehr durch Tempo 30 sich praktisch nicht ändert.

² Dieser Wert wurde geringer gewählt als bei der Identifikation von Einzeldurchfahrten, da bei Einzeldurchfahrten höhere Anforderungen an Interpretierbarkeit des Pegelverlaufs (Flankensteilheit) gestellt wird.

Samstag**Abb. 20 Ereignisanalyse ausgewählte Stunden Samstag (kumuliert)**

Am Samstag fällt gegenüber dem Werktag die weit höhere Anzahl Ereignisse in der Nacht auf. Die Reduktionen mit Tempo 30 fallen ähnlich aus: in der Nacht auf ca. 50 % am Morgen auf nur 60 %, abends auf ca. 70 % und über Mittag sind sie unbedeutend. Wie schon werktags ändert der Verkehr und damit die Anzahl Ereignisse über Mittag praktisch nicht.

Die hohen Werte und der deutliche Rückgang in der Nacht in der Nacht sind auf den Ausgang der Leute am Freitagabend zurückzuführen.

Sonntag

Anzahl Ereignisse über Schwellenwert bei Tempo 50
Anzahl Ereignisse über Schwellenwert bei Tempo 30

Abb. 21 Ereignisanalyse ausgewählte Stunden Sonntag (kumuliert)

Auch der Sonntag weist in der Nacht (von Samstag auf Sonntag) eine hohe Anzahl Ereignisse auf. Deutlich geringer fällt in der Nacht die Abnahme der Ereignisse über 70 dBA mit Tempo 30 aus (nur auf ca. 90 %). Dafür fällt die Abnahme über Mittag etwas deutlicher aus. Morgens und abends liegen die Abnahmen im Rahmen der Werkzeuge resp. des Samstags.

Die hohen Werte und der deutliche Rückgang in der Nacht in der Nacht sind wie beim Freitagabend auf den Ausgang der Leute zurückzuführen.

5. Analyse Einzeldurchfahrten

Aus den Verkehrs- und Lärmdaten wurden für die Detailanalyse ungestörte Einzeldurchfahrten mit den zugehörigen Parametern herausgelesen. Details zur Bestimmung der Einzeldurchfahrten sind in Kapitel 3.4 aufgeführt

Der Überblick über die Anzahl erfasster Einzelfahrten zeigt:

- Dass bezüglich PW, PW mit Anhänger und Lieferwagen über den ganzen Tag genügend Fahrten für statistisch belastbare Aussagen vorliegen. Die Daten dieser 3 Kategorien unterscheiden sich praktisch nicht.
- Dass für die schweren Motorfahrzeuge und die Motorräder die Daten für eine durchgehende stundenweise Auswertung nach Kategorien zu gering sind.
- Bei der Kategorienzueordnung besteht insbesondere bei den schweren Motorfahrzeugen eine gewisse Unsicherheit. Dies beruht auf der Erfassung durch die Seitenradargeräte. Diese haben Schwierigkeiten mit der Abgrenzung zwischen den Kategorien.

Für die weitergehende Auswertung wurden aus diesen Gründen die Fahrten in 3 Kategorien zusammengefasst:

- Leichte Motorfahrzeuge (PW, PW + Anhänger, Lieferwagen)
- Schwere Motorfahrzeuge (LW, LW + Anhänger, Busse)
- Motorräder (wurde trotz geringer Datenmenge als Einzelkategorie beibehalten)

Dargestellt im Bericht sind die Resultate für leichte Motorwagen. Die gesamten Resultate mit schweren Motorfahrzeugen und Motorrädern liegen im Anhang bei.

5.1 Auswertung nach Tagesstunden

Die Auswertung der Einzelfahrten erfolgte nach den 3 Fahrzeugkategorien und aufgeteilt in Werktage (inkl. Samstag) und Sonntag. Nachfolgend sind die Ergebnisse für die leichten Motorfahrzeuge dargestellt. Die Resultate für die übrigen Kategorien befinden sich im Anhang.

5.1.1 Mittlere Geschwindigkeiten

Die Werte wurden für die einzelnen Tagesstunden arithmetisch gemittelt.

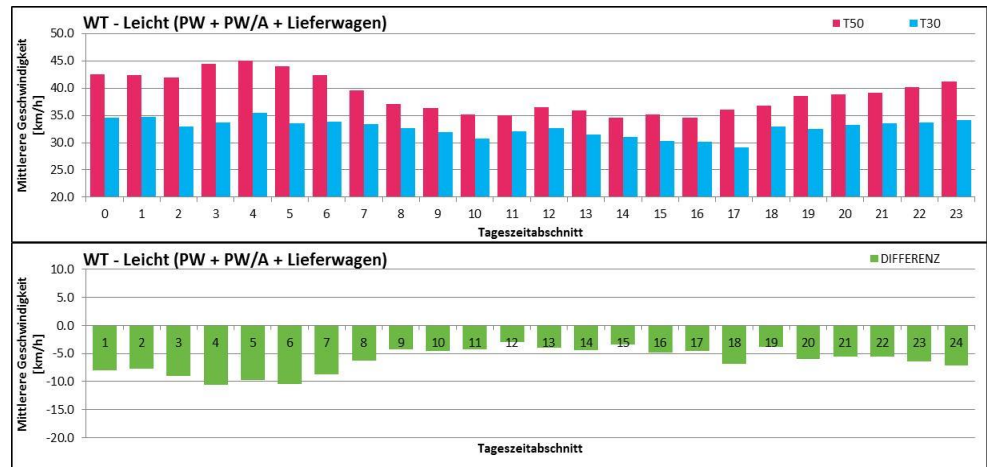


Abb. 22 Mittlere Geschwindigkeit nach Tagesstunden, Werktage

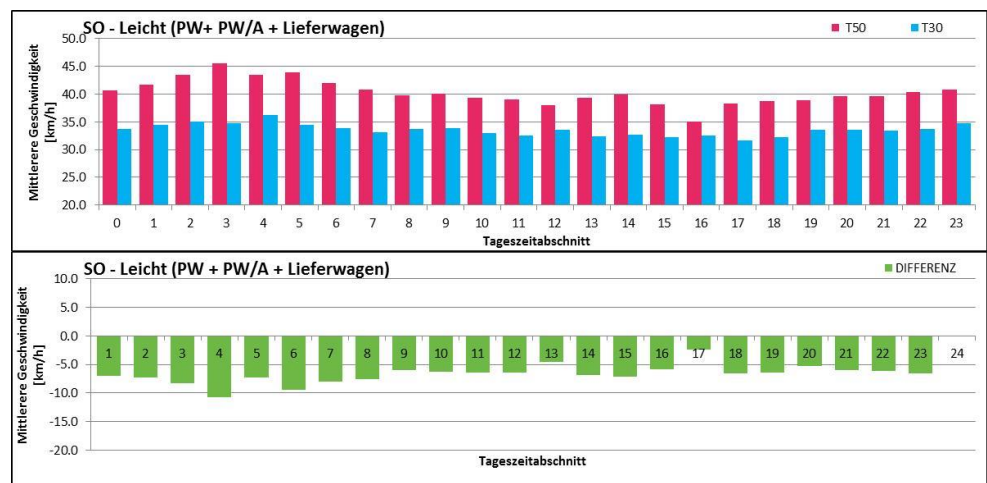


Abb. 23 Mittlere Geschwindigkeit nach Tagesstunden, Sonntage

Wie schon für den gesamten Verkehr zeigen sich auch bei den ausgewählten Einzeldurchfahrten deutlich grössere Abnahmen der Geschwindigkeiten. Es treten jedoch für alle Tagesstunden Abnahmen auf.

5.1.2 Mittlere Maximalpegel (L_{Amax})

Die Mittelung der Maximalpegel erfolgte arithmetisch.

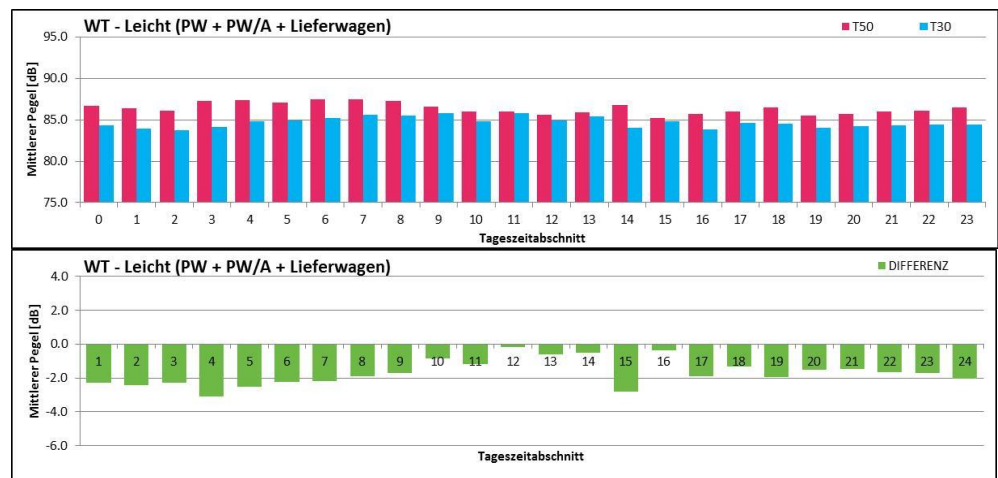


Abb. 24 Mittlere Maximalpegel nach Tagesstunden, Werktage

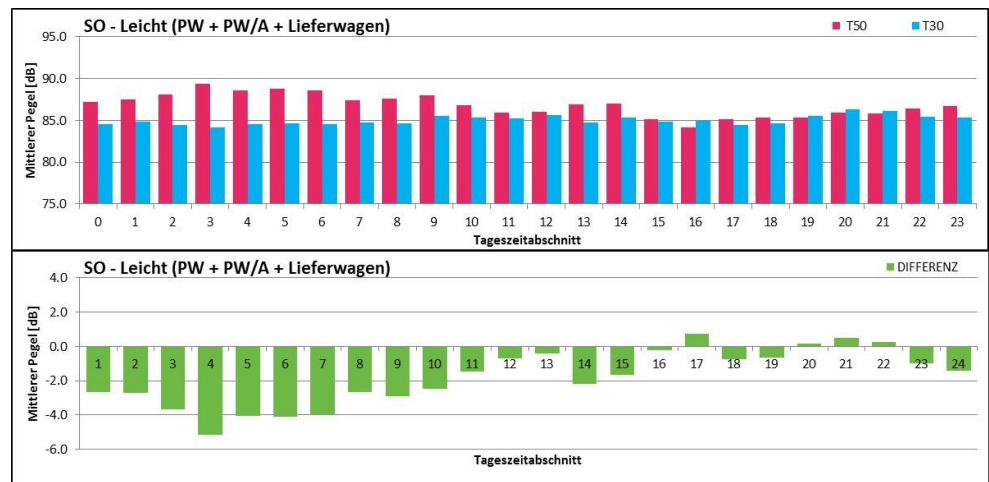


Abb. 25 Mittlere Maximalpegel nach Tagesstunden, Sonntage

Die Anzahl Einzeldurchfahrten ist eigentlich nur die den leichten Motorfahrzeugen genügend hoch für eine belastbare statistische Aussage. Bei den schweren Motorfahrzeugen und den Motorrädern lassen die Daten allenfalls Aussagen zur Tendenz der Veränderung zu:

- Bei den leichten Motorfahrzeugen zeigt sich ein klarer Tagesverlauf mit durchgehenden Abnahmen. Diese betragen in der Nacht ca. 2 dB und liegen tagsüber weitgehend unter 1 dB.
- Bei den schweren Motorfahrzeugen zeigt sich tagsüber tendenziell eine leichte Zunahme mit einem „Ausreisser“ bis 5 dB. Angesichts der geringen Zahl der verwertbaren Fahrten ist dieses Resultat aber eher zufällig.
- Bei den Motorrädern ergibt sich tendenziell eine Abnahme, wieder mit einem Ausreisser nach oben von 5 dB. Auch dieses Resultat ist wegen der geringen Zahl der identifizierten Motorräder nur bedingt aussagekräftig. Zudem variiert der Emissionswert der Motorfahräder je nach Fahrweise weit stärker als bei

den leichten Motorfahrzeugen. Einzelne überlaute Durchfahrtenreichen aus, um den Wert für eine Tagesstundestark zu beeinflussen.

5.1.3 Mittlere Ereignispegel (SEL,A)

Die Mittelung der Ereignispegel erfolgte arithmetisch.

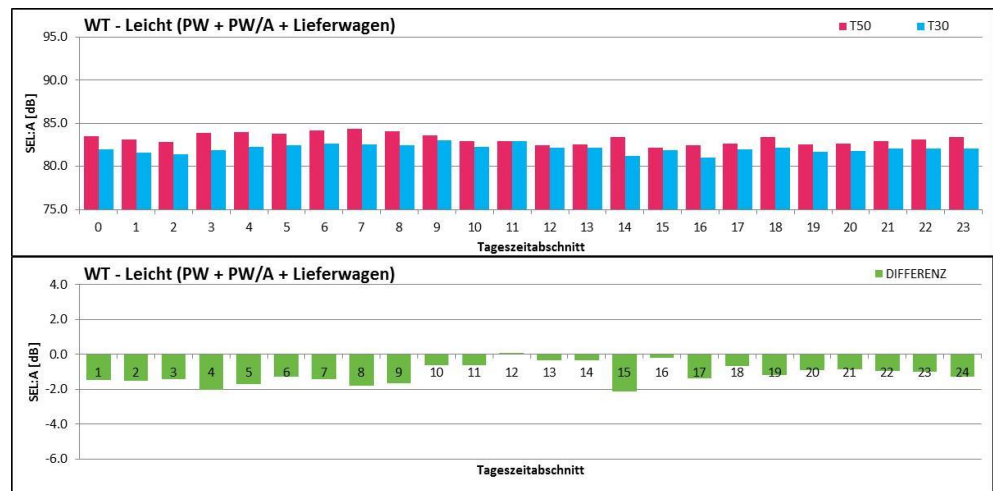


Abb. 26 Mittlere Ereignispegel nach Tagesstunden, Werktage

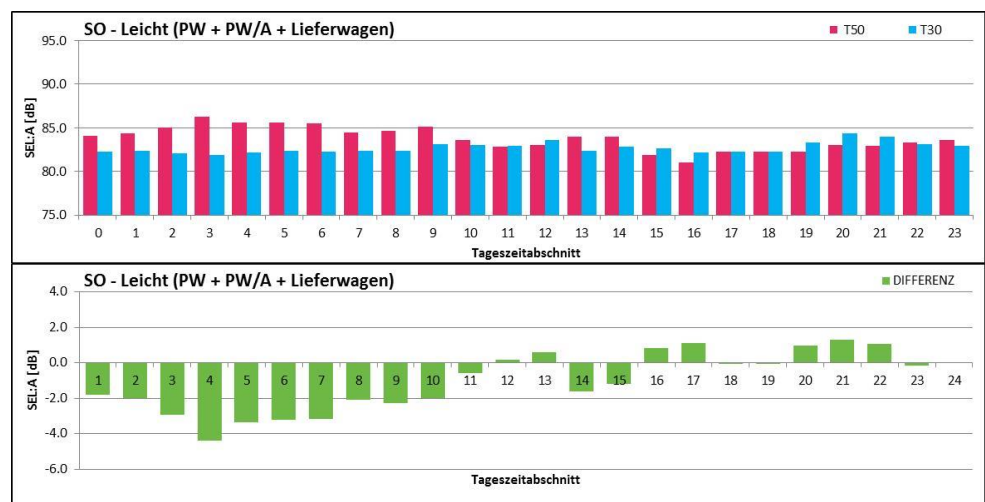


Abb. 27 Mittlere Ereignispegel nach Tagesstunden, Sonntage

Bei der Veränderung der Ereignispegel zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Maximalpegeln:

- Bei den leichten Motorfahrzeugen ergibt sich ein klarer Verlauf mit deutlichen Abnahmen bis 2 dB in der Nacht.
- Bei den schweren Motorfahrzeugen ergibt sich tendenziell auch hier eine leichte Zunahme.
- Bei den Motorrädern sind die „Ausreisser“ noch deutlicher erkennbar, was wohl auf die geringe Anzahl identifizierter Fahrten und die „individuelle Fahrweise“ zurückzuführen ist. Einzelne überlaute Durchfahrtenreichen aus, um den Wert für eine Tagesstundestark zu beeinflussen.

5.1.4 Flankensteilheit

Die Flankensteilheit ist ein Mass, wie schnell der Pegel zunimmt (dB pro Sekunde). Eine schnellere Zunahme ergibt eine höhere Impulshaltigkeit und erhöht damit die Schreckreaktion auf das Ereignis. Die Flankensteilheit wird aus dem Minimalpegel vor dem Pegelanstieg und dem Maximalpegel sowie der Zeit zwischen den Messwerten ermittelt (vgl. Kap. 2.4). Die Mittelung erfolgte arithmetisch.

