

Diploma Thesis

On the volatility of construction site entailed traffic deflections – A floating car data example from Vienna

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieur
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

DIPLOMARBEIT

Zur Volatilität von baustellenbedingten „Straßenverkehrsverlagerungen“ – Untersuchung anhand von Floating-Car-Daten für Wien

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Gabriel Enenkel

Matr.Nr.: 01326561

unter der Anleitung von

Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. **Günter Emberger**

Dipl.-Ing. **Tadej Brezina**

Institut für Verkehrswissenschaften
Forschungsbereich Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
Technische Universität Wien,
Gußhausstraße 30/230, A-1040 Wien

Wien, im Dezember 2020

Kurzfassung

Die Diplomarbeit untersucht die Wirkung von Baustellen auf den städtischen Straßenverkehr am Beispiel Wien, wobei für die Auswertungen Floating-Car-Daten, der als „Indikator-Flotte“ dienende Taxiflotte 31300, herangezogen werden. Die im Jahr 2018 auftretende temporäre Kapazitätsreduktion, die durch Bauarbeiten auf der Währinger Straße und einer dadurch erforderlichen Einbahnführung des motorisierten Individualverkehrs hervorgerufen wird, soll als Analysebeispiel dienen, um mögliche Veränderungen und zeitliche Entwicklungen zu untersuchen. Aufgrund der zur Verfügung stehenden Floating-Car-Daten werden für die Auswertung das Taxiaufkommen pro Straßenkante und die enthaltenen Geschwindigkeiten berücksichtigt, die beide neben räumlichen und zeitlichen Darstellungen auch inferenzstatistisch ausgewertet werden.

Das Taxiaufkommen wird durch Aggregation der Daten pro Woche räumlich mittels GIS visualisiert, wobei die Veränderung der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante im Vergleich zur Situation vor Baustellenbeginn dargestellt wird. Durch das Auftreten von Verlagerungen der Taxifahrten in das direkte Umfeld der Baustelle kann eine weitere Eingrenzung des Untersuchungsgebiets vorgenommen werden. Für die Beschreibung dieser Effekte werden drei Querschnitte eingeführt, die fahrtrichtungsabhängig ausgewertet werden. Sie bilden eine inferenzstatistisch belegbare Verlagerung der Fahrten eins zu eins in das umliegende Netz ab, wobei ein fahrtrichtungsabhängiges Verhalten festzustellen ist. Im Falle keiner bleibenden Strukturveränderung kommt es nach Abschluss der Arbeiten zu Rückverlagerungen der Taxifahrten auf die angestammten Strecken.

Die Geschwindigkeitsuntersuchungen werden für zwölf ausgewählte Straßenkanten durchgeführt, die sich drei Kategorien (Baustellenbereich, Ausweichstrecken und Zulaufstrecken) zuordnen lassen. Die Straßenkanten des Baustellenbereichs und der Ausweichstrecken sind nahe den vorab analysierten Querschnitten situiert und weisen ein erhöhtes Taxiaufkommen während der Bauphase auf. Es erfolgt die Analyse von Geschwindigkeitsganglinien und Geschwindigkeitsanteilen pro Tag. Inferenzstatistisch verglichen werden aggregierte Zeiträume (vor, während und nach der Baustelle; Kalenderwochen) sowie unterschiedliche Zeitintervalle im Tagesverlauf (Tages- und Nachtverkehr; Tagesverkehr; Hauptverkehrszeit an Werktagen). Dabei wird deutlich, dass durch die Bauarbeiten nicht in allen Straßenkanten vermehrt Staus auftreten, sondern nur in vier der zwölf Abschnitte eine signifikante Verringerung der Geschwindigkeiten vorliegt. Nach Beendigung der Arbeiten wird eine Geschwindigkeitszunahme auf das Ausgangsniveau erkennbar, wenn keine bleibende Strukturveränderung vorliegt.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist allerdings die vorliegende Stichprobe in Form von Taxidaten („Indikator-Flotte“) zu berücksichtigen, da sie einen sehr kleinen Teil des Straßenverkehrs und aufgrund ihrer Verkehrsbedeutung (spezielle Teilmenge mit eigenen Charakteristika) nicht zwingend den motorisierten Individualverkehr abbildet; somit können die Erkenntnisse der Untersuchung nicht eins zu eins umgelegt werden. Es ist daher als fraglich anzusehen, ob weitgehendere Veränderungen (z. B. eine Änderung der Verkehrsmittelwahl) über reine Verlagerungen des Taxiverkehrs hinaus auftreten können, da die Fahrtentscheidung durch den Fahrgast getroffen wird, der die Verkehrsbeeinträchtigung auf der zu befahrenden Route vorab bedenken müsste. Sobald die Entscheidung des Fahrgasts zu Gunsten der Taxifahrt getroffen wird, kann der Taxifahrer nur noch die Umfahrung der Baustelle erwägen.

Abstract

This master's thesis analyses the effect of construction areas on road traffic in cities exemplified at the case study Vienna. The data for the evaluation is provided by Floating Car Data, which is based on the data of the "indicator-fleet" of cabs by Taxi 31300. The concrete example of analysis is the construction area in Währinger Straße in 2018, which caused a temporary one-way street for the private motorized traffic and resulted in a temporary reduction of capacities. This example is used to examine possible changes and temporary trends. Due to the available Floating Car Data, the quantity of cabs per road sequence and the velocities are both taken into account, and are, alongside spatial and temporal portraying, inferential statistically evaluated.

The quantity of cabs is visualised by aggregation of the data per week with GIS, and shows the change in number of trips per road sequence compared to the situation before the start of construction. Because of displacements of trips in the direct surroundings of the construction zone, it is possible to narrow down the area of research even more. To describe these effects, three cross-sections are introduced, which are evaluated depending on the direction of traffic. They show an inferential statistic proof for a shift of trips one-to-one to the road network around the construction zone, which is dependent on the directions of traffic in the streets. If the change of structure is not permanent, the trips of cabs will transfer back to their original route after completion of the construction works.

The velocity is evaluated on twelve road sequences, which are assigned to three categories: area of construction, roads for evasion and roads for approach. The road sequences of area of construction and roads for evasion are situated near the previously analysed cross-sections and show an increased quantity of cabs during the time of construction. This is followed by the analyses of velocity by time-variation curve and the ration of velocity per day. The aggregated periods (before, during and after construction; calendar weeks) and the diverse time intervals in the course of the day (traffic at day and night; traffic at day; peak period on workdays) are inferential statistically compared. This clearly demonstrates that not all of the road sequences have an increase of traffic jams, but only four out of the twelve road sequences show a significant reduction of velocity. After the end of the construction works the velocity will raise back to the initial level if there is no permanent change of structure.

The evaluation of the results has to take into account that the sample is based on cab-data ("indicator-fleet"), which shows just a very small part of the road traffic and which does not, because of its significance in traffic (special subset with its own characteristics), necessarily represent the private motorized traffic; therefore the findings of the analysis cannot be apportioned one-to-one. It is therefore debatable, if extensive changes (e.g. a shift to another mode of travel) can occur in addition to the pure shift of the cab traffic. This can be justified by the fact that the decision to travel by cab is made by the passenger himself, who would have to consider the traffic disruption on the route to be travelled in advance. Once the passenger decides in favour of a cab ride, the cab driver can only consider bypassing the construction area.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei den Menschen bedanken, die mich bei der Realisierung dieser Diplomarbeit, mit der ich das Studium des Bauingenieurwesens an der TU Wien abschließen werde, und über die Dauer des gesamten Studiums unterstützt haben.

Zuerst gilt mein Dank Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Günter Emberger, der die Betreuung meiner Abschlussarbeit übernommen hat. Ebenso möchte ich mich bei Dipl.-Ing. Tadej Brezina und Dipl.-Ing. Ulrich Leth bedanken, die durch ideenreiche Anmerkungen sowie konstruktive Kritik eine umfangreiche Betreuung trotz der vorherrschenden Pandemie ermöglichten.