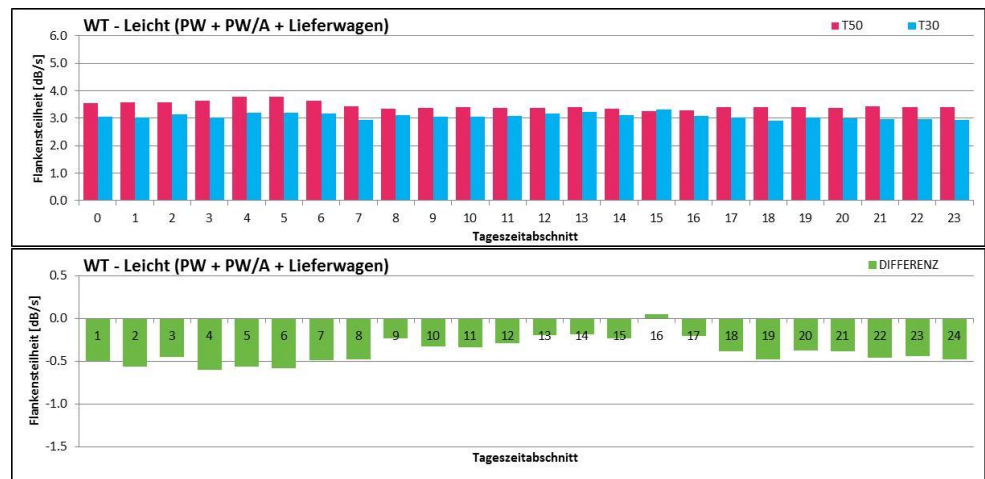


Abb. 28 Mittlere Flankensteilheit nach Tagesstunden, Werktage

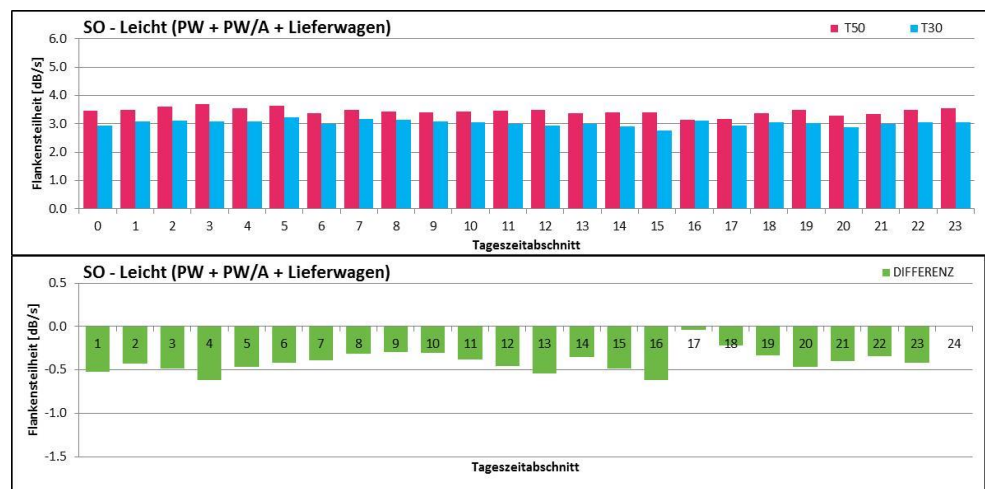


Abb. 29 Mittlere Flankensteilheit nach Tagesstunden, Sonntage

Auch bei der Flankensteilheit ergibt sich ein ähnliches Bild wie den Maximal- und den Ereignispegeln:

- Bei den leichten Motorfahrzeugen ergibt sich wieder ein klarer und eindeutiger Verlauf. Auch hier sind die Werte in der Nacht deutlicher ausgeprägt als am Tag.
- Bei den schweren Motorfahrzeugen ist keine eigentliche Tendenz erkennbar.
- Bei den Motorrädern zeigt sich, ausgenommen bei 2 Stunden mit deutlich erkennbaren Zunahmen, eine abnehmende Tendenz.

5.2 Korrelation

Die Korrelation zwischen Geschwindigkeit und Pegel zeigt, welcher Emissionspegel ein Fahrzeug bei einer gewissen Geschwindigkeit aufweist. Diese Auswertung wurde wiederum für die Kategorien leichte und schwere Motorfahrzeuge sowie Motorräder vorgenommen. Zeitlich wurde die Auswertung in die Phasen Day (06.00 – 18.00 Uhr), Evening (18.00 – 22.00 Uhr) und Night (22.00 – 06.00) Uhr unterteilt. Die Auswertungen wurden für die Werktage (inkl. Samstag) und den Sonntag vorgenommen. Nachfolgend werden die Korrelationen für die leichten Motorwagen dargestellt. Die Korrelationen für schwere Motorfahrzeuge sind im Anhang beigelegt.

5.2.1 Korrelation Geschwindigkeitsklassen - Maximalpegel (L_{Amax})

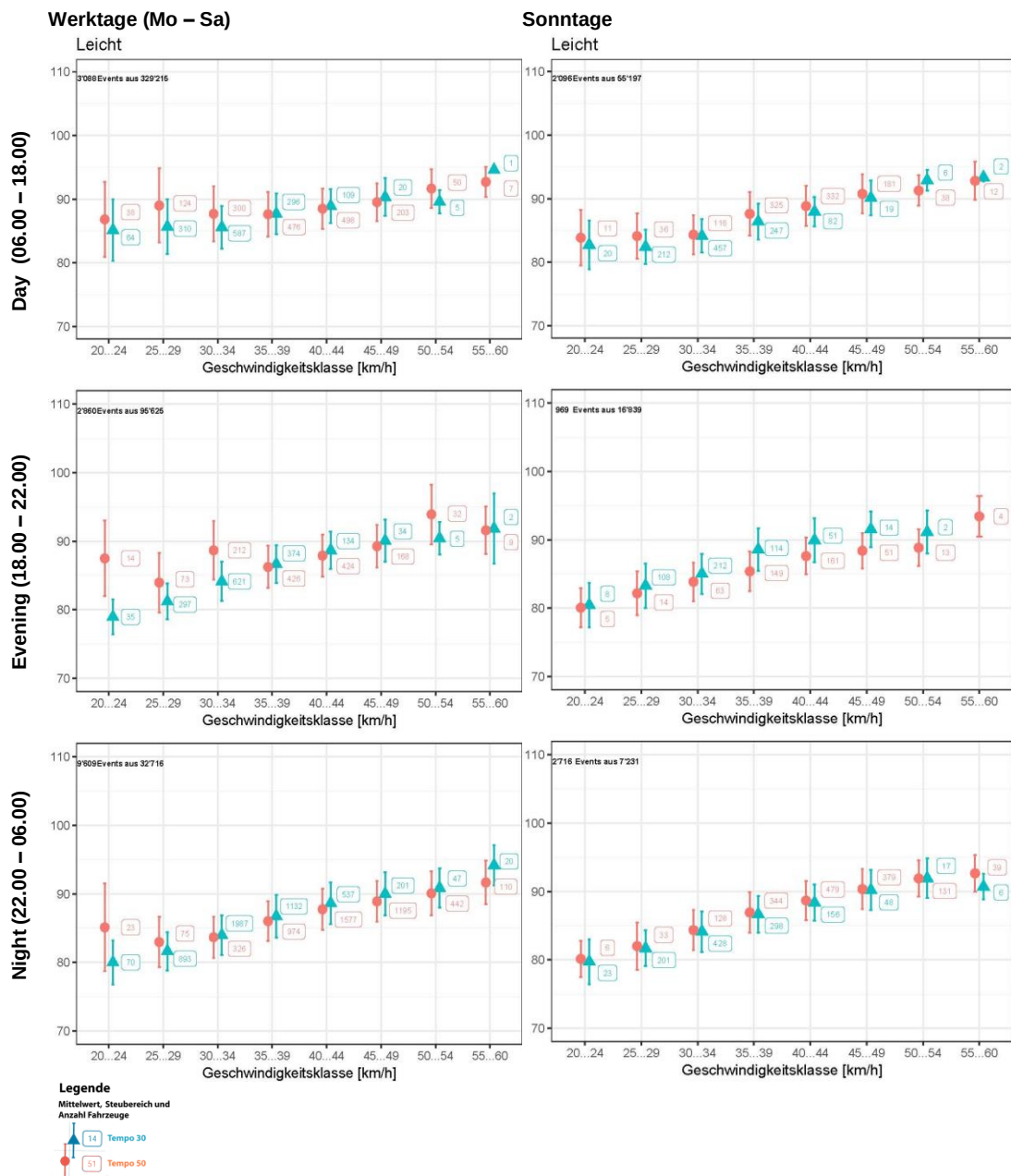


Abb. 30 Korrelation Geschwindigkeitsklassen – Maximalpegel (energetisches Mittel und Standardabweichung)

Die Korrelationen zeigen nach Tageszeit und Wochentag kaum markante Unterschiede. Es zeigen sich aber folgende Auffälligkeiten:

- An den Wochentagen treten bei den niedrigen Geschwindigkeitsklassen bei Tempo 50 deutlich höhere Werte als bei Tempo 30 auf. Dies könnte ein Hinweis auf eine verstetigte Fahrweise bei Tempo 30 bei niedrigen Geschwindigkeiten sein.
- An Sonntagen liegen in der Abendperiode bei Tempo 30 durchgehend leicht höher. Diese Abweichung liegt jedoch im statistischen Streubereich.

Der Streubereich (Standardabweichung) ist vor allem bei den tiefen Geschwindigkeiten bei Tempo 30 deutlich geringer. Dies deutet auf eine Verstetigung des Verkehrs mit Tempo 30 hin.

5.2.2 Korrelation Geschwindigkeitsklassen - Ereignispegel SEL

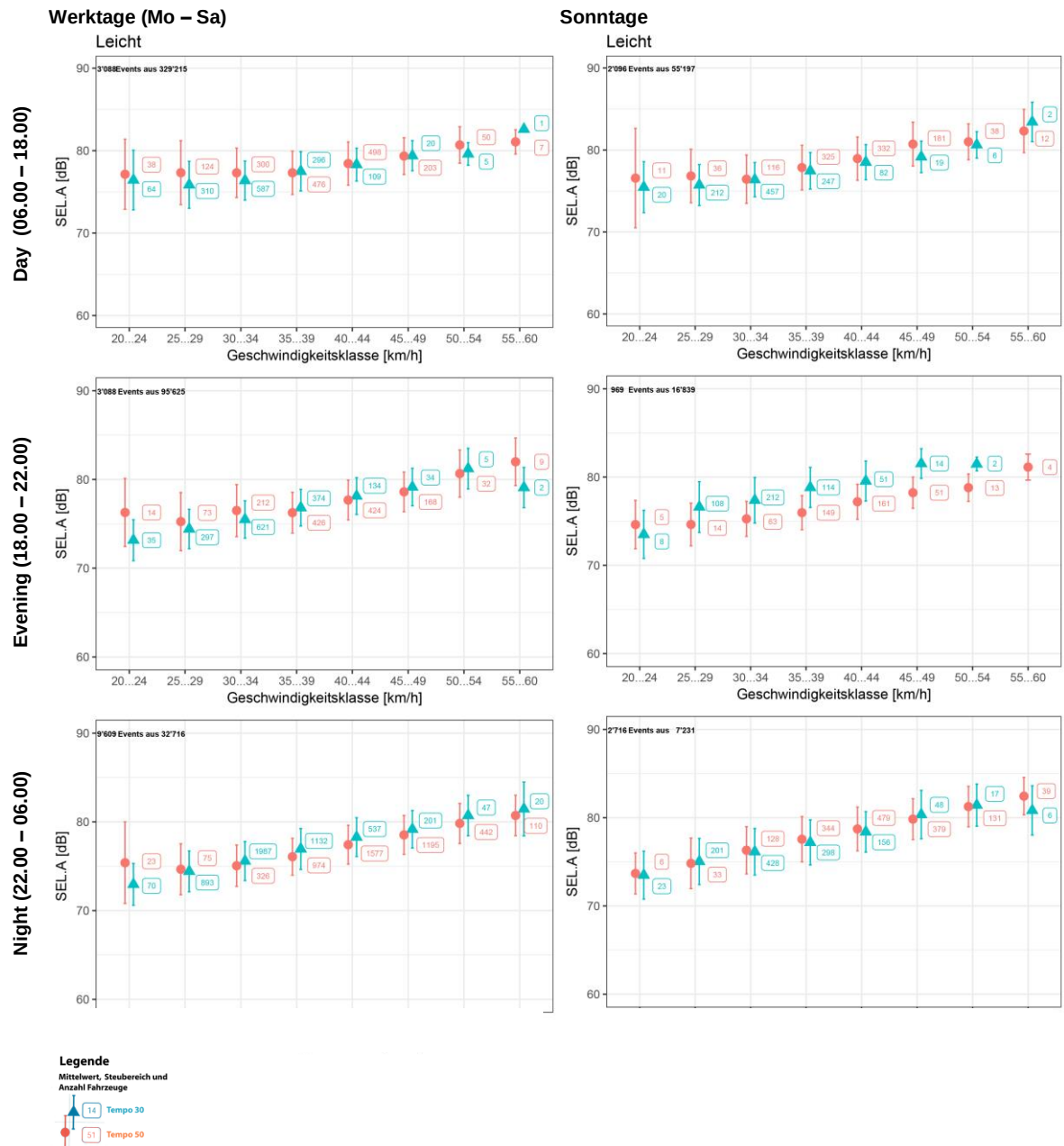


Abb. 31 Korrelation Geschwindigkeitsklassen - Ereignispegel

Die Korrelation der Ereignispegel zeigen ein analoges Bild wie diejenige mit den Maximalpegeln:

- An den Wochentagen treten bei den niedrigen Geschwindigkeitsklassen bei Tempo 50 deutlich höhere Werte als bei Tempo 30 auf. Dies könnte ein Hinweis auf eine verstetigte Fahrweise bei Tempo 30 bei niedrigen Geschwindigkeiten sein.
- An Sonntagen liegen in der Abendperiode bei Tempo 30 durchgehend leicht höher. Diese Abweichung liegt jedoch im statistischen Streubereich.

5.2.3 Korrelation Geschwindigkeitsklassen - SEL 20:130

Die Geräuschanteile bei Vorbeifahrten für die Frequenzen zwischen 20 und 130 Hz stammen überwiegend aus den Motorgeräuschen. Damit zeigt eine Auswertung des Ereignispegels für diesen Frequenzbereich die Korrelation des Motorgeräusches zur Geschwindigkeitsklasse auf.

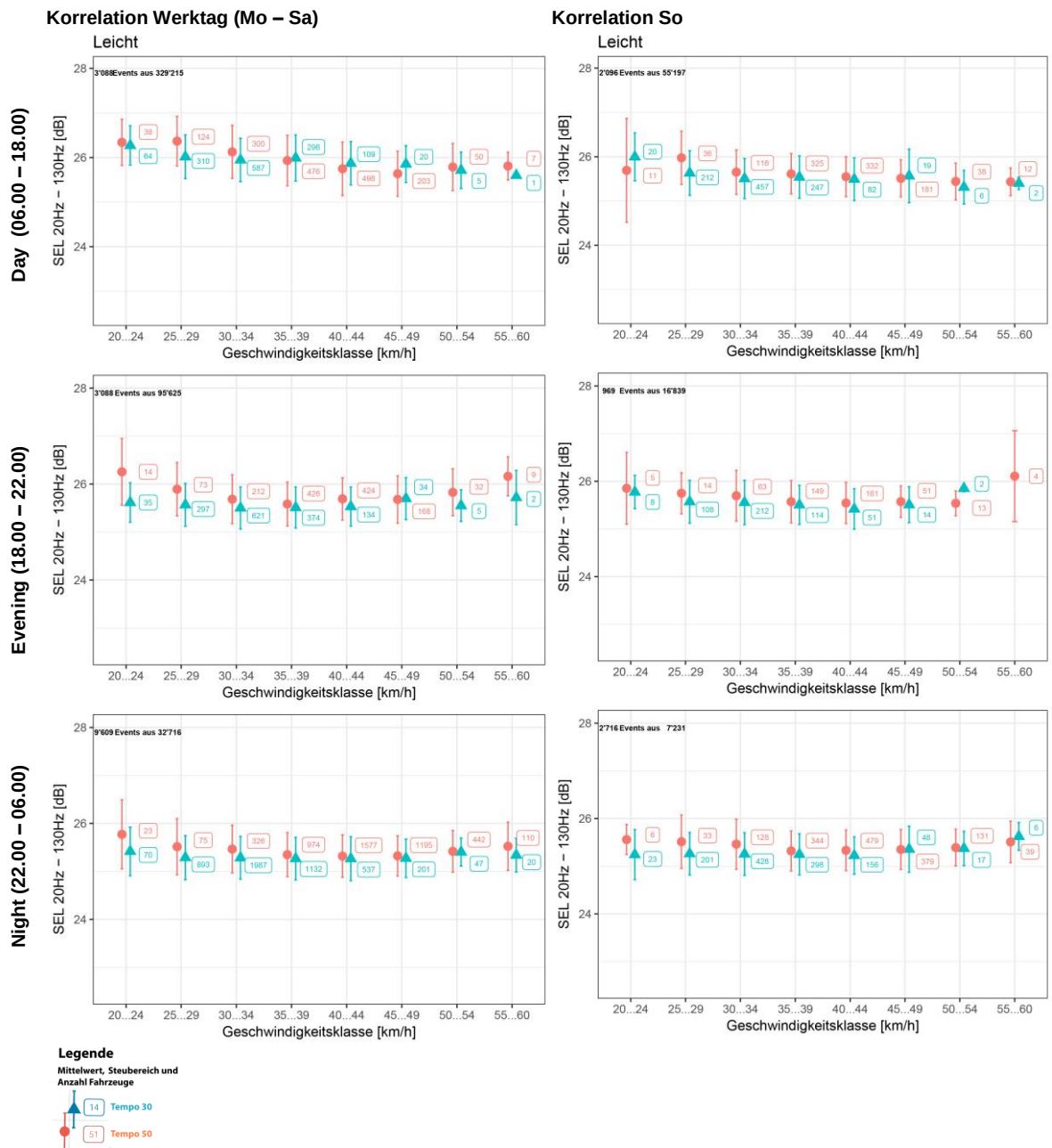


Abb. 32 Korrelation Geschwindigkeitsklassen – SEL 20:130

Die Korrelation der tiefen Frequenzen des Ereignispegels zeigt, dass der Emissionspegel des Motors über die Geschwindigkeitsklassen relativ konstant ist. Einzig bei den tiefen Geschwindigkeitsklassen ergeben sich tendenziell leicht erhöhte Werte. Im Übrigen sind die Unterschiede zwischen Werktag / Sonntag und den Tageszeiten gering.

6. Modellansatz

Auf Basis der Korrelation der Emissionsdaten mit den Geschwindigkeitsklassen lassen sich die Emissionen eines spezifischen Verkehrszustandes ermitteln. Basis bilden die Korrelationen Geschwindigkeitsklasse – Ereignispegel. Da zwischen den Tageszeiten und Wochentagen keine signifikanten Unterschiede bestehen und die Emissionen auch bei Tempo 30 und Tempo 50 ähnlich sind (wenn die Abweichungen bei den tiefen Geschwindigkeiten vernachlässigt werden), kann aus den gemittelten Daten über den gesamten Zeitraum und über die beiden Messungen bei Tempo 50 und Tempo 30 eine Korrelation hergestellt werden. Diese ergeben für die leichten Motorfahrzeuge eine signifikante Korrelation:

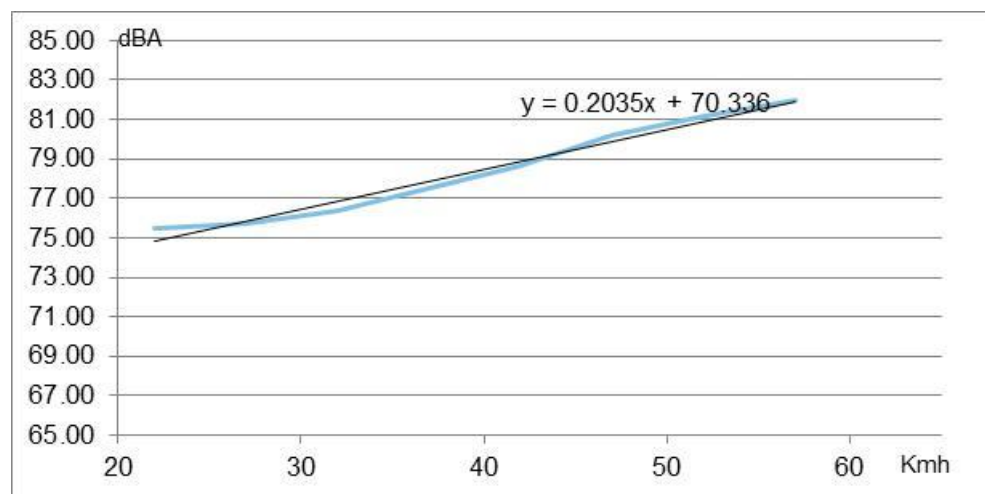


Abb. 33 Korrelation leichte Motorfahrzeuge - Gesamtdaten

Bei den schweren Motorfahrzeugen und den Motorrädern ist die Streuung der Werte allerdings zu hoch, um daraus eine belastbare Korrelation abzuleiten. Zur Information sind die sich aus den Daten ergebenden Korrelationen im Anhang beigelegt.

Geprüft wurde auch, ob zwischen den verschiedenen, in der Kategorie schwere Motorfahrzeuge zusammengefassten Fahrzeugtypen, markante Unterschiede bestehen. Dazu wurde die genaue Fahrzeugkategorie anhand der Videoaufnahmen bestimmt. Es zeigte sich, dass die Unterschiede eher gering sind, dass aber die Streuung innerhalb der einzelnen Kategorie gross ist (vgl. Anhang).

Im nachfolgenden Beispiel wird für die leichten Motorfahrzeuge gezeigt, wie sich die gesamten Emissionen bei Kenntnis der Verteilung auf die Geschwindigkeitsklassen ermitteln lassen:

Leichte Motorfahrzeuge					
Anzahl total	200				
Geschwindigkeit [km/h]	Verteilung Geschwindigkeits- klassen	Anteil je Geschwindigkeits- klasse [%]	SEL je Fahrt [Fz]	SEL Total [dBA]	
20-24	15%	30.0	74.8	89.6	
25-29	51%	102.0	75.8	95.9	
30-34	25%	50.0	76.8	93.8	
35-39	5%	10.0	77.9	87.9	
40-44	2%	0.4	78.9	74.9	
45-49	1%	0.2	79.9	72.9	
50-54	1%	0.2	80.9	73.9	
55-59			81.9		
Total	100%	192.8		99.0	

Abb. 34 Beispiel. Berechnung Gesamtemissionen leichte Motorfahrzeuge

Anhänge:

Ereignisanalyse Werktag

Ereignisanalyse Samstag

Ereignisanalyse Sonntag

Auswertung nach Kategorie und Tagesstunden - Geschwindigkeit

Auswertung nach Kategorie und Tagesstunden - LMax

Auswertung nach Kategorie und Tagesstunden - SEL

Auswertung nach Kategorie und Tagesstunden - Flankensteilheit

Korrelation Lmax Werktag – alle Kategorien

Korrelation Lmax Sonntag – alle Kategorien

Korrelation SEL Werktag – alle Kategorien

Korrelation SEL Sonntag – alle Kategorien

Korrelation SEL 20:130 Werktag – alle Kategorien

Korrelation SEL 20:130 Sonntag – alle Kategorien

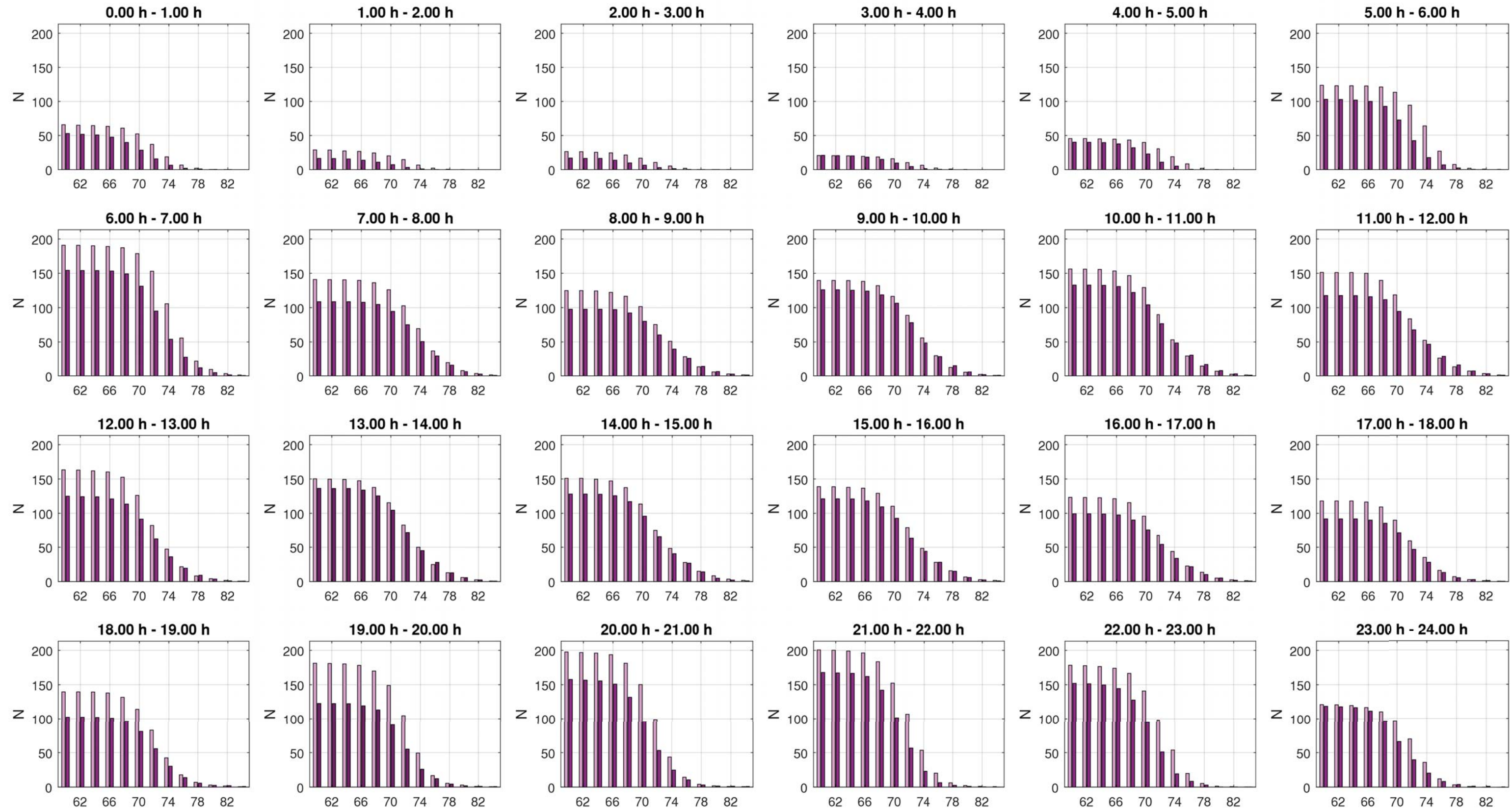
Korrelation Gesamtdaten

Korrelation ausgesuchte schwere Motorfahrzeuge

Modellansatz

Summenpegel Einzelereignisse

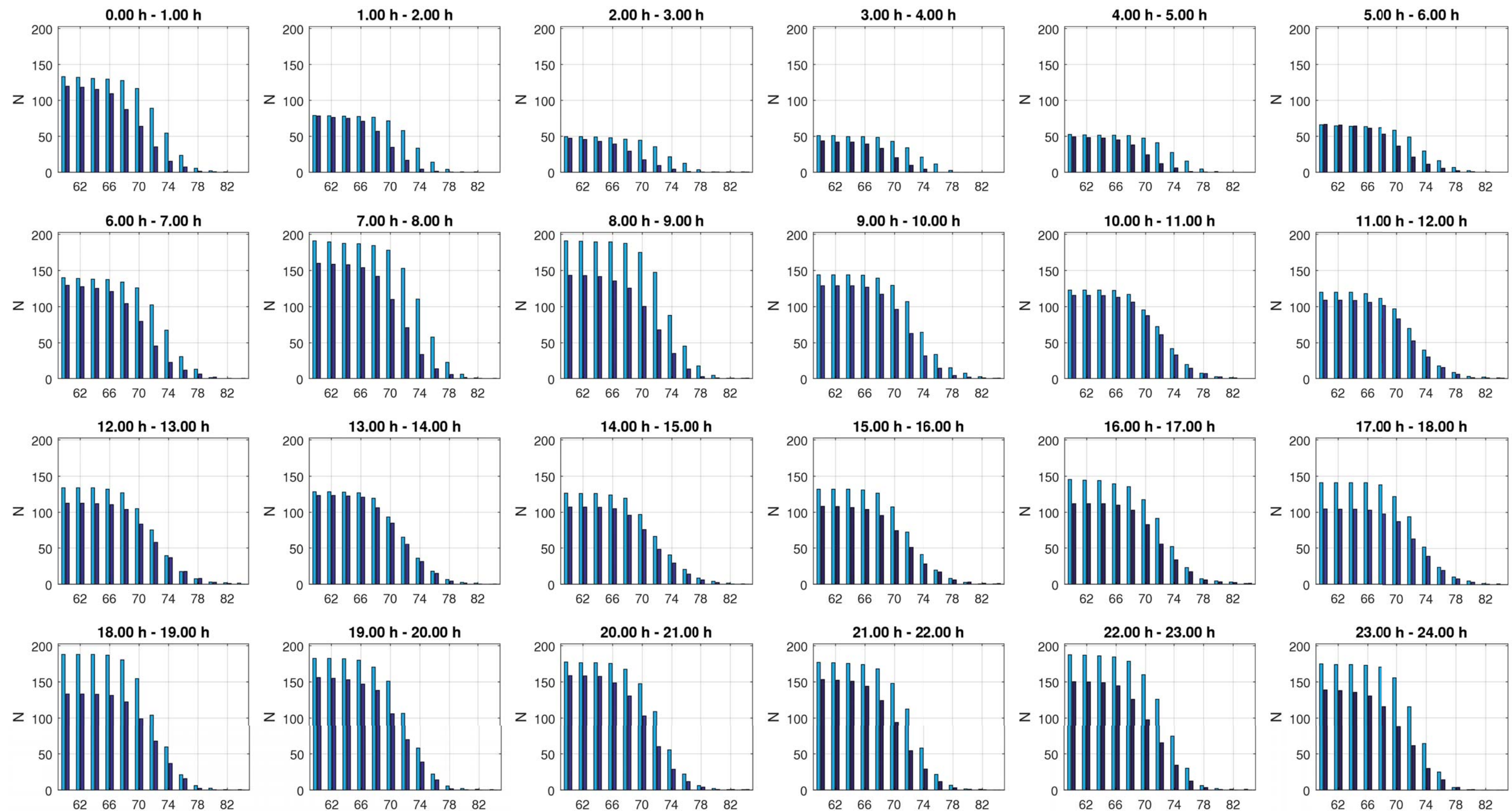
Werktag



N = Anzahl Überschreitungen je Stunde

Summenpegel Einzelereignisse

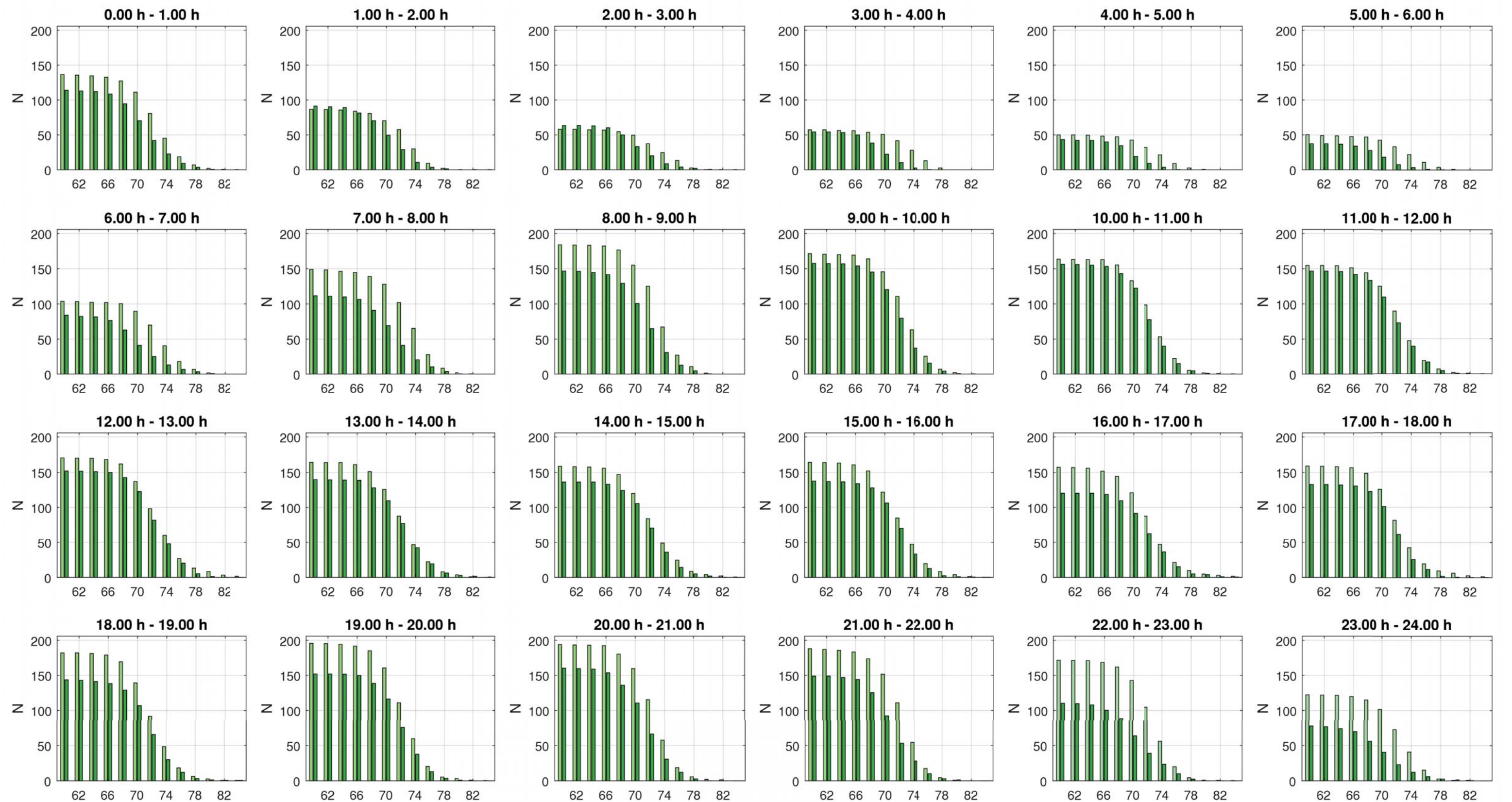
Samstag



N = Anzahl Überschreitungen je Stunde

Summenpegel Einzelereignisse

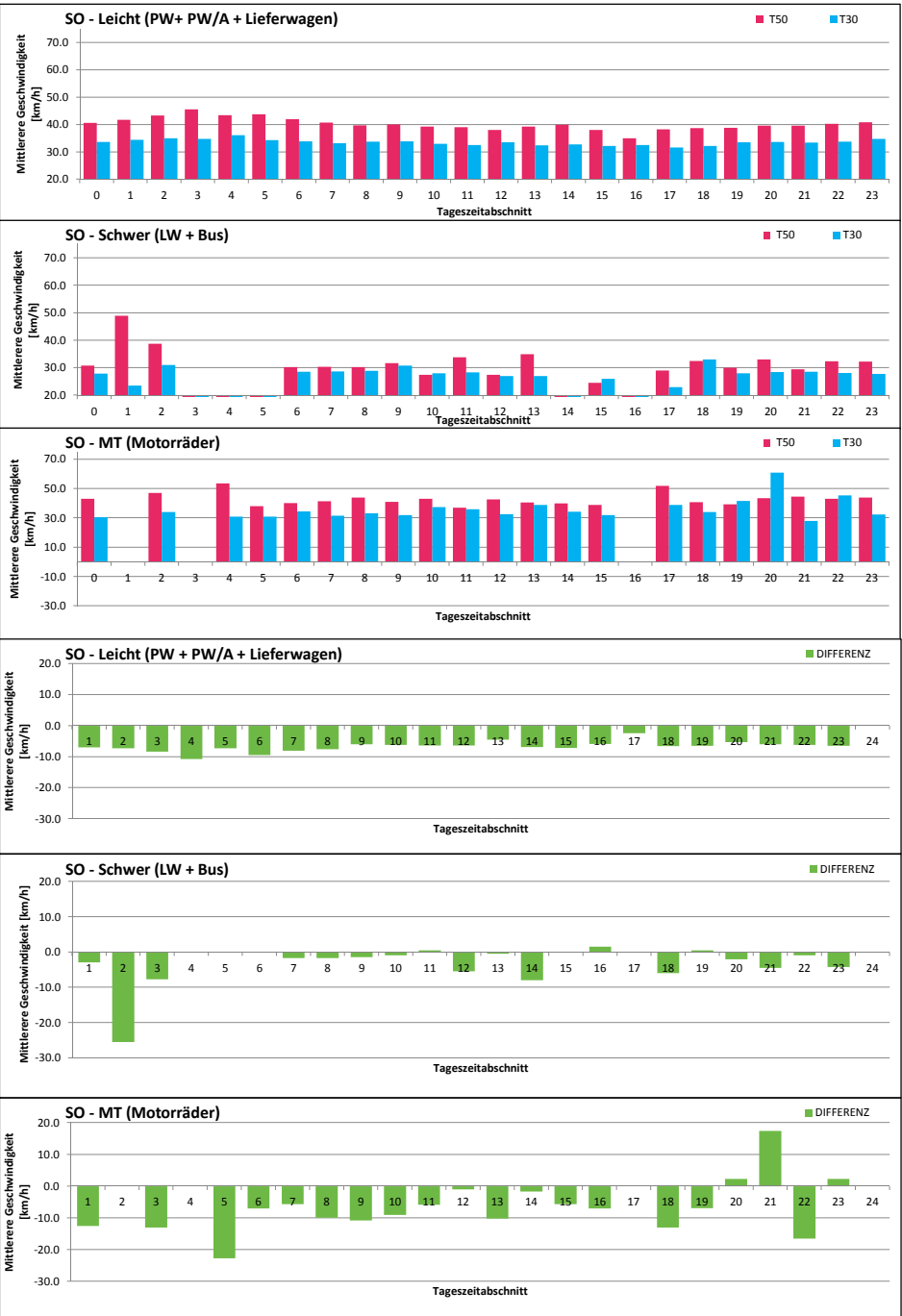
Sonntag



N = Anzahl Überschreitungen je Stunde

Mittlere Geschwindigkeit [km/h]

Sonntag			Tageszeitabschnitt																									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
T50	Anzahl Fahrzeuge			246	219	162	163	148	146	201	234	161	99	57	57	59	47	38	41	30	31	57	77	141	186	223	238	
	Kat.	LEICHT	5	1	7					7	9	4	3	2	5	2	1	2		3	2	1	1	4	8	14		
		SCHWER	1	1	2	1	3	2	6	7	1	1	5	1	3	3	1	1	2	1	8	5	5	2	5			
		MR	1	1																								
Werte			Kat.	LEICHT	40,7	41,7	43,4	45,5	43,5	43,8	41,9	40,7	39,7	40,1	39,3	39,0	38,0	39,3	39,9	38,1	35,0	38,2	38,7	38,9	39,6	39,6	40,3	40,8
		SCHWER	30,8	49,0	38,7				30,3	30,3	30,3	31,7	27,5	33,8	27,5	35,0		24,5		29,0	32,5	30,0	33,0	29,5	32,4	32,3		
		MR	43,0	46,0	47,0	38,0	53,7	38,0	40,2	41,4	44,0	41,0	43,2	37,0	42,7	40,7	40,0	39,0	42,0	52,0	40,9	39,4	43,6	44,5	43,2	44,0		
T30	Anzahl Fahrzeuge			176	189	143	139	119	100	151	179	182	125	81	63	57	48	29	45	51	35	61	97	162	190	179	135	
	Kat.	LEICHT	10	2						18	16	7	10	8	1	3	4	4	1	1	3	2	1	2	13	13		
		SCHWER	4										2	3	4	1	1	3	2	1	1	3	2	1	4	3		
		MR	4				1	1	1	4	4	4	2	3	3	4	1	1	3	2	1	1	3	2	1	4	3	
Werte			Kat.	LEICHT	33,7	34,4	35,1	34,8	36,1	34,4	33,9	33,2	33,8	33,9	32,9	32,6	33,6	32,4	32,7	32,2	32,5	31,6	32,2	33,6	33,6	33,4	33,7	34,7
		SCHWER	27,9	23,5	31,0	34,0			28,6	28,6	28,9	30,8	28,0	28,3	27,0	27,0	29,0	26,0	25,7	23,0	33,0	28,0	28,5	28,6	28,2	27,8		
		MR	30,5		34,0		31,0	31,0	34,5	31,5	33,3	32,0	37,3	36,0	32,5	39,0	34,3	32,0		39,0	34,0	41,7	61,0	28,0	45,5	32,3		
DIFFERENZ	Anzahl Fahrzeuge			422	408	305	302	267	246	352	413	343	224	138	120	116	95	67	86	81	66	118	174	303	376	402	373	
	Kat.	LEICHT	15	3						25	25	11	13	4	8	6	5		3		7	3	3	3	17	21	31	
		SCHWER	4																									
		MR	5	3	9		4	3	10	11	5	3	8	4	7	4	4	3		3	9	8	7	3	9	4		
Werte			Kat.	LEICHT	-7,0	-7,3	-8,3	-10,8	-7,3	-9,4	-8,0	-7,6	-6,0	-6,2	-6,4	-6,4	-4,5	-6,8	-7,2	-5,9	-2,4	-6,6	-6,5	-5,3	-6,0	-6,2	-6,5	-6,1
		SCHWER	-2,9	-2,9	-25,5	-7,7			-1,7	-1,7	-1,4	-0,9	-0,5	-0,5	-0,5	-0,0	1,5		0,0	-6,0	-0,5	-2,0	-4,0	-0,9	-4,2	-4,5		
		MR	-12,5		-13,0		-22,7	-7,0	-5,7	-9,9	-10,8	-9,0	-9,9	-10,1	-10,2	-11,7	-5,7	-7,0		-13,0	-6,9	2,3	17,4	-16,5	2,3	-17,7		



Messtelle GR1: Grabenstrasse 5 (Casino)

Mittlerer Pegel (maxA) [dB]

Werktag		Tageszeitabschnitt																									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
T50	Anzahl Fahrzeuge																										
	Kat.	LEICHT	679	427	306	319	587	835	393	217	173	147	120	99	158	101	113	65	69	69	104	223	440	597	782	828	
		SCHWER	45	1	4	3	4	34	32	27	37	17	20	14	8	11	13	13	20	7	5	6	7	10	19	27	
		MR	16	8	1		24	44	19	1	4	5	8	7	7	4	8	2	2	6	8	8	15	21	13	17	
	Werte																										
T30	Kat.	LEICHT	86,6	86,4	86,1	87,3	87,3	87,1	87,4	87,5	87,2	86,6	86,0	86,0	85,6	85,9	86,8	85,3	85,7	86,0	86,5	85,5	85,7	86,0	86,1	86,4	
		SCHWER	89,6	77,4	91,2	76,7	91,8	91,6	92,7	92,4	88,1	89,4	90,4	90,8	87,4	91,1	91,8	87,2	90,7	88,9	86,8	88,8	90,5	91,1	91,2	89,4	
		MR	89,5	88,5	70,8		85,8	87,2	87,9	74,4	76,0	85,3	89,0	85,5	86,7	87,8	86,6	69,5	86,7	87,0	91,0	86,5	86,7	88,3	88,4	87,5	
	Anzahl Fahrzeuge																										
	Kat.	LEICHT	612	334	264	265	628	1028	411	74	85	100	115	95	182	102	96	76	49	38	51	214	588	656	791	996	
DIFFERENZ		SCHWER	67	4	1	1	3	3	38	24	17	22	13	11	13	10	13	9	11	9	6	5	17	18	24	36	65
		MR	17	6	1	1	23	40	22	1	5	5	5	5	5	2	3	4	6	2	4	21	16	21	18		
	Werte																										
	Kat.	LEICHT	84,3	84,0	83,8	84,2	84,8	84,9	85,2	85,6	85,5	85,8	84,8	85,8	85,0	85,4	84,0	84,9	83,8	84,7	84,5	84,0	84,2	84,3	84,4	84,4	
		SCHWER	90,6			90,7	86,9	91,6	91,7	92,2	88,2	93,0	92,7	90,3	90,2	90,8	89,9	92,2	78,7	89,2	92,2	89,2	91,3	90,0	90,0	90,9	
		MR	88,5	69,7	80,5	69,1	75,7	86,7	85,2	66,0	86,7	87,8	74,0		83,7	71,6	71,5		78,3	86,6	87,3	84,4	85,8	87,5	87,5	87,4	
	Anzahl Fahrzeuge																										
	Kat.	LEICHT	1291	761	570	584	1215	1863	804	291	258	247	235	194	340	203	209	141	118	107	155	437	1028	1253	1573	1824	
		SCHWER	112			6		7	72	56	44	59	30	31	27	18	24	22	24	29	13	10	23	25	34	35	92
		MR	33	12	2		47	84	41	2	9	9	9	10		12	6	11		6	12	10	12	36	37	84	93
Werte																											
	Kat.	LEICHT	-2,3	-2,4	-2,3	-3,1	-2,5	-2,2	-2,2	-1,9	-1,7	-0,8	-1,2	-0,2	-0,6	-0,5	-2,8	-0,4	-1,9	-1,3	-1,9	-1,5	-1,5	-1,7	-1,7	-2,1	
		SCHWER	0,9			13,9	-4,9	0,0	-1,0	-0,2	-0,1	3,6	2,3	0,5	2,8	-0,2	-1,9	4,9	-12,0	0,3	5,5	0,4	0,8	-1,1	-1,2	1,5	
		MR	-1,0	-18,8	9,7		-10,1	-0,5	-2,7	-8,4	10,7	2,5	-15,0		-3,0	-16,2	-15,1		-8,5	-0,4	3,8	-2,1	-0,9	-0,8	-0,9	-0,1	
	Anzahl Fahrzeuge																										
	Kat.	LEICHT	1291	761	570	584	1215	1863	804	291	258	247	235	194	340	203	209	141	118	107	155	437	1028	1253	1573	1824	
	SCHWER	112			6			3	38	24	17	22	13	11	13	10	13	9	11	9	6	5	17	18	24		
	MR	33	12	2		47	84	41	2	9	9	9	10		12	6	11		6	12	10	12	36	37	84	93	

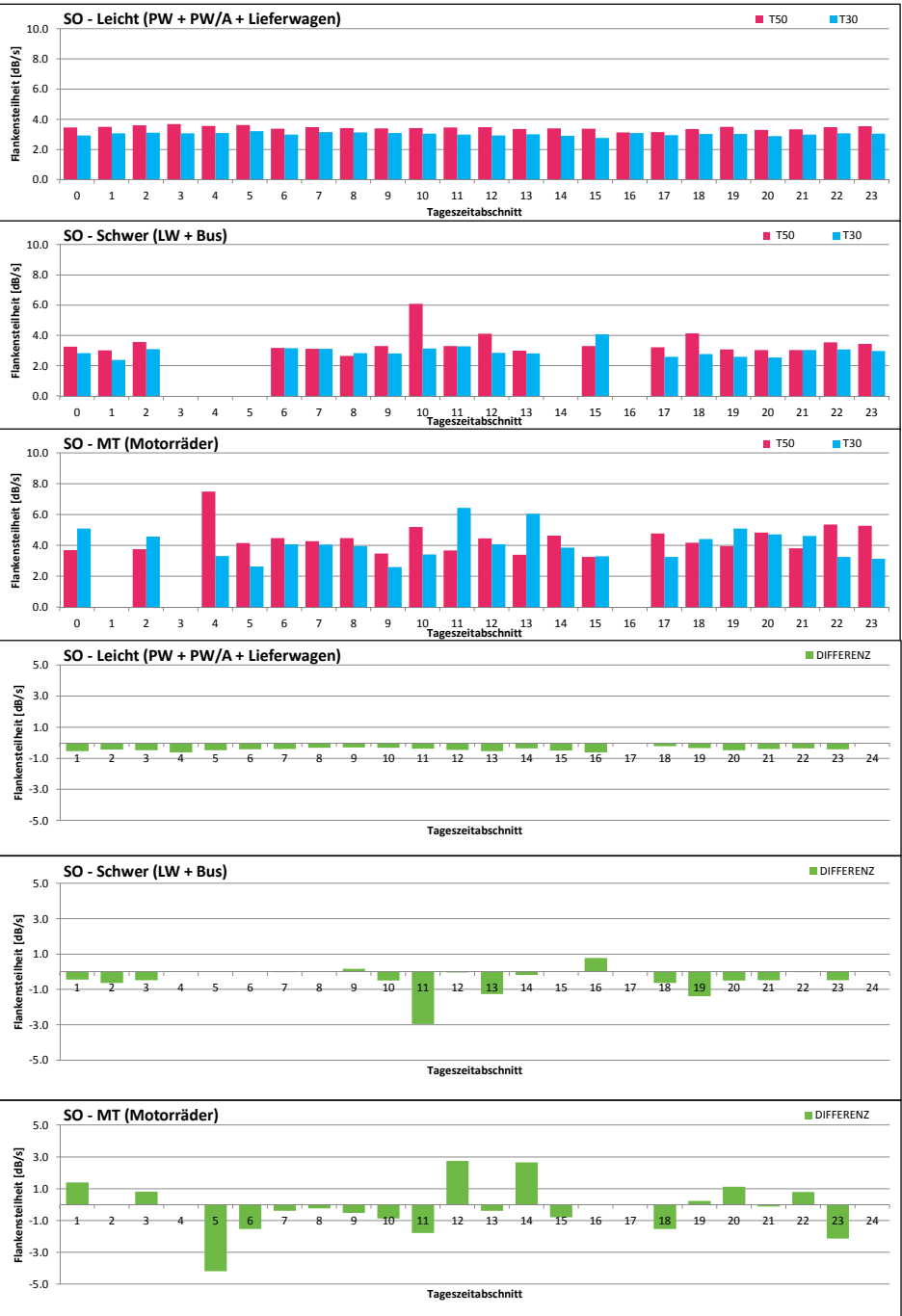
SEL:A [dB]