Weiterer Dank gilt dem Dateneigentümer „Taxi 31300“ sowie dem Austrian Institute of Technology für die Zurverfügungstellung der Daten, die dadurch diese Auswertungen erst ermöglichten. Besonderer Dank gilt in diesem Zusammenhang Anita Graser MSc, die mich bei datenanalytischen Fragestellungen unterstützt hat.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei meinen Studienkolleginnen und Studienkollegen, die durch die gegenseitige Unterstützung und ihr Engagement wesentlich zum Abschluss meines Studiums beigetragen haben.

Darüber hinaus möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mir das Studium ermöglicht und dabei stets ermutigt haben, weiterzumachen. Nicht zuletzt haben sie mich durch statistische Betrachtungsweisen sowie Korrekturlesen der Diplomarbeit unterstützt. Eben solcher Dank gilt meiner Freundin, die in dieser Zeit viel zurückstecken musste und auch in schwierigen Situationen immer zu mir gehalten hat.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-------------|
| Inhaltsverzeichnis | IV |
| Abbildungsverzeichnis | VIII |
| Tabellenverzeichnis..... | XIII |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Problemstellung..... | 1 |
| 1.2 Forschungsfragen..... | 2 |
| 1.3 Aufbau der Arbeit..... | 3 |
| 2 Theoretische Grundlagen der Verkehrsdaten | 4 |
| 2.1 Erhebungsmethoden zur Verkehrsnachfrage..... | 4 |
| 2.2 Verkehrskenngrößen..... | 7 |
| 2.2.1 Fahrzeugposition..... | 8 |
| 2.2.1.1 Satellitengestützte Standortbestimmung..... | 9 |
| 2.2.1.2 Map-Matching | 9 |
| 2.2.2 Fahrzeuglängen und Fahrzeugklassifizierung..... | 9 |
| 2.2.3 Zeitlücken | 10 |
| 2.2.4 Raumlücken | 11 |
| 2.2.5 Geschwindigkeit..... | 11 |
| 2.2.5.1 Lokale Geschwindigkeit vs. momentane Geschwindigkeit..... | 11 |
| 2.2.5.2 Streckengeschwindigkeit vs. Reisegeschwindigkeit..... | 13 |
| 2.2.6 Verkehrsstärke, Verkehrsdichte und Fundamentaldiagramm..... | 15 |
| 2.2.7 Beschleunigung und Beschleunigungsrauschen..... | 17 |
| 2.2.8 Reisezeit und Congestion Index..... | 18 |
| 2.2.9 Belegungsgrad | 19 |
| 2.2.10 Bewegungsganglinien und -profile | 19 |
| 2.2.11 Stautentstehung und Verkehrszusammenbruch | 20 |
| 2.2.11.1 Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Staus..... | 20 |
| 2.2.11.2 Rückstaulänge..... | 21 |
| 2.3 Verkehrstechnische Erfassungsmethoden..... | 22 |
| 2.3.1 Kamerabasierte Trajektorien Daten | 22 |
| 2.3.2 Floating-Car-Daten..... | 23 |
| 2.3.3 Unterscheidungsmerkmale zw. kamerabasierten Trajektorien Daten und FC-Daten .. | 25 |
| 2.3.4 Querschnittsdaten..... | 25 |
| 2.4 Datenqualität und Einflussfaktoren..... | 26 |
| 2.4.1 Kamerabasierte Trajektorien Daten | 26 |
| 2.4.2 Floating-Car-Daten..... | 27 |
| 2.4.3 Querschnittsdaten..... | 28 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3 | Baustellen in Wien | 29 |
| 3.1 | Auswahlkriterien..... | 29 |
| 3.2 | Untersuchte Großbaustellen..... | 32 |
| 3.2.1 | Baustellen 2016..... | 32 |
| 3.2.1.1 | 1., Schottengasse..... | 32 |
| 3.2.1.2 | 1., Schottenring..... | 33 |
| 3.2.1.3 | 6., Getreidemarkt..... | 33 |
| 3.2.1.4 | 9., Währinger Straße/Spitalgasse/Nußdorfer Straße | 33 |
| 3.2.1.5 | 15., Äußerer Neubaugürtel..... | 34 |
| 3.2.2 | Baustellen 2017..... | 35 |
| 3.2.2.1 | 1., Schottenring..... | 35 |
| 3.2.2.2 | 6., Getreidemarkt..... | 35 |
| 3.2.2.3 | 7., 8., Innerer Neubaugürtel und Lerchenfelder Gürtel..... | 36 |
| 3.2.2.4 | 8., Josef-Matthias-Hauer-Platz..... | 37 |
| 3.2.2.5 | 16., Johann-Nepomuk-Berger-Platz..... | 37 |
| 3.2.3 | Baustellen 2018..... | 38 |
| 3.2.3.1 | 1., Ringstraße..... | 38 |
| 3.2.3.2 | 5., Matzleinsdorfer Platz (inkl. Äußerer Gürtel) | 39 |
| 3.2.3.3 | 14., Hadikgasse | 39 |
| 3.2.3.4 | 15., Äußerer Neubaugürtel..... | 40 |
| 3.2.3.5 | 17., Elterleinplatz..... | 40 |
| 3.2.3.6 | 18., Äußere Währinger Straße | 41 |
| 3.2.4 | Baustellen 2019..... | 43 |
| 3.2.4.1 | 1., 6., Friedrichstraße und Linke Wienzeile | 43 |
| 3.2.4.2 | 3., Ungargasse und Invalidenstraße..... | 44 |
| 3.2.4.3 | 5., 10., Matzleinsdorfer Platz und Reinprechtsdorfer Straße..... | 44 |
| 3.2.4.4 | 6., Gumpendorfer Gürtel..... | 45 |
| 3.2.4.5 | 9., Innerer Währinger Gürtel | 46 |
| 3.2.4.6 | 13., Schönbrunner Schloßstraße..... | 47 |
| 3.3 | Bewertung und Auswahl | 47 |
| 4 | Daten und Methodik | 50 |
| 4.1 | Floating-Car-Daten des Austrian Institute of Technology..... | 50 |
| 4.2 | Zeitliche und räumliche Abgrenzung | 51 |
| 4.3 | Datenstruktur..... | 52 |
| 4.3.1 | Floating-Car-Daten..... | 52 |
| 4.3.2 | OpenStreetMap..... | 53 |
| 4.3.3 | SQLite-Datenbank..... | 54 |
| 4.4 | Rohdaten | 55 |
| 4.5 | Auswertungskriterien der Kenngrößen..... | 59 |
| 4.6 | Zur Datenauswertung eingesetzte Programme | 61 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 5 | Datenaufbereitung | 62 |
| 5.1 | OpenStreetMap..... | 62 |
| 5.2 | Floating-Car-Daten..... | 64 |
| 5.2.1 | Filterstufe 1..... | 65 |
| 5.2.2 | Filterstufe 2..... | 65 |
| 6 | Ergebnisse der Datenanalyse | 68 |
| 6.1 | Räumliche und zeitliche Verteilung der Taxifahrten..... | 68 |
| 6.1.1 | Querschnitt 1: Bereich zw. Währinger Gürtel und Martin- / Gymnasiumstraße..... | 76 |
| 6.1.2 | Querschnitt 2: Bereich zw. Martin- / Gymnasiumstraße und Aumannplatz | 80 |
| 6.1.3 | Querschnitt 3: Bereich zw. Aumannplatz und Gersthofer Straße | 83 |
| 6.2 | Geschwindigkeitsuntersuchung ausgewählter Straßenkanten..... | 86 |
| 6.2.1 | Baustellenbereich..... | 88 |
| 6.2.1.1 | Abschnitt 1: Währinger Straße zwischen Semperstraße und Canongasse | 89 |
| 6.2.1.2 | Abschnitt 2: Gentzgasse zwischen Türkenschanzstraße und Köhlergasse..... | 91 |
| 6.2.1.3 | Abschnitt 3: Währinger Straße zwischen Paulinengasse und Köhlergasse | 92 |
| 6.2.1.4 | Übersicht über den Baustellenbereich | 94 |
| 6.2.2 | Ausweichstrecken | 95 |
| 6.2.2.1 | Abschnitt 4: Hasenauerstr. zw. Blaasstraße und Gustav-Tschermak-Gasse..... | 95 |
| 6.2.2.2 | Abschnitt 5: Sternwartestraße zwischen Semperstraße und Weitlofgasse..... | 96 |
| 6.2.2.3 | Abschnitt 6: Kreuzgasse zwischen Martinstraße und Eduardgasse..... | 97 |
| 6.2.2.4 | Abschnitt 7: Gentzgasse Bereich Kutschkergasse..... | 97 |
| 6.2.2.5 | Abschnitt 8: Schulgasse zwischen Maynollogasse und Kutschkergasse..... | 98 |
| 6.2.2.6 | Übersicht über die Ausweichstrecken | 99 |
| 6.2.3 | Zulaufstrecken | 100 |
| 6.2.3.1 | Abschnitt 9: Währinger Gürtel zwischen Gentzgasse und Krütznergasse..... | 100 |