Sonntag		Tageszeitabschnitt																									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
T50	Anzahl Fahrzeuge																										
	Kat.	LEICHT	246	219	162	163	148	146	201	234	161	99	57	57	59	47	38	41	30	31	57	77	141	186	223	238	
		SCHWER	5	1	7				7	9	4	3	2	5	2	1		2	3	2	1	1	1	4	8	14	
		MR	1	1	2	1	3	2	6	7	1	5	1	3	3	1	1	2	1	8	5	5	2	5	1		
	Werte																										
Kat.	LEICHT	84.1	84.4	85.0	86.3	85.5	85.6	85.5	84.4	84.6	85.1	83.8	82.8	83.0	84.0	84.0	81.9	81.0	82.3	82.3	82.3	83.0	82.9	83.3	83.6		
	SCHWER	38.4	42.0	90.5				91.8	87.6	89.7	84.5	86.9	85.2	78.0	85.8		83.6		86.7	84.8	82.5	84.4	82.0	89.6	87.3		
	MR	66.0	77.5	75.5	72.8	87.1	76.2	84.2	85.0	72.7	68.1	84.0	75.3	83.2	74.4	74.2	70.8	76.7	79.0	81.0	83.9	81.8	72.1	81.9	73.5		
T30	Anzahl Fahrzeuge																										
	Kat.	LEICHT	176	189	143	139	119	100	151	179	182	125	81	63	57	48	29	45	51	25	61	97	162	190	179	135	
		SCHWER	10	2	2	1			18	16	7	10	2	3	4	4	1	1	4	3	4	1	2	2	13	13	17
		MR	4				1	1	4	1	4	4	2	2	9	3	4	1	3	2	1	3	2	1	4	3	
	Werte																										
Kat.	LEICHT	82.3	82.4	82.1	81.9	82.2	82.4	82.3	82.3	82.3	83.1	83.0	83.0	83.6	82.5	82.8	82.7	82.1	82.3	82.3	83.3	84.3	84.0	83.2	82.9		
	SCHWER	87.6	80.3	81.9	76.2			88.9	88.3	88.0	87.2	82.5	80.5	80.4	85.5	78.3	81.4	81.0		82.1	80.3	80.3	91.3	89.4	88.2	88.5	
	MR	78.4		74.9		77.5	75.9	81.5	80.1	82.9	76.2	81.4	85.0	83.8	81.1	74.7	81.0		77.8	75.8	84.8	79.1	80.5	86.9	82.7		
DIFFERENZ	Anzahl Fahrzeuge																										
	Kat.	LEICHT	422	408	305	302	267	246	352	413	343	224	138	120	116	95	67	86	81	66	118	174	303	376	402	373	
		SCHWER	15	3	9				25	25	11	13	4	8	6	5		3	3	7	3	3	3	17	21	31	
		MR	5				4	3	10	11	5	3	8	4	7	4	4	3	3	3	9	8	7	3	9	4	
	Werte																										
Kat.	LEICHT	-1.8	-2.0	-3.0	-4.4	-3.4	-3.2	-3.2	-2.1	-2.3	-2.0	-0.6	0.2	0.6	-1.6	-1.2	0.8	1.1	0.0	0.0	1.0	1.3	1.1	-0.2	-0.6		
	SCHWER	-0.8	-1.8	-8.6				-2.9	-0.7	-1.7	2.7	-4.5	-4.6	2.4	-0.3		-2.2		-4.6	-4.5	-2.2	6.9	7.4	-1.4	-1.2		
	MR	12.4		-0.6		-9.6	-0.3	-2.7	-4.9	10.2	8.6	-2.6	9.7	0.6	6.7	0.5	10.2	-1.2	-5.2	0.9	-2.7	8.4	5.0	9.1	9.1		



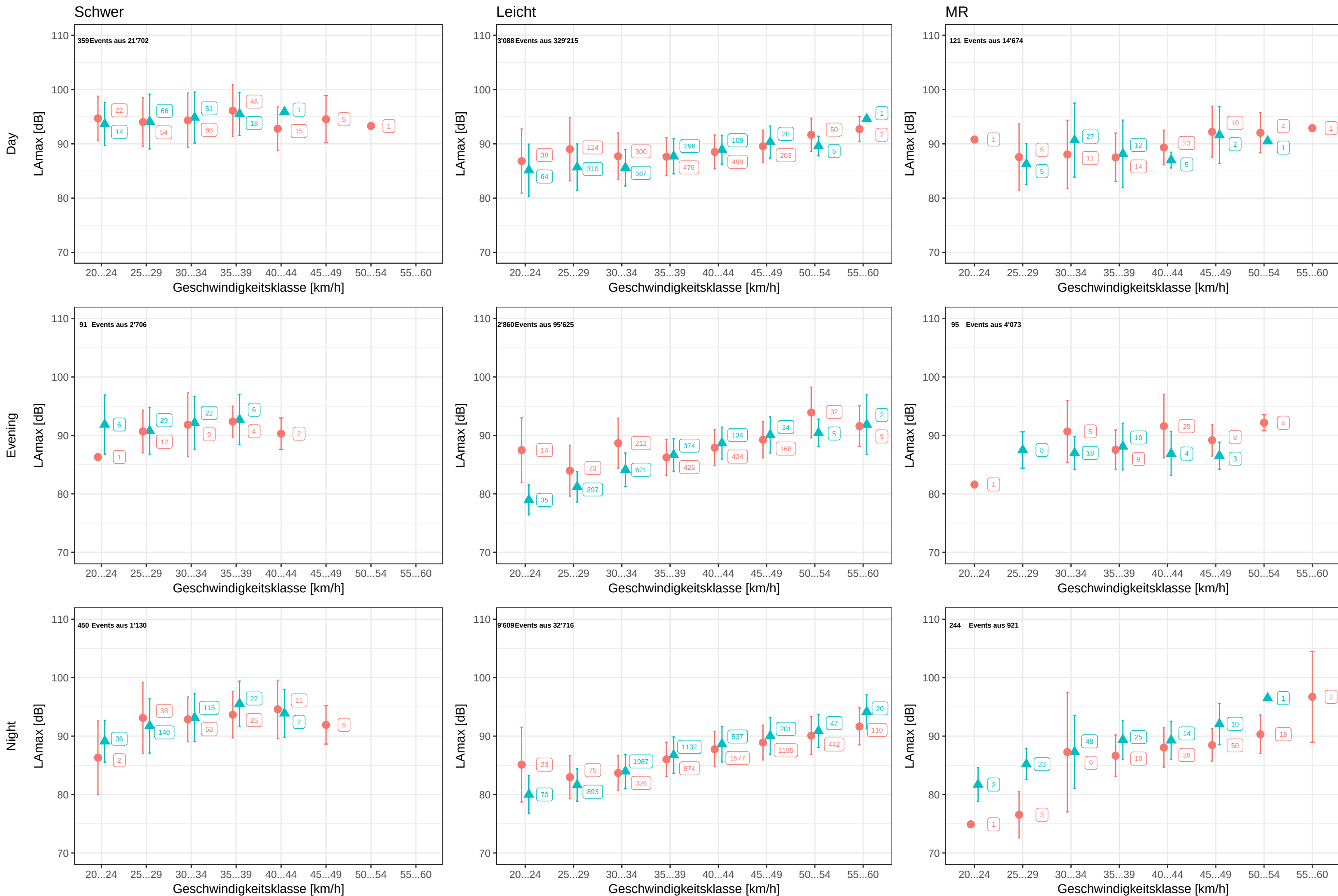
Flankensteilheit [dB/s]

Sonntag		Tageszeitschnitt																								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
T50	Anzahl Fahrzeuge																									
	Kat.	LEICHT	246	219	162	163	148	146	201	234	161	99	57	57	59	47	38	41	30	31	57	77	141	186	223	238
	SCHWER		5	1	7				7	9	4	3	2	5	2	1				3	2	1	1	4	8	10
	MR		1	1	2	1	3	2	6	7	1	1	5	1	3	3	3	1	1	2	1	8	5	5	2	5
T30	Werte																									
	Kat.	LEICHT	3.5	3.5	3.6	3.7	3.6	3.6	3.4	3.5	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.1	3.2	3.4	3.5	3.3	3.3	3.5	3.6
	SCHWER		3.3	3.0	3.6				3.2	3.1	2.7	3.3	6.1	3.3	4.1	3.0				3.2	4.1	3.1	3.0	3.1	3.6	3.5
	MR		3.7	4.6	3.8	3.4	7.5	4.2	4.5	4.3	4.5	3.5	5.2	3.7	4.5	3.4	4.7	3.3	4.5	4.8	4.2	4.0	4.8	3.8	5.4	5.3
DIFFERENZ	Anzahl Fahrzeuge																									
	Kat.	LEICHT	176	189	143	139	119	100	151	179	182	125	81	63	57	48	29	45	51	35	61	97	162	190	179	135
	SCHWER		10	2	2	1			18	16	7	4	10	2	3	4	4	1	1	3	4	1	2	2	13	13
	MR		4				1	1	1	4	4	4	2	3	3	4	1	3	2	1	3	2	1	4	4	3
	Werte																									
	Kat.	LEICHT	2.9	3.1	3.1	3.1	3.1	3.2	3.0	3.2	3.1	3.1	3.1	3.0	2.9	2.8	2.9	2.8	3.1	2.9	3.0	2.9	3.0	3.1	3.1	3.0
	SCHWER		2.8	2.4	3.1	2.4			3.2	3.1	2.8	2.8	3.1	3.3	2.9	2.8	2.2	4.1	2.3	2.6	2.8	2.6	2.6	3.0	3.1	3.0
	MR		5.1		4.6		3.3	2.6	4.1	4.1	4.0	2.6	3.4	6.4	4.1	6.1	3.9	3.3	3.3	4.4	5.1	4.7	4.6	3.3	3.1	
	Anzahl Fahrzeuge																									
	Kat.	LEICHT	422	408	305	302	267	246	352	413	343	224	138	120	116	95	67	86	81	66	118	174	303	376	402	373
	SCHWER		15	3	9			25	25	25	11	13	4	8	6	5		3		7	3	3	3	17	21	31
	MR		5				4	3	10	11	5	3	8	4	7	4	4	3	3	3	9	8	7	3	9	4
	Werte																									
	Kat.	LEICHT	-0.5	-0.4	-0.5	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.5	-0.6	0.0	-0.2	-0.3	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5
	SCHWER		-0.4	-0.6	-0.5				0.0	0.0	0.2	-0.5	-2.9	0.0	-1.3	-0.2		0.8		-0.6	-1.4	-0.5	-0.5	0.0	-0.5	-0.5
	MR		1.4		0.8		-4.2	-1.5	-0.4	-0.2	-0.5	-0.9	-1.8	2.8	-0.4	2.7	-0.8	0.0		-1.5	0.2	1.1	0.1	0.0	-2.1	-2.1



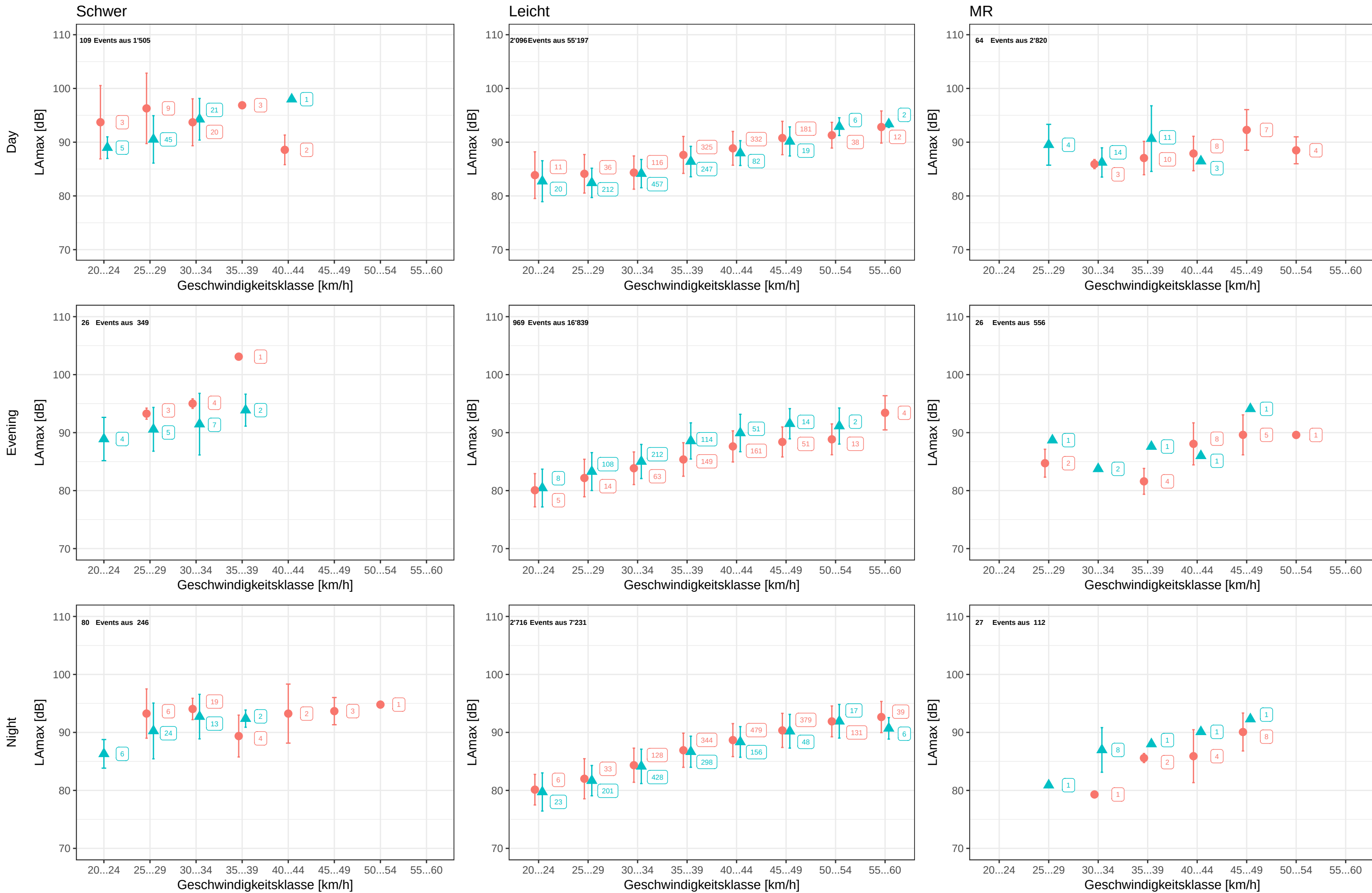
T50/T30 – GR1 (Casino) – Fast,MaxA Averages (Std) vs. Speed categories [Werktags]

Vorher – T50
Nachher – T30



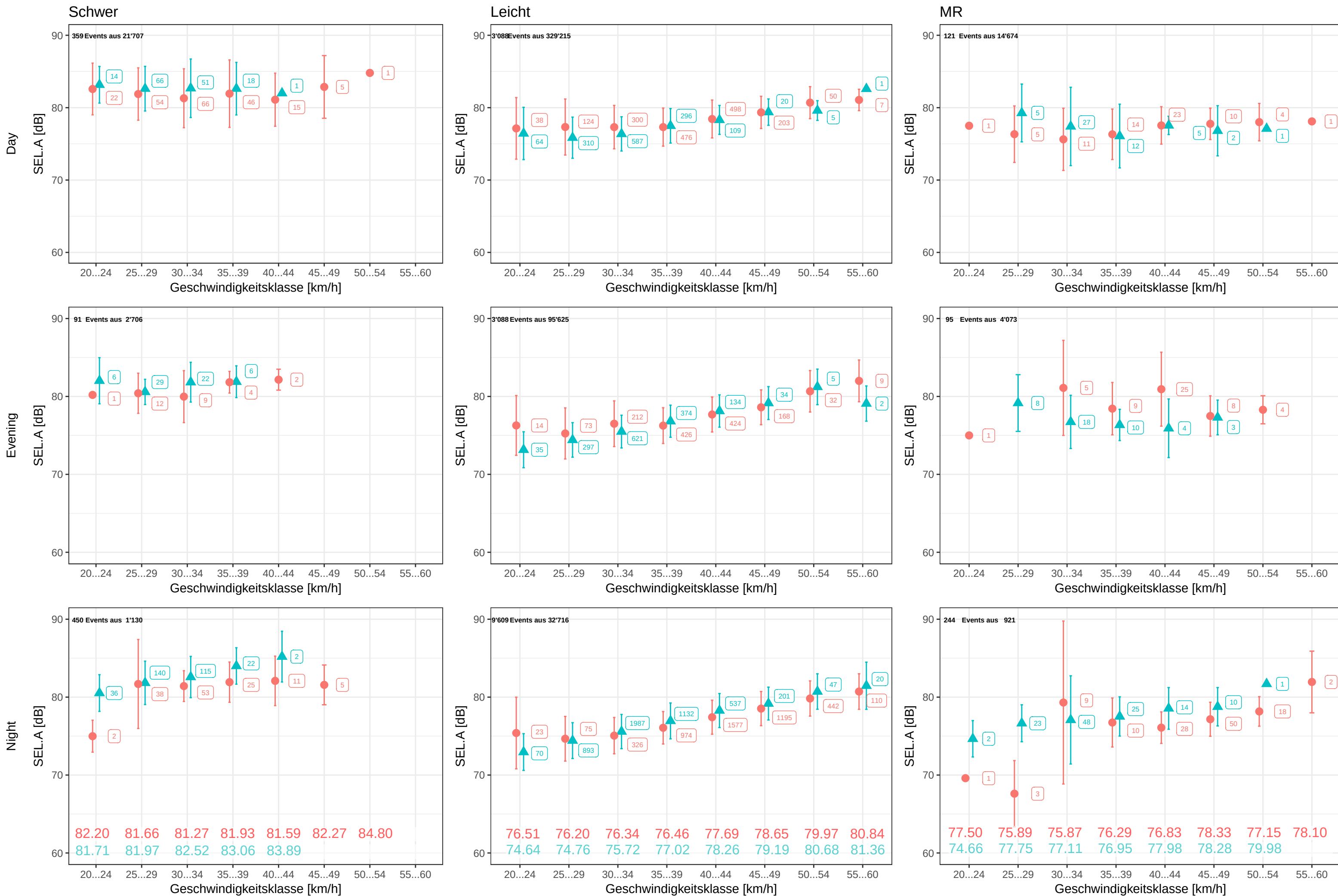
T50/T30 – GR1 (Casino) – Fast,MaxA Averages (Std) vs. Speed categories [Sonntags]

Vorher – T50
Nachher – T30



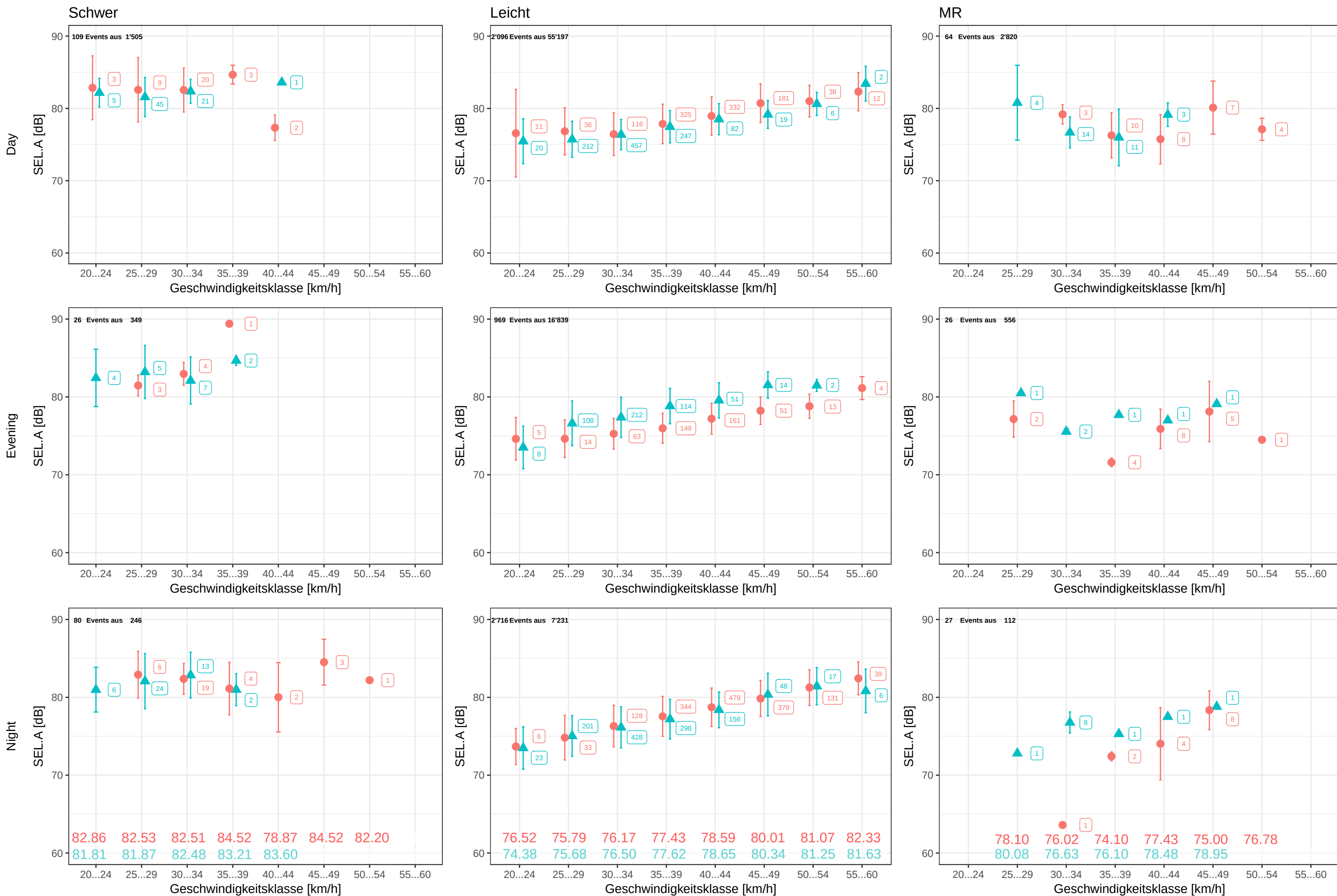
T50/T30 – GR1 (Casino) – SEL.A Averages (Std) vs. Speed categories [Werktags]

Vorher – T50
Nachher – T30



T50/T30 – GR1 (Casino) – SEL.A Averages (Std) vs. Speed categories [Sonntags]

Vorher – T50
Nachher – T30

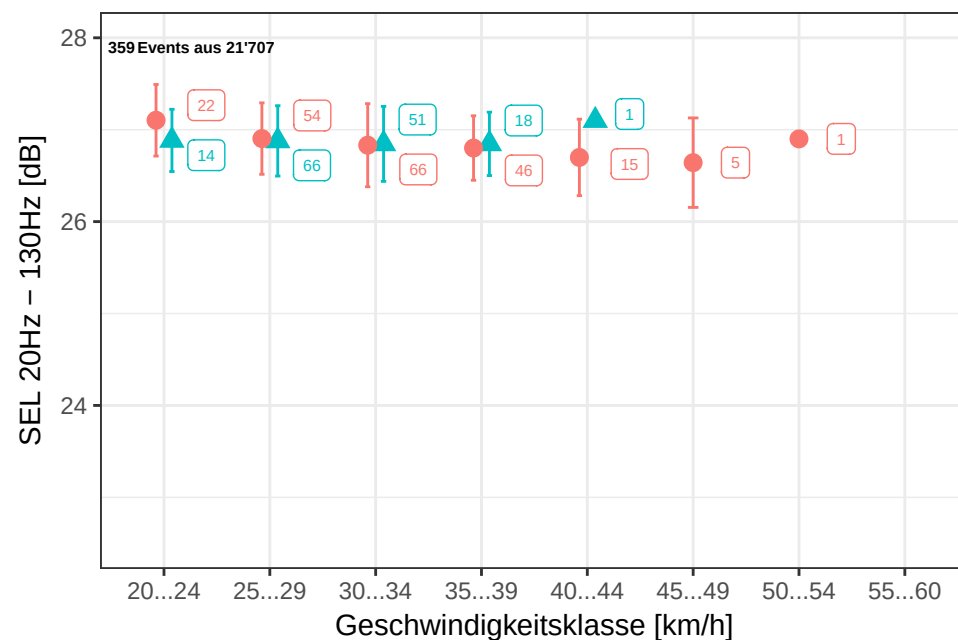


T50/T30 – GR1 (Casino) – SEL20:130 Averages (Std) vs. Speed categories [Werktags]

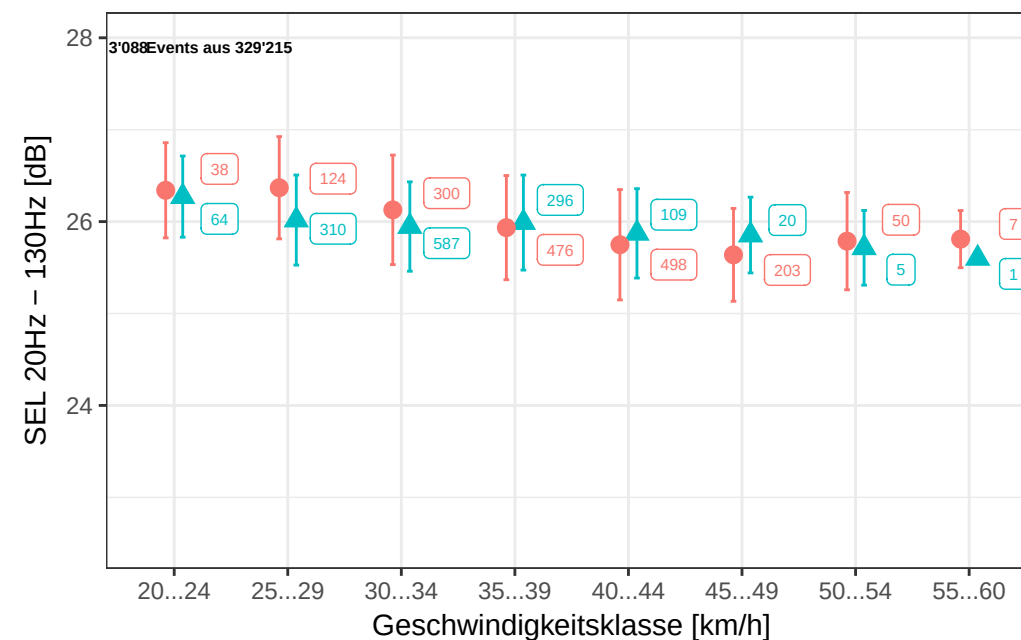
Vorher – T50
Nachher – T30

Day

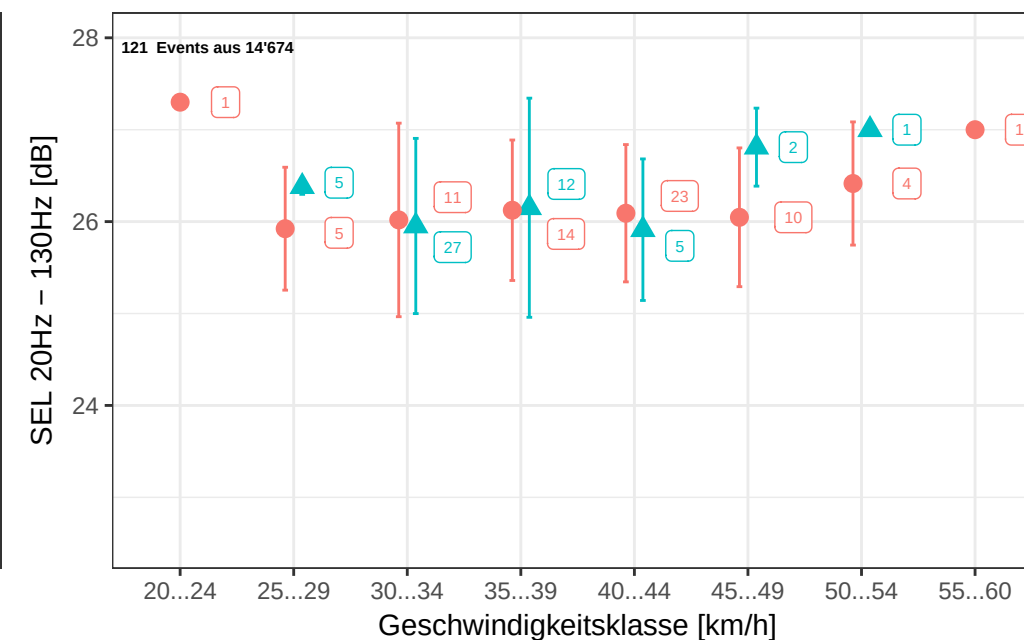
Schwer



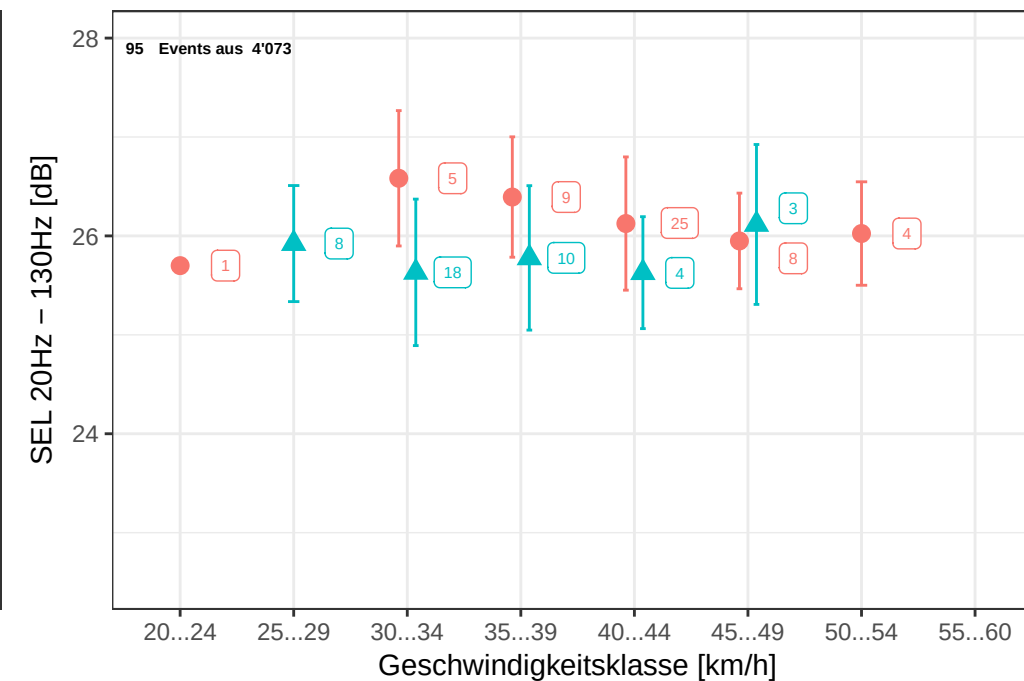
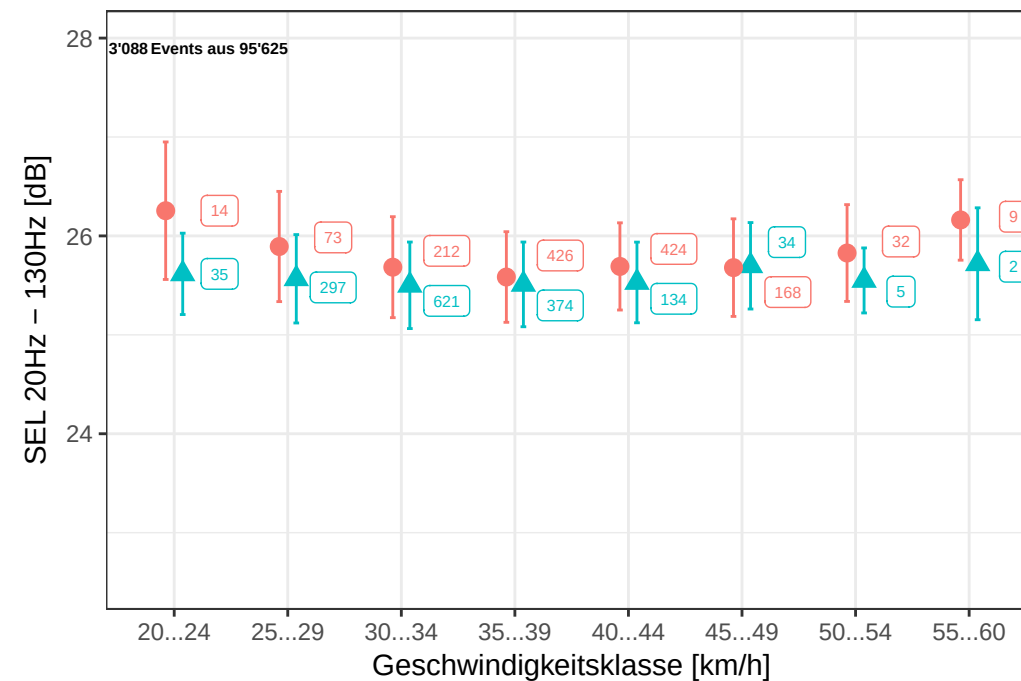
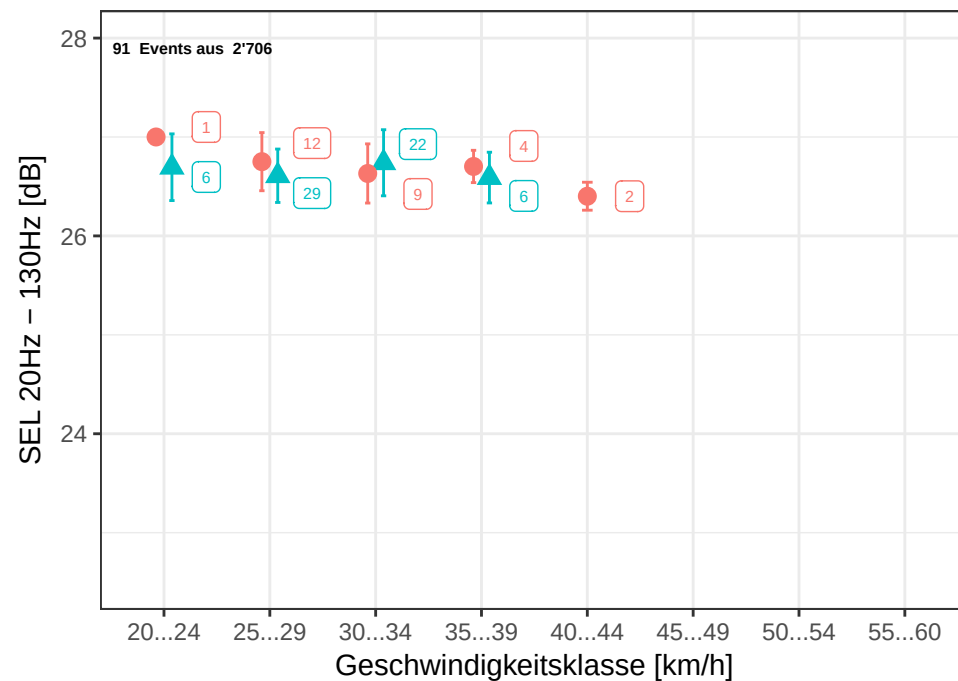
Leicht