| 6.2.3.2 | Abschnitt 10: Währinger Gürtel zwischen Severingasse und Klammnergasse..... | 102 |
| 6.2.3.3 | Abschnitt 11: Gersthofer Straße zwischen Scheidlstraße und Schindlergasse | 102 |
| 6.2.3.4 | Abschnitt 12: Währinger Gürtel zwischen Säulengasse und Canisiusgasse | 102 |
| 6.2.3.5 | Übersicht über die Zulaufstrecken | 103 |
| 7 | Diskussion und Ausblick | 105 |
| 7.1 | Diskussion der Ergebnisse..... | 105 |
| 7.2 | Ausblick | 109 |
| 8 | Zusammenfassung | 110 |
| 9 | Literaturverzeichnis | 113 |
| 10 | Anhang | 123 |
| 10.1 | Rohdatenanalyse | 123 |
| 10.2 | Datenaufbereitung | 125 |
| 10.2.1 | Tabellen zur OpenStreetMap | 125 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 10.2.2 | Abbildungen zu den Floating-Car-Daten..... | 126 |
| 10.3 | Analyse der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Taxifahrten | 132 |
| 10.3.1 | Veränderung der Anzahl der Fahrten zur Ausgangslage | 132 |
| 10.3.2 | Querschnittsbetrachtungen | 152 |
| 10.3.2.1 | Querschnitt 1 | 153 |
| 10.3.2.2 | Querschnitt 2 | 155 |
| 10.3.2.3 | Querschnitt 3 | 157 |
| 10.4 | Geschwindigkeitsuntersuchung ausgewählter Straßenkanten..... | 160 |
| 10.4.1 | Baustellenbereich..... | 160 |
| 10.4.1.1 | Abschnitt 1: Währinger Straße zw. Semperstr. und Canong. FR stadtauswärts | 160 |
| 10.4.1.2 | Abschnitt 2: Gentzgasse zw. Türkenschanzstr. und Köhlerg. FR stadtauswärts.... | 164 |
| 10.4.1.3 | Abschnitt 3: Währinger Straße zw. Paulineng. und Köhlerg. FR stadteinwärts..... | 168 |
| 10.4.2 | Ausweichstrecken | 173 |
| 10.4.2.1 | Abschnitt 4: Hasenauerstr. zw. Blaasstr. und G.-Tschermak-G. FR stadtauswärts | 173 |
| 10.4.2.2 | Abschnitt 5: Sternwartestraße zw. Semperst. und Weitlofg. FR stadtauswärts..... | 178 |
| 10.4.2.3 | Abschnitt 6: Kreuzgasse zw. Martinstraße und Eduardgasse FR stadtauswärts... | 182 |
| 10.4.2.4 | Abschnitt 7: Gentzgasse Bereich Kutschergasse FR stadteinwärts..... | 187 |
| 10.4.2.5 | Abschnitt 8: Schulgasse zw. Maynollog. und Kutscherg. FR stadteinwärts | 192 |
| 10.4.3 | Zulaufstrecken | 197 |
| 10.4.3.1 | Abschnitt 9: Währinger Gürtel zw. Gentzgasse und Krütznergasse FR Süden | 197 |
| 10.4.3.2 | Abschnitt 10: Währinger Gürtel zw. Severing. und Klammerg. FR Norden | 201 |
| 10.4.3.3 | Abschnitt 11: Gersthofer Straße zw. Scheidlstr. und Schindlerg. FR Norden..... | 206 |
| 10.4.3.4 | Abschnitt 12: Währinger Gürtel zw. Säuleng. und Canisiusg. FR Norden | 211 |
| 10.4.4 | Inferenzstatistische Analysen | 217 |
| 10.4.4.1 | Vergleich der Geschwindigkeitsanteile (exkl. Ferienwochen) | 217 |
| 10.4.4.2 | Vergleich der Zeitabschnitte vor, während und nach der Baustelle (exkl. Ferienwochen) | 218 |
| 10.4.4.3 | Vergleich der Kalenderwochen in der Bauphase (exkl. Ferienwochen) | 220 |
| 10.4.4.4 | Vergleich der Kalenderwochen im Auswertungszeitraum (exkl. Ferienwochen) | 224 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|-------------------|---|-----|
| Abb. 2.1: | Quasi-lokale Messung vs. quasi-momentane Messung (vgl. Höfler 2006, S. 50)..... | 8 |
| Abb. 2.2: | Fundamentaldiagramm (empirisch). V_{PKW} und v_{mom} stehen hier für die mittlere momentane Geschwindigkeit \bar{v}_m (vgl. Schick 2003, S. 40)..... | 15 |
| Abb. 2.3: | Blockstruktur des Verkehrsflusses (vgl. Neumann 2009, S. 135) | 21 |
| Abb. 3.1: | Übersichtskarte der Baustelle in der Währinger Straße; M 1:25.000 | 49 |
| Abb. 4.1: | Anzahl der Datensätze pro Tag während des Untersuchungszeitraums (KW 17 – 41)..... | 55 |
| Abb. 4.2: | Histogramm der Geschwindigkeiten im gesamten Untersuchungszeitraum | 56 |
| Abb. 4.3: | Box-Plot der Geschwindigkeiten während des gesamten Untersuchungsgebiets | 57 |
| Abb. 4.4: | Histogramm über die Anzahl der Datensätze pro Fahrt während des Untersuchungszeitraums | 58 |
| Abb. 4.5: | Fahrtverlauf einer fehlerbehafteten Einzelfahrt (trip_id = 114093943); M 1:20.000 | 59 |
| Abb. 5.1: | Box-Plots der Geschwindigkeiten nach Straßenkategorie und zul. Höchstgeschwindigkeit (Filterstufe 2) | 66 |
| Abb. 6.1: | Summe der Fahrten aller Straßenkanten im Untersuchungsgebiet (inkl. Gebietsteilung)..... | 68 |
| Abb. 6.2: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante (Ausgangslage); M 1:25.000 | 70 |
| Abb. 6.3: | Histogramm der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante (Ausgangslage)..... | 71 |
| Abb. 6.4: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 23 zur Ausgangslage; M 1:25.000 | 73 |
| Abb. 6.5: | Beobachtete Ausweichrouten inkl. Lage der Querschnitte; M 1:18.000 | 75 |
| Abb. 6.6: | Auswahl der untersuchten Straßenkanten; M 1:18.000 | 87 |
| Abb. 6.7: | Abschnitt 1; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr..... | 89 |
| Abb. 6.8: | Abschnitt 1; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 90 |
| Abb. 6.9: | Abschnitt 2; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 92 |
| Abb. 6.10: | Abschnitt 3; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 93 |
| Abb. 6.11: | Geschwindigkeitsmittelwerte der Wochen im Baustellenbereich; 6 – 22 Uhr | 94 |
| Abb. 6.12: | Abschnitt 5; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr..... | 96 |
| Abb. 6.13: | Abschnitt 7; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 97 |
| Abb. 6.14: | Geschwindigkeitsmittelwerte der Wochen auf Ausweichstrecken; 6 – 22 Uhr ... | 99 |
| Abb. 6.15: | Abschnitt 9; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr..... | 101 |
| Abb. 6.16: | Geschwindigkeitsmittelwerte der Wochen auf Zulaufstrecken; 6 – 22 Uhr | 104 |
| Abb. 10.1: | Anzahl der Datensätze pro Straßenkante im Zeitraum 23.04.-08.07. (77 Tage); M 1:25.000 | 123 |
| Abb. 10.2: | Anzahl der Datensätze pro Straßenkante im Zeitraum 09.07.-14.10. (98 Tage); M 1:25.000 | 124 |
| Abb. 10.3: | Histogramm (100 m Einheit) der Längen der Fahrten während des Untersuchungszeitraums | 125 |
| Abb. 10.4: | Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Hauptstraße B“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h..... | 126 |
| Abb. 10.5: | Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Hauptstraße A“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h..... | 126 |
| Abb. 10.6: | Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Hauptstraße A“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h..... | 127 |
| Abb. 10.7: | Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Nebenstraße“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h | 127 |