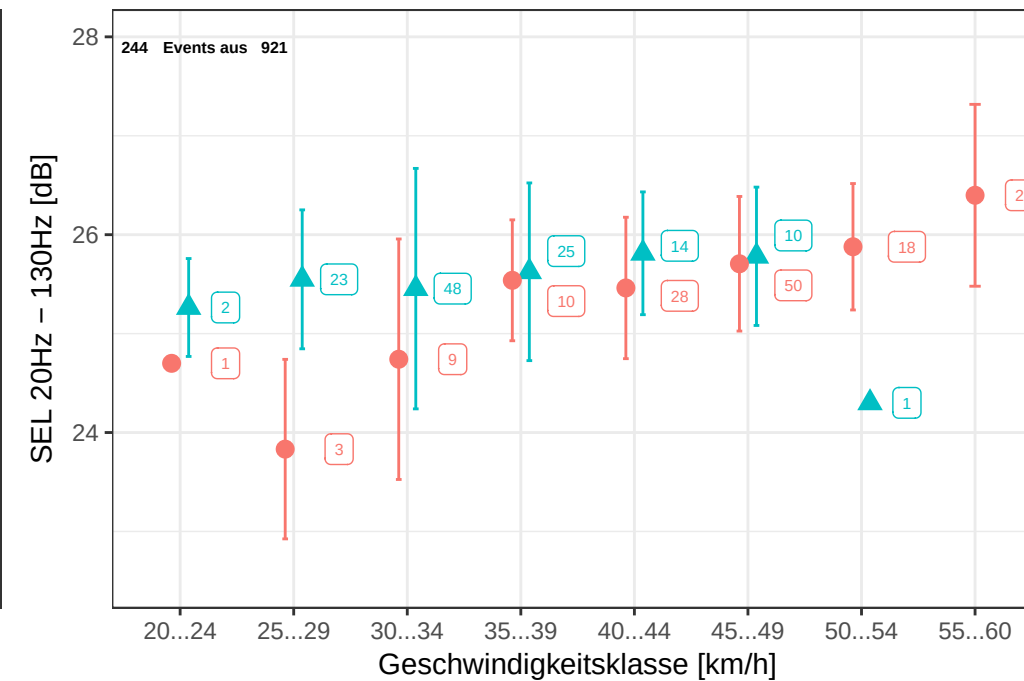
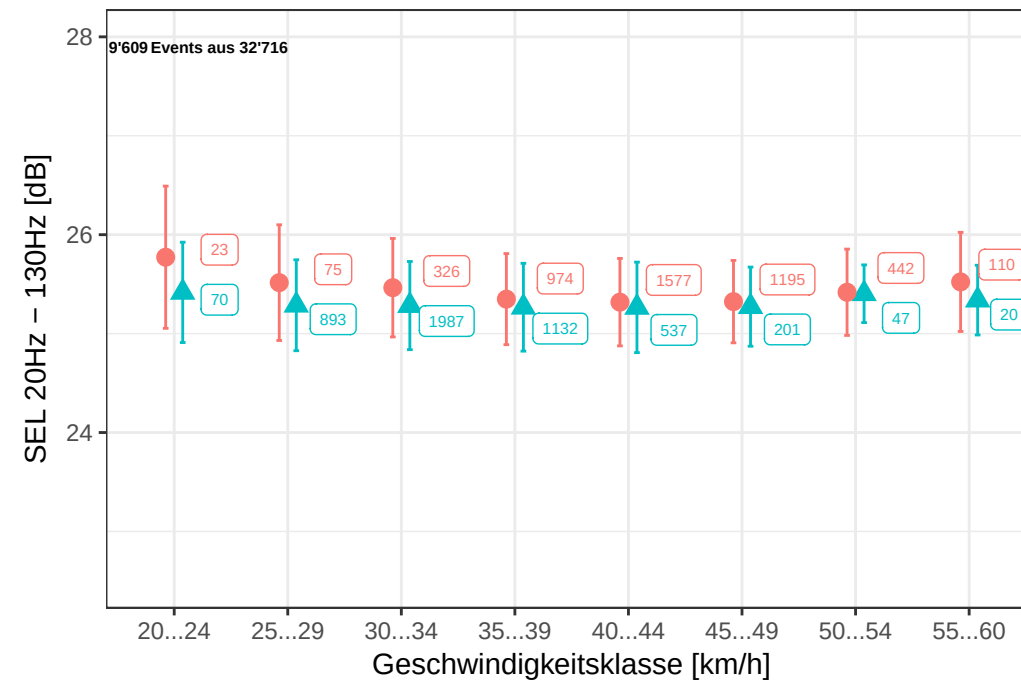
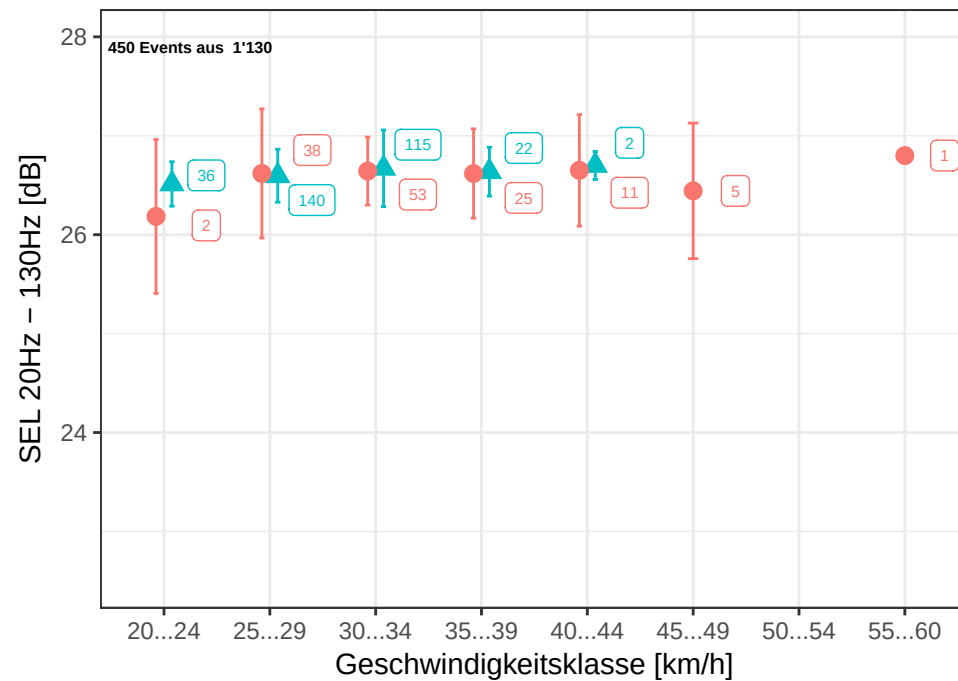
MR



Evening

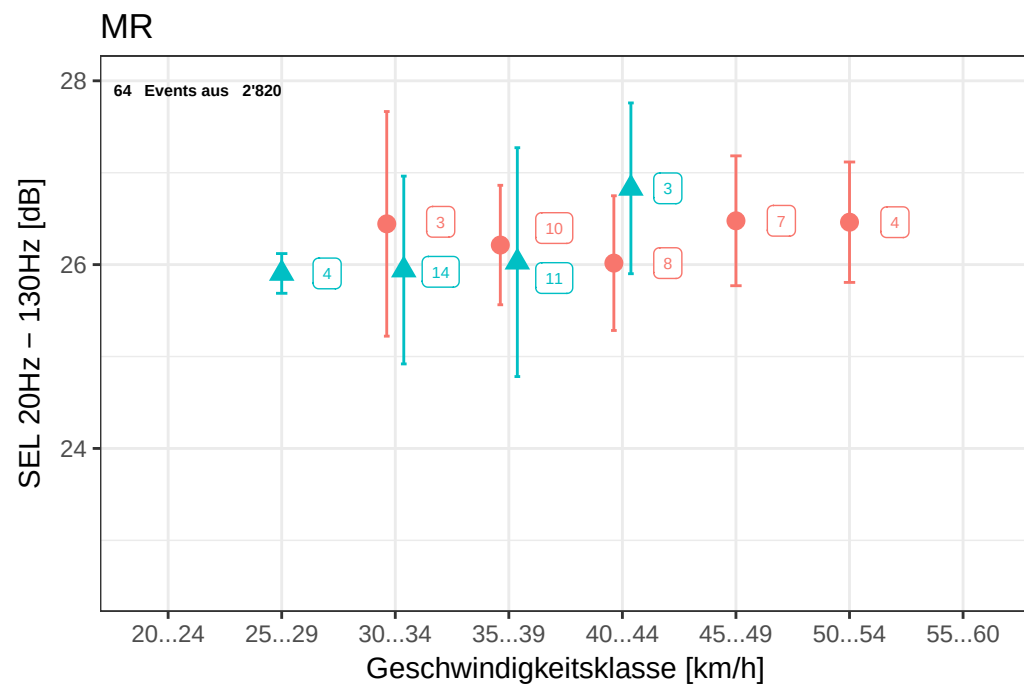
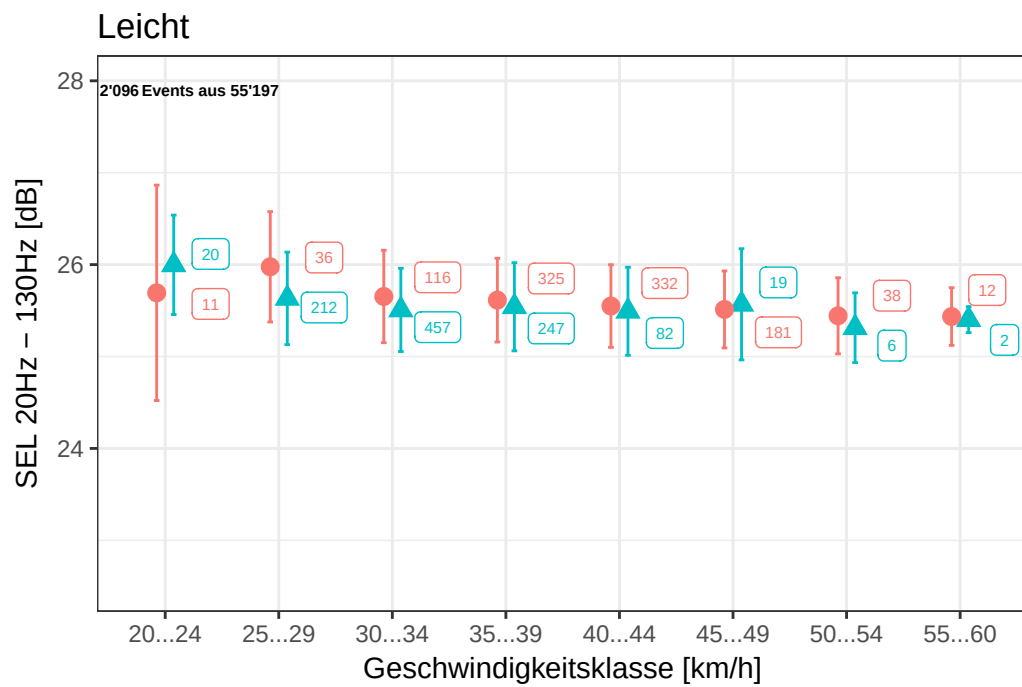
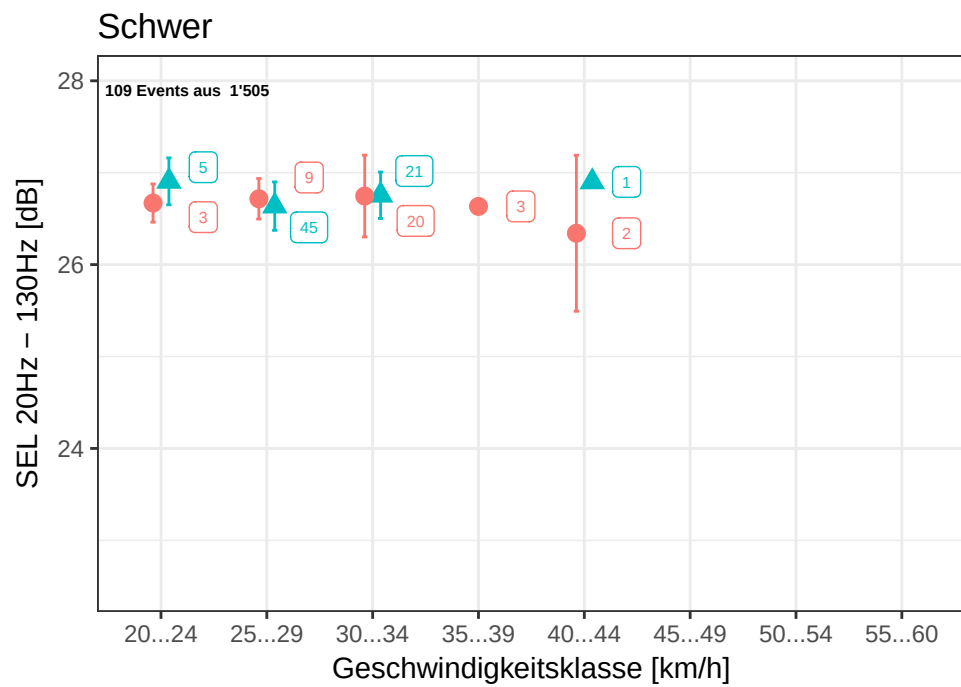