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Abb. 10.8: | Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Nebenstraße“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h | 128 |
| Abb. 10.9: | Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Nebenstraße“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 5 km/h | 128 |
| Abb. 10.10: | Box-Plots der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Hauptstraße B“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h nach der Filterstufe 2.. | 129 |
| Abb. 10.11: | Box-Plots der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Hauptstraße A“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h nach der Filterstufe 2.. | 129 |
| Abb. 10.12: | Box-Plots der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Hauptstraße A“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h nach der Filterstufe 2.. | 130 |
| Abb. 10.13: | Box-Plots der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Nebenstraße“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h nach der Filterstufe 2.. | 130 |
| Abb. 10.14: | Box-Plots der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Nebenstraße“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h nach der Filterstufe 2.. | 131 |
| Abb. 10.15: | Box-Plots der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Nebenstraße“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 5 km/h nach der Filterstufe 2 ... | 131 |
| Abb. 10.16: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 21 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 132 |
| Abb. 10.17: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 22 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 133 |
| Abb. 10.18: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 24 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 134 |
| Abb. 10.19: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 25 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 135 |
| Abb. 10.20: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 26 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 136 |
| Abb. 10.21: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 27 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 137 |
| Abb. 10.22: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 28 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 138 |
| Abb. 10.23: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 29 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 139 |
| Abb. 10.24: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 30 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 140 |
| Abb. 10.25: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 31 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 141 |
| Abb. 10.26: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 32 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 142 |
| Abb. 10.27: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 33 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 143 |
| Abb. 10.28: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 34 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 144 |
| Abb. 10.29: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 35 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 145 |
| Abb. 10.30: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 36 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 146 |
| Abb. 10.31: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 37 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 147 |
| Abb. 10.32: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 38 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 148 |
| Abb. 10.33: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 39 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 149 |
| Abb. 10.34: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 40 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 150 |
| Abb. 10.35: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 41 zur Ausgangslage; M 1:25.000..... | 151 |

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Abb. 10.36: | Abschnitt 1; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr | 160 |
| Abb. 10.37: | Abschnitt 1; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr | 160 |
| Abb. 10.38: | Abschnitt 1; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr..... | 161 |
| Abb. 10.39: | Abschnitt 1; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr..... | 161 |
| Abb. 10.40: | Abschnitt 1; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr..... | 162 |
| Abb. 10.41: | Abschnitt 1; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 162 |
| Abb. 10.42: | Abschnitt 1; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 163 |
| Abb. 10.43: | Abschnitt 1; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 163 |
| Abb. 10.44: | Abschnitt 2; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr | 164 |
| Abb. 10.45: | Abschnitt 2; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr | 164 |
| Abb. 10.46: | Abschnitt 2; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr..... | 165 |
| Abb. 10.47: | Abschnitt 2; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr..... | 165 |
| Abb. 10.48: | Abschnitt 2; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr..... | 166 |
| Abb. 10.49: | Abschnitt 2; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr..... | 166 |
| Abb. 10.50: | Abschnitt 2; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 167 |
| Abb. 10.51: | Abschnitt 2; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 167 |
| Abb. 10.52: | Abschnitt 2; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 168 |
| Abb. 10.53: | Abschnitt 3; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr | 168 |
| Abb. 10.54: | Abschnitt 3; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr | 169 |
| Abb. 10.55: | Abschnitt 3; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr..... | 169 |
| Abb. 10.56: | Abschnitt 3; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr..... | 170 |
| Abb. 10.57: | Abschnitt 3; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr..... | 170 |
| Abb. 10.58: | Abschnitt 3; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr..... | 171 |
| Abb. 10.59: | Abschnitt 3; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 171 |
| Abb. 10.60: | Abschnitt 3; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 172 |
| Abb. 10.61: | Abschnitt 3; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 172 |
| Abb. 10.62: | Abschnitt 4; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr | 173 |
| Abb. 10.63: | Abschnitt 4; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr | 173 |
| Abb. 10.64: | Abschnitt 4; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr..... | 174 |
| Abb. 10.65: | Abschnitt 4; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr..... | 174 |
| Abb. 10.66: | Abschnitt 4; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr..... | 175 |
| Abb. 10.67: | Abschnitt 4; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr..... | 175 |
| Abb. 10.68: | Abschnitt 4; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 176 |
| Abb. 10.69: | Abschnitt 4; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 176 |
| Abb. 10.70: | Abschnitt 4; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 177 |

| | | |
|---------------------|--|-----|
| Abb. 10.71: | Abschnitt 4; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 177 |
| Abb. 10.72: | Abschnitt 5; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr | 178 |
| Abb. 10.73: | Abschnitt 5; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr | 178 |
| Abb. 10.74: | Abschnitt 5; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr..... | 179 |
| Abb. 10.75: | Abschnitt 5; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr..... | 179 |
| Abb. 10.76: | Abschnitt 5; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr..... | 180 |
| Abb. 10.77: | Abschnitt 5; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 180 |
| Abb. 10.78: | Abschnitt 5; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 181 |
| Abb. 10.79: | Abschnitt 5; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 181 |
| Abb. 10.80: | Abschnitt 5; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 182 |
| Abb. 10.81: | Abschnitt 6; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr | 182 |
| Abb. 10.82: | Abschnitt 6; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr | 183 |
| Abb. 10.83: | Abschnitt 6; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr..... | 183 |
| Abb. 10.84: | Abschnitt 6; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr..... | 184 |
| Abb. 10.85: | Abschnitt 6; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr..... | 184 |
| Abb. 10.86: | Abschnitt 6; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr..... | 185 |
| Abb. 10.87: | Abschnitt 6; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 185 |
| Abb. 10.88: | Abschnitt 6; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 186 |
| Abb. 10.89: | Abschnitt 6; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 186 |
| Abb. 10.90: | Abschnitt 6; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 187 |
| Abb. 10.91: | Abschnitt 7; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr | 187 |
| Abb. 10.92: | Abschnitt 7; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr | 188 |
| Abb. 10.93: | Abschnitt 7; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr..... | 188 |
| Abb. 10.94: | Abschnitt 7; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr..... | 189 |
| Abb. 10.95: | Abschnitt 7; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr..... | 189 |
| Abb. 10.96: | Abschnitt 7; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr..... | 190 |
| Abb. 10.97: | Abschnitt 7; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 190 |
| Abb. 10.98: | Abschnitt 7; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 191 |
| Abb. 10.99: | Abschnitt 7; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 191 |
| Abb. 10.100: | Abschnitt 8; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr | 192 |
| Abb. 10.101: | Abschnitt 8; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr | 192 |
| Abb. 10.102: | Abschnitt 8; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr..... | 193 |
| Abb. 10.103: | Abschnitt 8; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr..... | 193 |
| Abb. 10.104: | Abschnitt 8; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr..... | 194 |
| Abb. 10.105: | Abschnitt 8; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr..... | 194 |

| | | |
|---------------------|---|-----|
| Abb. 10.106: | Abschnitt 8; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 195 |
| Abb. 10.107: | Abschnitt 8; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 195 |
| Abb. 10.108: | Abschnitt 8; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 196 |
| Abb. 10.109: | Abschnitt 8; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 196 |
| Abb. 10.110: | Abschnitt 9; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr | 197 |
| Abb. 10.111: | Abschnitt 9; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr | 197 |
| Abb. 10.112: | Abschnitt 9; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr..... | 198 |
| Abb. 10.113: | Abschnitt 9; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr..... | 198 |
| Abb. 10.114: | Abschnitt 9; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr..... | 199 |
| Abb. 10.115: | Abschnitt 9; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 199 |
| Abb. 10.116: | Abschnitt 9; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 200 |
| Abb. 10.117: | Abschnitt 9; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 200 |
| Abb. 10.118: | Abschnitt 9; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 201 |
| Abb. 10.119: | Abschnitt 10; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr..... | 201 |
| Abb. 10.120: | Abschnitt 10; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr..... | 202 |
| Abb. 10.121: | Abschnitt 10; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr..... | 202 |
| Abb. 10.122: | Abschnitt 10; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr..... | 203 |
| Abb. 10.123: | Abschnitt 10; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr..... | 203 |
| Abb. 10.124: | Abschnitt 10; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr..... | 204 |
| Abb. 10.125: | Abschnitt 10; Minimum, Maximum u. Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 204 |
| Abb. 10.126: | Abschnitt 10; Minimum, Maximum u. Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 205 |
| Abb. 10.127: | Abschnitt 10; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 205 |
| Abb. 10.128: | Abschnitt 10; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 206 |
| Abb. 10.129: | Abschnitt 11; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr..... | 206 |
| Abb. 10.130: | Abschnitt 11; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr..... | 207 |
| Abb. 10.131: | Abschnitt 11; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr..... | 207 |
| Abb. 10.132: | Abschnitt 11; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr..... | 208 |
| Abb. 10.133: | Abschnitt 11; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr..... | 208 |
| Abb. 10.134: | Abschnitt 11; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr..... | 209 |
| Abb. 10.135: | Abschnitt 11; Minimum, Maximum u. Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 209 |
| Abb. 10.136: | Abschnitt 11; Minimum, Maximum u. Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 210 |
| Abb. 10.137: | Abschnitt 11; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 210 |
| Abb. 10.138: | Abschnitt 11; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 211 |
| Abb. 10.139: | Abschnitt 12; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr..... | 211 |

| | | |
|---------------------|---|-----|
| Abb. 10.140: | Abschnitt 12; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr..... | 212 |
| Abb. 10.141: | Abschnitt 12; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr..... | 212 |
| Abb. 10.142: | Abschnitt 12; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr..... | 213 |
| Abb. 10.143: | Abschnitt 12; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr..... | 213 |
| Abb. 10.144: | Abschnitt 12; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr..... | 214 |
| Abb. 10.145: | Abschnitt 12; Minimum, Maximum u. Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 214 |
| Abb. 10.146: | Abschnitt 12; Minimum, Maximum u. Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 215 |
| Abb. 10.147: | Abschnitt 12; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr | 215 |
| Abb. 10.148: | Abschnitt 12; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr | 216 |
| Abb. 10.149: | Geschwindigkeitsmittelwerte der Wochen im Baustellenbereich; Hauptverkehrszeit..... | 224 |
| Abb. 10.150: | Geschwindigkeitsmittelwerte der Wochen auf Ausweichstrecken; Hauptverkehrszeit..... | 226 |
| Abb. 10.151: | Geschwindigkeitsmittelwerte der Wochen auf Zulaufstrecken; Hauptverkehrszeit..... | 227 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|------------------|---|----|
| Tab. 2.1: | Lokale und momentane Verkehrskenngrößen [eigene. Darstellung, in Anlehnung an Höfler (2006, S. 47)]..... | 8 |
| Tab. 3.1: | Bewertung der im Zeitraum 2016 – 2019 untersuchten Baustellen..... | 48 |
| Tab. 4.1: | Statistische Kennwerte der Geschwindigkeit der Rohdaten (n = 12.712.416)..... | 57 |
| Tab. 5.1: | Anzahl der Straßenkanten und Gesamtlänge je Straßenkategorie (OSM 2017).. | 62 |
| Tab. 5.2: | Abs. und rel. Anteile nach Straßenkategorie und zul. Höchstgeschw.: 23.04.-08.07. (OSM 2017) | 63 |
| Tab. 5.3: | Abs. und rel. Anteile nach Straßenkategorie und zul. Höchstgeschw.: 19.07.-14.10. (OSM 2018) | 63 |
| Tab. 5.4: | Statistische Kennwerte der Geschwindigkeiten nach Straßenkategorie und zul. Höchstgeschw.; n = 12.551.497 | 65 |
| Tab. 5.5: | Statistische Kennwerte der Geschwindigkeiten nach Straßenkategorie und zul. Höchstgeschw.; n = 12.339.603 | 67 |
| Tab. 5.6: | Reduktion der Datensätze im Zuge der Datenaufbereitung | 67 |
| Tab. 6.1: | Übersicht der Strukturveränderungen und Randbedingungen im Erhebungszeitraum | 69 |
| Tab. 6.2: | Vergleich zwischen der Ausgangslage und KW 21-41 (gesamtes Untersuchungsgebiet) mittels Mann-Whitney-U-Test..... | 71 |
| Tab. 6.3: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante (Querschnitt 1, stadtauswärts)..... | 77 |
| Tab. 6.4: | Anteil der Fahrten pro Woche und Straßenkante am Taxiaufkommen; Zeilenprozent (Querschnitt 1, stadtausw.) | 78 |
| Tab. 6.5: | Post-hoc-Test der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante (Querschnitt 1, stadtauswärts); $\alpha = 0,0024$ | 79 |
| Tab. 6.6: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante (Querschnitt 2, stadteinwärts)..... | 81 |
| Tab. 6.7: | Anteil der Fahrten pro Woche und Straßenkante am Taxiaufkommen; Zeilenprozent (Querschnitt 2, stadteinw.) | 82 |
| Tab. 6.8: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante (Querschnitt 3, stadteinwärts)..... | 84 |