Night

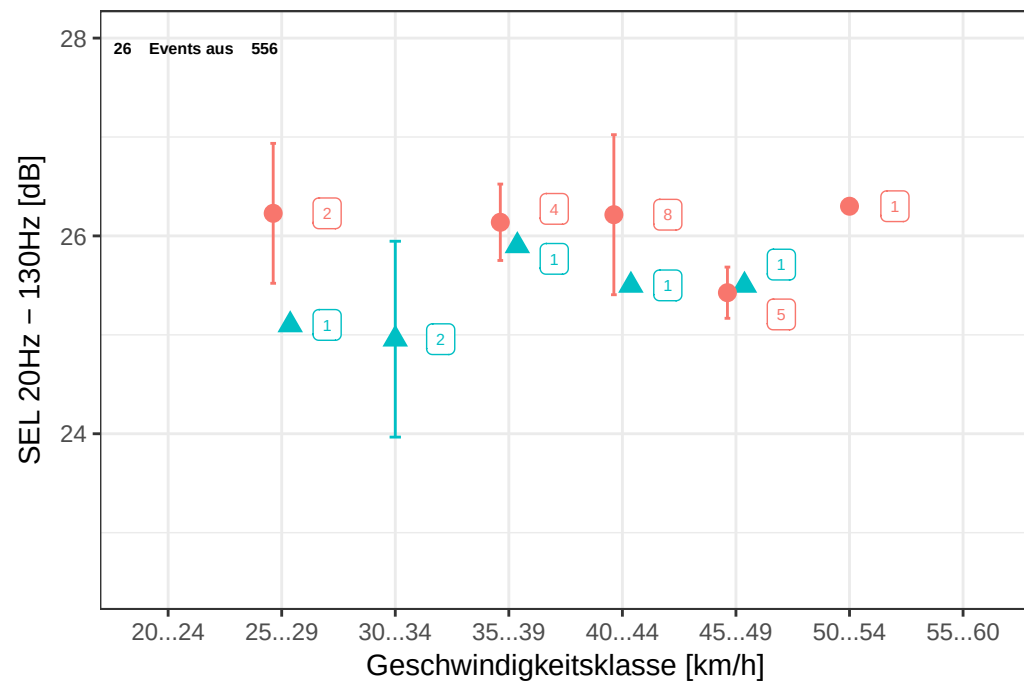
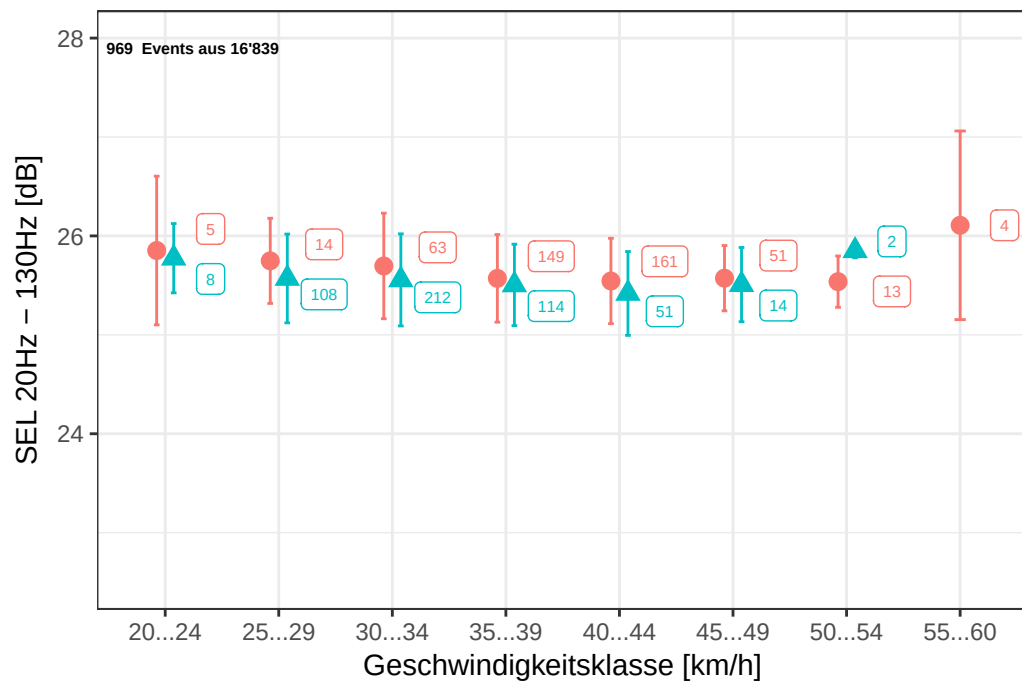
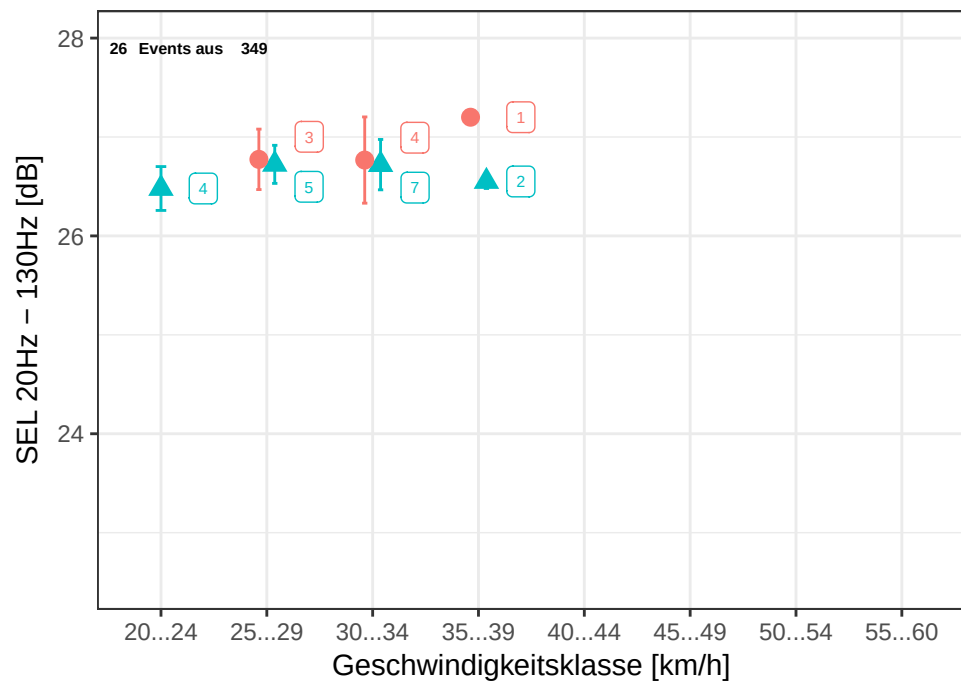


T50/T30 – GR1 (Casino) – SEL20:130 Averages (Std) vs. Speed categories [Sonntags]

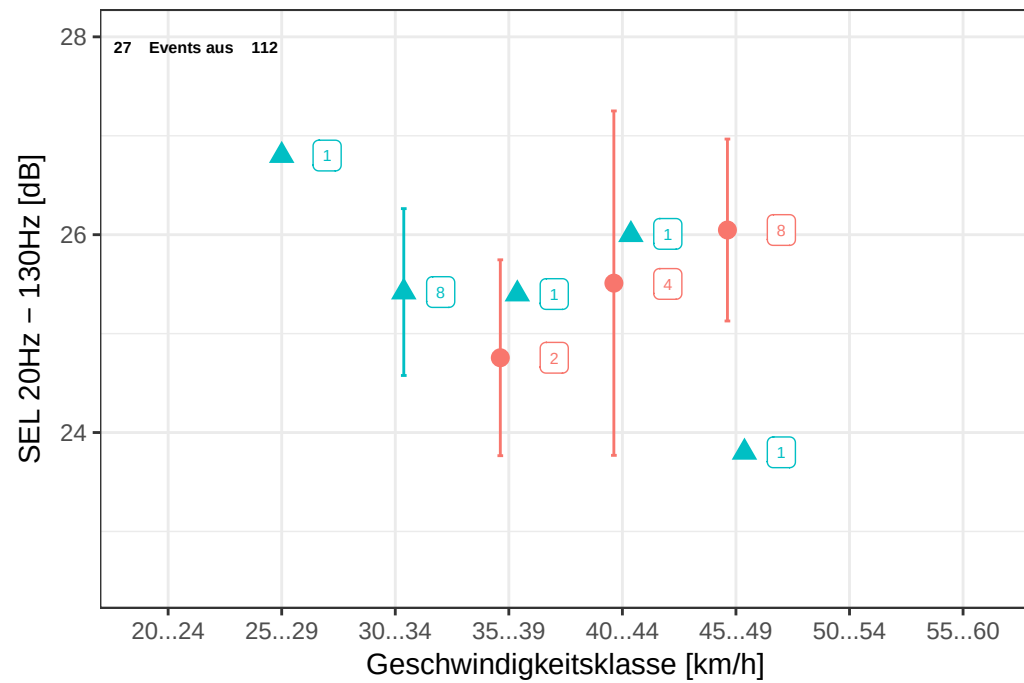
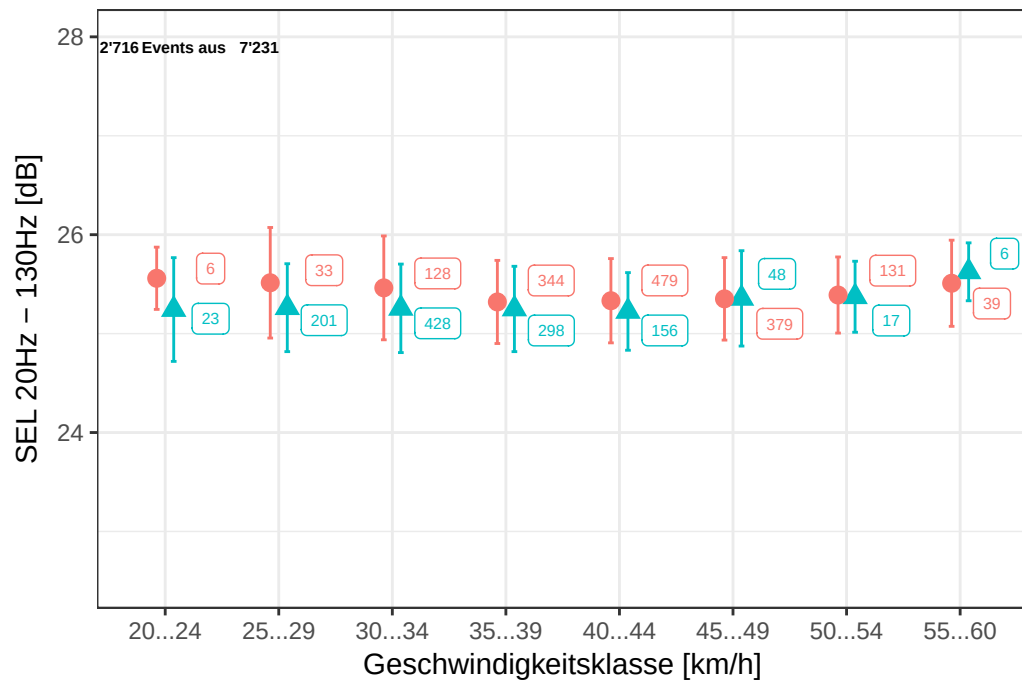
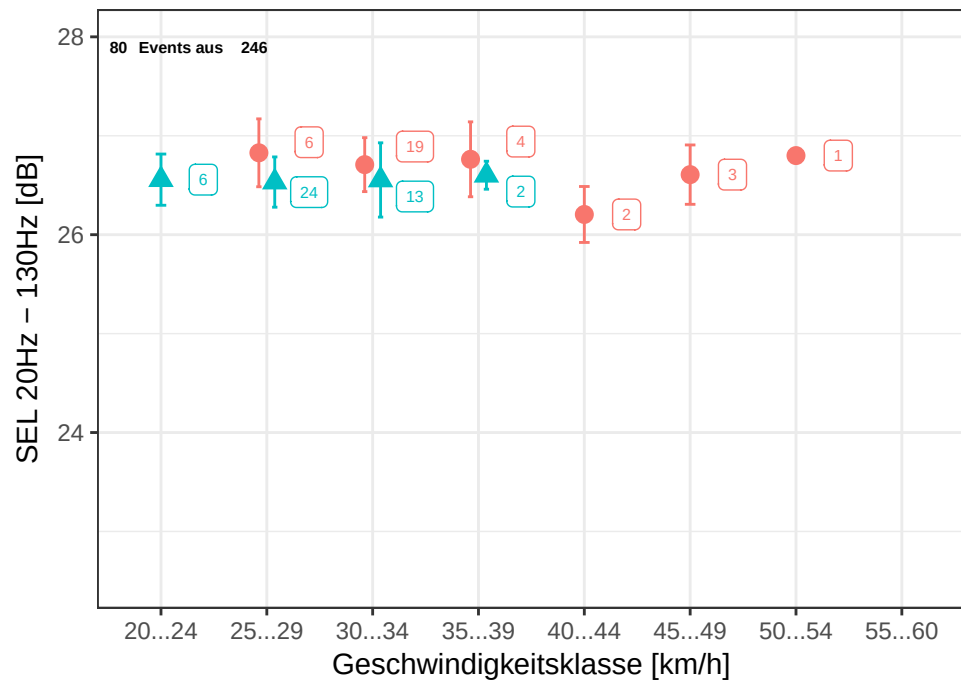
Day



Evening



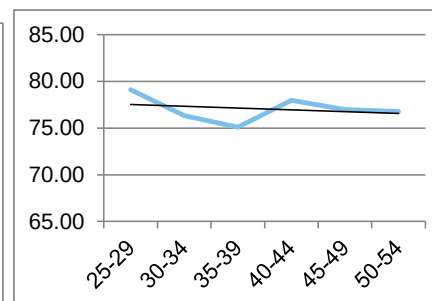
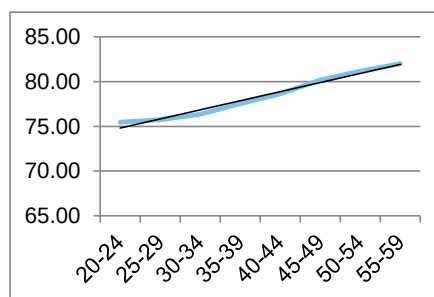
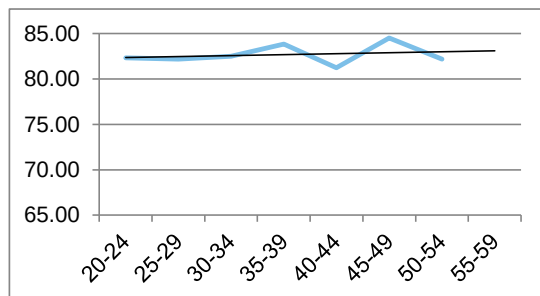
Night



Vorher – T50
Nachher – T30

Korrelation Gesamtdaten

Schwere Motorfahrzeuge			Leichte Motorfahrzeuge			Motorräder			
Geschwindigkeit [km/h]	Tempo 50 [dBA]	Tempo 30 [dBA]	Mittel [dBA]	Tempo 50 [dBA]	Tempo 30 [dBA]	Mittel [dBA]	Tempo 50 [dBA]	Tempo 30 [dBA]	Mittel [dBA]
20-24	82.86	81.81	82.34	76.52	74.38	75.45			
25-29	82.53	81.87	82.20	75.79	75.68	75.74	78.10	80.08	79.09
30-34	82.51	82.48	82.50	76.17	76.50	76.34	76.02	76.63	76.33
35-39	84.52	83.21	83.87	77.43	77.62	77.53	74.10	76.10	75.10
40-44	78.87	83.60	81.24	78.59	78.65	78.62	77.43	78.48	77.96
45-49	84.52		84.52	80.01	80.34	80.18	75.00	78.95	76.98
50-54	82.20		82.20	81.07	81.25	81.16	76.78		76.78
55-59				82.33	81.63	81.98			

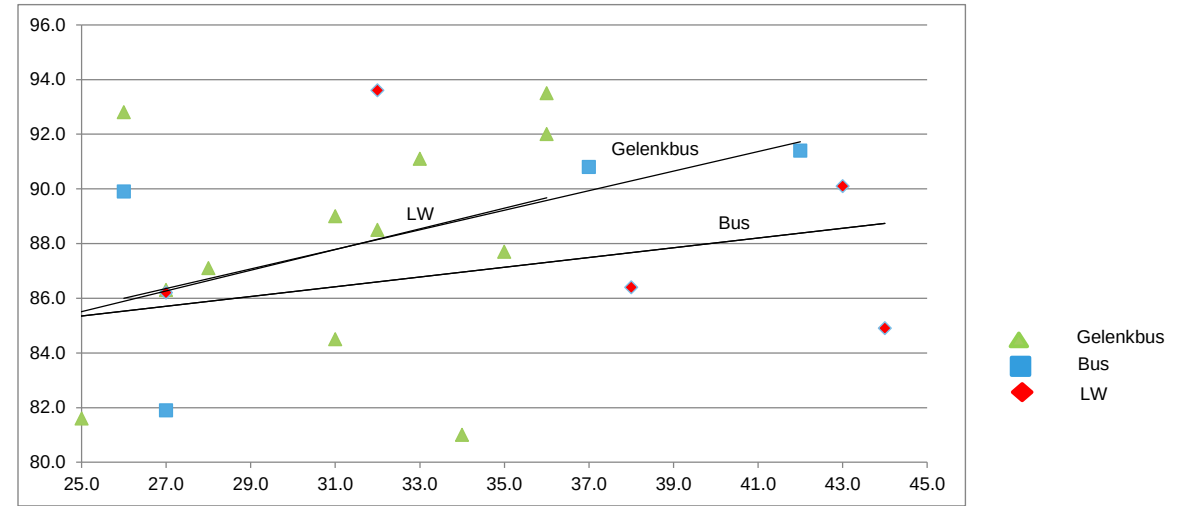


Gemittelte Werte Korrelation

Schwere Motorfahrzeuge		Leichte Motorfahrzeuge		Motorräder	
Geschwindigkeit [km/h]	Mittel [dBA]	Geschwindigkeit [km/h]	Mittel [dBA]	Geschwindigkeit [km/h]	Mittel [dBA]
22	82.4	22	74.8	22	77.7
27	82.5	27	75.8	27	77.5
32	82.6	32	76.8	32	77.3
37	82.7	37	77.9	37	77.1
42	82.8	42	78.9	42	76.9
47	82.9	47	79.9	47	76.8
52	83.0	52	80.9	52	76.6
57	83.1	57	81.9	57	76.4

Korrelation ausgesuchte schwere Motorfahrzeuge

Korrelation Emissionswerte SEL



Modellansatz

Schwere Motorfahrzeuge

Anzahl total **20**

Geschwindigkeit [km/h]	Verteilung Geschwindigkeits- klassen	Anteil je Geschwindigkeits- klasse	SEL je Fahrt	SEL Total
		[%]	[Fz]	[dBA]
20-24		15%	3	82.4
25-29		55%	11	82.5
30-34		25%	5	82.6
35-39		5%	1	82.7
40-44				82.8
45-49				82.9
50-54				83.0
55-59				83.1
Total	100%		20	95.5

Leichte Motorfahrzeuge

Anzahl total **200**

Geschwindigkeit [km/h]	Verteilung Geschwindigkeits- klassen	Anteil je Geschwindigkeits- klasse	SEL je Fahrt	SEL Total
		[%]	[Fz]	[dBA]
20-24		15%	30.0	74.8
25-29		46%	92.0	75.8
30-34		20%	40.0	76.8
35-39		5%	10.0	77.9
40-44		2%	0.4	78.9
45-49		1%	0.2	79.9
50-54		1%	0.2	80.9
55-59				81.9
Total	90%		172.8	98.5

Motorräder

Anzahl total **20**

Geschwindigkeit [km/h]	Verteilung Geschwindigkeits- klassen	Anteil je Geschwindigkeits- klasse	SEL je Fahrt	SEL Total
		[%]	[Fz]	[dBA]
20-24		15%	3.0	77.7
25-29		55%	11.0	77.5
30-34		25%	5.0	77.3
35-39		5%	1.0	77.1
40-44				76.9
45-49				76.8
50-54				76.6
55-59				76.4
Total	100%		20	90.5

SEL Total 100.7

Le, 1 m 65.1