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Tab. 6.9: | Anteil der Fahrten pro Woche und Straßenkante am Taxiaufkommen; Zeilenprozent (Querschnitt 3, stadteinw.) | 85 |
| Tab. 6.10: | Vergleich der Geschwindigkeitsanteile im Baustellenbereich (Chi-Quadrat-Test); 0 – 24 Uhr | 94 |
| Tab. 6.11: | Vergleich der Geschwindigkeitsanteile der Ausweichstrecken (Chi-Quadrat-Test); 6 – 22 Uhr | 99 |
| Tab. 6.12: | Vergleich der Geschwindigkeitsanteile der Zulaufstrecken (Chi-Quadrat-Test); 6 – 22 Uhr | 103 |
| Tab. 10.1: | Anzahl der Straßenkanten und Gesamtlänge je Straßenkategorie (OSM 2018) | 125 |
| Tab. 10.2: | Abs. und rel. Anteile nach Straßenkategorie und zul. Höchstgeschw.: 09.07.-18.07. (OSM 2018) | 125 |
| Tab. 10.3: | Chi-Quadrat-Test der Randsummen der Taxifahrten pro Querschnitt und Fahrtrichtung | 152 |
| Tab. 10.4: | Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstests der Taxifahrten pro Querschnitt und Fahrtrichtung | 152 |
| Tab. 10.5: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante (Querschnitt 1, stadteinwärts) | 153 |
| Tab. 10.6: | Anteil der Fahrten pro Woche und Straßenkante am Taxiaufkommen; Zeilenprozent (Querschnitt 1, stadteinw.) | 154 |
| Tab. 10.7: | Post-hoc-Test der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante (Querschnitt 1, stadteinwärts); $\alpha = 0,0033$ | 154 |
| Tab. 10.8: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante (Querschnitt 2, stadtauswärts) | 155 |
| Tab. 10.9: | Anteil der Fahrten pro Woche und Straßenkante am Taxiaufkommen; Zeilenprozent (Querschnitt 2, stadtausw.) | 156 |
| Tab. 10.10: | Post-hoc-Test der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante (Querschnitt 2, stadtauswärts); $\alpha = 0,0028$ | 156 |
| Tab. 10.11: | Post-hoc-Test der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante (Querschnitt 2, stadteinwärts); $\alpha = 0,0028$ | 157 |
| Tab. 10.12: | Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante (Querschnitt 3, stadtauswärts) | 157 |
| Tab. 10.13: | Anteil der Fahrten pro Woche und Straßenkante am Taxiaufkommen; Zeilenprozent (Querschnitt 3, stadtausw.) | 158 |
| Tab. 10.14: | Post-hoc-Test der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante (Querschnitt 3, stadtauswärts); $\alpha = 0,0042$ | 158 |
| Tab. 10.15: | Post-hoc-Test der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante (Querschnitt 3, stadteinwärts); $\alpha = 0,0033$ | 159 |
| Tab. 10.16: | Vergleich der Geschwindigkeitsanteile im Baustellenbereich (Chi-Quadrat-Test); 6 – 22 Uhr | 217 |
| Tab. 10.17: | Vergleich der Geschwindigkeitsanteile der Ausweichstrecken (Chi-Quadrat-Test); 0 – 24 Uhr | 217 |
| Tab. 10.18: | Vergleich der Geschwindigkeitsanteile der Zulaufstrecken (Chi-Quadrat-Test); 0 – 24 Uhr | 217 |
| Tab. 10.19: | Geschwindigkeitsanalyse (gruppiert); Kruskal-Wallis-Test; $\alpha = 0,05$ | 218 |
| Tab. 10.20: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten im Baustellenbereich (gruppiert; Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0167$ | 218 |
| Tab. 10.21: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten im Baustellenbereich (gruppiert; Hauptverkehrszeit); U-Test; $\alpha = 0,0167$ | 218 |
| Tab. 10.22: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten auf Ausweichstrecken (gruppiert; Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0167$ | 219 |
| Tab. 10.23: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten auf Ausweichstrecken (gruppiert; Hauptverkehrszeit); U-Test; $\alpha = 0,0167$ | 219 |
| Tab. 10.24: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten auf Zulaufstrecken (gruppiert; Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0167$ | 219 |

| | | |
|--------------------|---|-----|
| Tab. 10.25: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten auf Zulaufstrecken (gruppiert; Hauptverkehrszeit); U-Test; $\alpha = 0,0167$ | 220 |
| Tab. 10.26: | Geschwindigkeitsanalyse (Bauphase); Kruskal-Wallis-Test; $\alpha = 0,05$ | 220 |
| Tab. 10.27: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten in Abschnitt 1 (Bauphase; Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0033$ | 221 |
| Tab. 10.28: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten in Abschnitt 1 (Bauphase; Hauptverkehrszeit); U-Test; $\alpha = 0,0033$ | 221 |
| Tab. 10.29: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten in Abschnitt 2 (Bauphase; Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0033$ | 222 |
| Tab. 10.30: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten in Abschnitt 2 (Bauphase; Hauptverkehrszeit); U-Test; $\alpha = 0,0033$ | 222 |
| Tab. 10.31: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten in Abschnitt 5 (Bauphase; Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0033$ | 223 |
| Tab. 10.32: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten in Abschnitt 9 (Bauphase; Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0033$ | 223 |
| Tab. 10.33: | Geschwindigkeitsanalyse (Auswertungszeitraum); Kruskal-Wallis-Test; $\alpha = 0,05$ | 224 |
| Tab. 10.34: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeitsanalyse im Baustellenbereich (Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0033$ | 225 |
| Tab. 10.35: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeitsanalyse im Baustellenbereich (Hauptverkehrszeit); U-Test; $\alpha = 0,0033$ | 225 |
| Tab. 10.36: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeitsanalyse auf Ausweichstrecken (Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0033$ | 226 |
| Tab. 10.37: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeitsanalyse auf Ausweichstrecken (Hauptverkehrszeit); U-Test; $\alpha = 0,0033$ | 227 |
| Tab. 10.38: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeitsanalyse auf Zulaufstrecken (Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0033$ | 228 |
| Tab. 10.39: | Post-hoc-Test: Geschwindigkeitsanalyse auf Zulaufstrecken (Hauptverkehrszeit); U-Test; $\alpha = 0,0033$ | 228 |

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Im 20. Jahrhundert nach dem Zweiten Weltkrieg wurde der Personenkraftwagen (PKW) als Inbegriff der persönlichen Freiheit zu dem wichtigsten Verkehrsmittel der Menschen. Durch die damit verbundene Massenmotorisierung in Europa wurden dem Auto große Verkehrsflächen – die einst als öffentlicher Raum dienten – zur Verfügung gestellt, wobei in Österreich auf jedes Kraftfahrzeug ca. 340 m² Verkehrsfläche entfallen. Dies wirkte sich auf das Erscheinungsbild der Städte aus, wodurch in weiterer Folge die Bewegungsfreiräume für Fußgänger reduziert wurden (vgl. Knoflacher 2007, S. 69ff.). Der mittlerweile beginnende Umdenkprozess, dem motorisierten Individualverkehr den öffentlichen Raum nicht mehr in großen Anteilen zuzuordnen, und die damit einhergehende Veränderung der Strukturen (z. B. die Umgestaltung der Mariahilfer Straße in eine Fußgänger- bzw. Begegnungszone) führt jedoch immer wieder zu heftigen Diskussionen. Die dabei auftretenden Einwände beziehen sich meist auf die Kapazitätsreduktion, die zu unhaltbaren Verkehrszuständen für Autofahrer mit sich bringen würden. Diese Reduktion der Fahrstreifen führt auch bei temporär auftretenden Baustellen zu scharfer Kritik, da Autofahrerklubs und andere Interessenvertretungen oft kilometerlange Staus und „Verkehrschaos“ (vgl. WKO 2019b) prognostizieren, wie zum Beispiel bei der Errichtung eines Radweges auf der Linken Wienzeile im Jahr 2019. Auf politischer Ebene werden solche Prognosen vielmals, wie in diesem konkreten Beispiel, dazu benutzt, die Maßnahmen als „Autofahrerschikane“ oder als „der pure Wahnsinn“ (vgl. FPÖ Wien 2019) zu dramatisieren.

Wissenschaftlich „untermauert“ werden diese Thesen meist durch Verkehrsmodelle, wie zum Beispiel die Software VISUM, die auf dem 4-Stufen Modell¹ aus den 1960ern beruhen. Sie stützen sich dabei auf die angebotsseitigen Änderungen, zum Beispiel die Anzahl der Fahrten, und gehen davon aus, dass die Nachfrage uneingeschränkt besteht. Dabei werden weiters die Annahmen getroffen, damit das System immer im Gleichgewicht steht und der Mensch durch rationale Abwägung der generalisierten Kosten (monetär als auch zeitlich) das günstigste Verkehrsmittel wählt. Dies führt dazu, dass nur die Zuordnung von Fahrten einer bereits vorab bestimmten Quell-Ziel-Matrix und einem Modus berechnet wird. Verhaltensmuster und die Anpassungsfähigkeit der Menschen unter veränderten Bedingungen (z. B. eine baustellenbedingte Sperre oder Reduktion der Kapazität) können nicht abgebildet werden. Für die Anpassungsfähigkeit der Menschen entscheidend ist die Information zu drei verschiedenen Zeitpunkten. Höchste Relevanz wird den Informationen vor einer Fahrt attestiert, die zu den Entscheidungen führen, ob und wann die Fahrt durchgeführt wird, sowie welches Verkehrsmittel dafür gewählt wird. Während der Fahrt selbst gewinnt die Person Informationen über die Verhältnisse und wählt die Route bzw. Verbindung. Im Anschluss stellt sich die Frage, ob bei der Qualität und der Dauer der Fahrt Optimierungspotential besteht. Aufgrund der daraus gewonnen Informationen kann eine mögliche Verschiebung des Modal Splits, die Veränderung des Reiseziels, eine Reduktion der Frequenz, eine Zusammenlegung mehrerer Wegezwecke mit nur einer Fahrt, Car-Sharing oder eine Vermeidung von Fahrten beobachtet werden, die durch heutige Verkehrsmodelle nicht berücksichtigt werden kann (vgl. Cairns et al. 2002, S. 19; Mayerthaler et al. 2010, S. 22ff.).

Erste Beobachtungen zu vorhergesagten, aber nicht aufgetretenen Staus konnten 1976 bei dem Einsturz der Reichsbrücke in Wien gemacht werden. Durch den Engpass im Donauquerschnitt kam es zu keinem Verkehrschaos, da der Besetzungsgrad binnen einer Woche von 1,21 auf

¹ Bei einem 4-Stufen Modell handelt es sich um ein quantitatives Verkehrsmodell, das den heutigen Stand der Technik darstellt. Es beinhaltet die Verkehrserzeugung (Berücksichtigung der sozio-demographischen Charakteristik und der Flächennutzung), die Verkehrsverteilung (Miteinbeziehung der Zielattraktivität), die Verkehrsaufteilung (Wahl des Verkehrsmittels) und die Verkehrsumlegung (Wahl der möglichen Routen) (vgl. Pfaffenbichler 2019, S. 7).

1,72 Pers./PKW gesteigert und sich der Stau auf den übrigen Brücken nach kurzer Zeit auf das vorherige Maß reduzierte. Nach Wiedererrichtung der Reichsbrücke fiel er jedoch wieder auf 1,2 Pers./PKW ab (vgl. Knoflacher 2007, S. 164).

Ähnliche Ergebnisse zeigten sich bei der Auswertung einer 23 Tage langen Sperre der Ringstraße im Zuge der UEFA-EURO 2008. Die Staus wurden mit dem Programm VISUM prognostiziert, da die Anzahl der Fahrten im Modell gleichblieb und es so zu reinen Verlagerungen auf die Ausweichrouten kam. Erhebungen zeigten nahezu keine Staus, sondern eine leichte Reduktion des motorisierten Individualverkehrs an Werktagen und Fahrgastrekorde bei dem städtischen Verkehrsbetrieb „Wiener Linien“ (vgl. Frey et al. 2011, 81ff.).

Knoflacher (2007, 187ff.) konnte bei der Beobachtung über drei Monate auf der B14 nachweisen, dass bei einer Strukturänderung, die eine Reduktion der Kapazität des Durchflusses um 40 % zur Folge hatte, jedoch keine Ausweichroute zur Verfügung stand, überdurchschnittliche Staus binnen einer Woche verschwunden waren. Es herrschte innerhalb weniger Tage ein neuer Gleichgewichtszustand und der verbliebene Stau ging auf das Ausgangsmaß zurück. Er wird als der „sozial akzeptierbare Stau“ (vgl. Knoflacher 2007, S. 187) bezeichnet. Nach dem Wochenende konnten wieder längere Staus beobachtet werden, die sich im Laufe der Woche erneut reduzierten. Der langfristige Trend zeigte, dass die vollständige Anpassung an die veränderte Situation nach ca. einem Monat vollzogen war.

In weiterer Folge konnte gezeigt werden, dass die Intensität der Reizung durch den Stau, ebenso wie die Stauzeiten, zurückgingen (exponentielle Abnahme) und die Autofahrer aufgrund ihres intelligenten Handelns rasch eine Anpassung an die Strukturveränderung vollziehen konnten (vgl. Knoflacher 2007, S. 187ff.). Besonders kurze Anpassungszeiträume können in Abschnitten beobachtet werden, wo regelmäßige Fahrten von der gleichen Population (z. B. Pendler) stattfinden. Für die Unterstützung zur schnelleren Änderung des Verhaltens bei weniger regelmäßigen Fahrten können Informationssysteme eingesetzt werden, die auf die veränderten Strukturen bereits vorab hinweisen. Dies führt dazu, dass prognostizierte Staus meist nicht in der vorhergesagten Intensität auftreten und die innere Elastizität des motorisierten Individualverkehrs genutzt werden kann (vgl. Knoflacher 2007, S. 162ff.).

1.2 Forschungsfragen

Die in Kapitel 1.1 vorgestellten Beobachtungen zeigen, dass Staus, die von Verkehrsmodellen vorhergesagt werden, einerseits nicht oder nur in stark reduziertem Ausmaß auftreten, andererseits bereits nach sehr kurzer Zeit nach der Veränderung der Verkehrsstruktur abnehmen und sich ein neuer Gleichgewichtszustand einstellt (vgl. Mayerthaler et al. 2010, S. 24). Dies legt die Vermutung nahe, dass innerstädtische Straßennetze eine hohe Elastizität ausweisen und der motorisierte Individualverkehr neuen Bedingungen gegenüber sehr anpassungsfähig ist (vgl. Mayerthaler et al. 2010, S. 30).

Im Zuge dieser Arbeit sollen die beiden Phänomene präzisiert und genauer quantifiziert werden. Anhand von Floating-Car-Daten, die vom Austrian Institute of Technology (AIT) zur Verfügung gestellt werden, soll die Wirkung von Baustellen auf den städtischen Straßenverkehr ausgewertet werden. Für diese Untersuchung soll beispielhaft die Taxiflotte in Wien als „Indikator-Flotte“ dienen. Im Fokus der Ausarbeitung liegen dabei

- die Auswirkungen von Baustellen auf den Straßenverkehr in ihrer Umgebung,
- die mögliche reine Verlagerung von Fahrten in das umliegende Netz (eins zu eins),
- das Verhalten von Fahrtrouten,
- die über den Zeitverlauf auftretenden Entwicklungen,
- und die Lernfähigkeit des Verkehrsteilnehmer-Kollektivs.

Zu beachten gilt es dabei, dass die Taxiflotte nicht als repräsentativer Querschnitt des motorisierten Individualverkehrs angesehen werden kann, da kein festes Verhältnis zueinander vorliegt. Dies kann durch ein Beispiel verdeutlicht werden. Der Taxianteil ist auf einer Pendlerroute in der Hauptverkehrszeit deutlich niedriger als in der Tagesrandlage, da in jener der Großteil des Verkehrsaufkommens durch Pendler generiert wird.

1.3 Aufbau der Arbeit

Zu Beginn wird im Kapitel 2 eine Literaturrecherche durchgeführt, die die Grundlagen der Verkehrsdaten erörtert. Sie gibt einen Überblick über die Erhebungsmethoden zur Verkehrsnachfrage, wobei auf herkömmliche verkehrstechnische Erhebungen wie Zählungen und auf verkehrsverhaltensbezogene Erhebungen nur in geringem Maß eingegangen wird. Anschließend erfolgt eine vertiefte Erörterung der technisch gestützten Erfassungsmethoden, wodurch eine Abgrenzung der jeweils zur Verfügung stehenden Verkehrskenngrößen vollzogen wird und diese definiert werden. Darüber hinaus werden die Datenqualität und mögliche Einflussfaktoren der verkehrstechnischen Erfassungsmethoden diskutiert, um mögliche Fehlerquellen und die Grenzen der jeweiligen Methode vorab bestimmen zu können. Die in diesem Abschnitt gewonnenen Erkenntnisse können in späteren Kapiteln für die Erarbeitung der herangezogenen Auswertungskriterien und die methodische Vorgehensweise bei der Datenanalyse eingesetzt werden.

Anschließend befasst sich das Kapitel 3 mit Auswahlkriterien für eine zu untersuchende Baustelle, die möglichst geringe zusätzliche Einflussfaktoren ausweist, um die in Kapitel 1.2 erarbeiteten Forschungsfragen mit einem hohen Detaillierungsgrad beantworten zu können. Darauf folgend wird eine Auswertung (Dauer, Örtlichkeit, etc.) zu historischen Baustellen in Wien im Zeitraum von 2016 bis 2019 durchgeführt, wobei der Fokus auf Großbaustellen gelegt wird, um möglichst starke und länger andauernde Beeinträchtigungen für den motorisierten Individualverkehr beobachten und eine mögliche Signifikanz der Ergebnisse nachweisen zu können. Die recherchierten Baustellen werden im Anschluss nach vorher festgelegten Kriterien bewertet und eine Baustelle für den empirischen Teil der Arbeit zur Untersuchung ausgewählt.

Das Kapitel 4 führt die vorangegangenen Kapitel zusammen, um für die empirische Untersuchung sowohl die zeitliche und räumliche Abgrenzung als auch die Kenngrößen für die Auswertung festzulegen. In weiterer Folge werden die vorliegenden Rohdaten des Austrian Institute of Technology gesichtet und analysiert sowie die Datenstruktur erörtert. So können Anwendungsgrenzen aufgezeigt und erforderlichen Schritte für die Datenaufbereitung bestimmt werden, mit der sich das Kapitel 5 befasst. Diese wird sowohl für die Floating-Car-Rohdaten als auch für die darüber hinaus erforderlichen Daten, wie die dem Map-Matching zu Grunde liegende OpenStreetMap, durchgeführt. Durch die vorab bestimmten, zu analysierenden Kenngrößen kann eine dahingehende Datenaufbereitung umgesetzt werden, die ein zweistufiges Verfahren beinhaltet.

Kapitel 6 thematisiert die Ergebnisse der Auswertung der Floating-Car-Daten, die verschiedene Aggregierungsgrade und Kenngrößen beinhaltet. Darauf Bezug nehmend führt Kapitel 7 die generierten Erkenntnisse der verschiedenen Ergebnisse zusammen, sodass Schlussfolgerungen gezogen werden können und bietet einen Ausblick auf zukünftige Untersuchungen.

Dem Anhang können im Kapitel 10.1 weitere Grafiken zur Rohdatenanalyse entnommen werden; Kapitel 10.2 beinhaltet Auswertungen, die der Datenaufbereitung dienen. Weiters enthalten die folgenden beiden Kapitel Grafiken und Tabellen, die zur Analyse der Ergebnisse herangezogen werden; die Gliederung erfolgt dabei analog zu jener in Kapitel 6. Kapitel 10.3 umfasst einerseits die Veränderungen der Anzahl der Fahrten zur Ausgangslage sowie daraus resultierend die beobachteten Ausweichrouten und statistische Auswertungen der untersuchten Querschnitte. Kapitel 10.4 zeigt die Auswahl der analysierten Straßenkanten bzw. Abbildungen zu Geschwindigkeitsanteilen sowie -ganglinien selbiger, ehe die durchgeführten inferenzstatistischen Analysen dargelegt werden.

2 Theoretische Grundlagen der Verkehrsdaten

In diesem Kapitel sollen die theoretischen Grundlagen der Verkehrsdaten erörtert werden. Zu Beginn wird kurz auf die allgemeinen Erhebungsmethoden eingegangen, um sie in weiterer Folge für den entsprechenden Anwendungsfall der Arbeit zur Beschreibung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) zu spezifizieren und die Erfassungsmethoden genauer zu erläutern. Es werden die erforderlichen Begriffsbestimmungen durchgeführt, Kenngrößen definiert und die jeweiligen Anwendungsgrenzen beschrieben. Dadurch wird dargestellt, welche Informationen aus den gegebenen Daten dieser Arbeit gewonnen werden können und deren Grenzen aufgezeigt.

2.1 Erhebungsmethoden zur Verkehrsnachfrage

Verkehrserhebungsmethoden beinhalten ein weites Spektrum an möglichen Beschreibungen des Verkehrs. Dabei kann zwischen der reinen Erfassung des Verkehrsgeschehens mittels einer verkehrstechnischen Erhebung und der Untersuchung der Verkehrsentstehung durch Analyse des Verkehrsverhaltens unterschieden werden.

Durch die Vielzahl an Erhebungsmethoden müssen vorab die Untersuchungsziele definiert und die Rahmenbedingungen klargestellt werden. Nur bei bekanntem Informationsbedarf sowie räumlicher und ökonomischer Abgrenzung kann eine geeignete Methodik festgelegt werden. Dabei sind die Gründe und Ziele der Erhebung, die zu erfassenden primären Erhebungsmerkmale, die Aussagegenauigkeit und die bereits vorab bekannten Erfahrungen aus vorangegangenen Erhebungen mitzuberücksichtigen. Folgende Erhebungsmethoden werden dabei unterschieden (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 80ff.):

- Verkehrstechnische Erhebungen
 - * Zählung
 - Objektzählung:

Bei dieser Art von Zählung werden alle Personen und/oder Fahrzeuge erfasst, die sich in einem zeitlich und räumlich begrenzten Untersuchungsgebiet aufhalten (z. B.: Zählung parkender Autos) (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 80ff.).
 - Querschnittszählung:

Alle Personen und/oder Fahrzeuge, die während eines bestimmten Zeitintervalls einen Zählquerschnitt passieren, werden erfasst. Dabei kann eine weitere Unterscheidung zwischen manueller (händischer) und automatischer Erfassung getroffen werden (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 80ff.).

Die Auswahl der Erhebungsdauer ist stark davon abhängig, welches Untersuchungsziel bzw. welche Verkehrscharakteristik erfasst werden soll. Dabei können Tagesganglinien (für die Beschreibung der Tagesbelastung), Spitzenbelastungen oder Sonderbelastungen erfasst werden. Davon abhängig ist die Entscheidung, ob die Zählung händisch oder mit Zählgeräten durchgeführt wird. Des Weiteren kann zwischen Kurz- und Langzeitzählungen in Abhängigkeit von der zu erfassenden Verkehrscharakteristik unterschieden werden. Durch die Fragestellung oder bekannte Hochrechnungsfaktoren (durch Informationen aus vorangegangenen Langzeitzählungen) kann es adäquat sein, die Zählstunden auf wenige Stunden zu reduzieren (minimal: 2 Stunden), wohingegen eine Langzeitzählungen einen ganzen Tag umfasst. Erfasst werden dabei das

Tageszeitintervall, die Fahrzeugart, die Richtung und der Fahrstreifen. Darüber hinaus kann zusätzlich der Besetzungsgrad festgestellt werden. Die Zeitabschnitte der Erfassung werden in einem Intervall zwischen 5 und 30 Minuten gewählt, wobei das 15-Minuten-Intervall das üblichste ist (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 86ff.).

Bei der Erhebungsmethode wird zwischen einer manuellen Querschnittszählung und einer Verkehrszählanlage unterschieden. Erstere Methode wird angewendet, wenn an mehreren Querschnitten gleichzeitig gezählt werden soll oder ein Einsatz von Zählanlagen wirtschaftlich nicht vertreten werden kann. Unterstützt wird der Erheber durch Zählformulare oder durch ein Handzählgerät, welches eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Zählung zur Folge hat. Alternativ dazu können Zählanlagen für automatische Querschnittszählungen eingesetzt werden, die aus einem Impulsgeber und einem Registriergerät bestehen. Dabei werden Fahrtrichtung, Fahrstreifen und die Fahrzeugart bestimmt (vgl. Kapitel 2.3.4). Die Zählstellen sind für eine Beurteilung der langfristigen Verkehrsentwicklung, die Ableitung von Hochrechnungsfaktoren und die Ermittlung von aktuellen Verkehrsdaten für die Verkehrsbeeinflussung erforderlich. Üblicher Weise werden Dauerzählstellen eingerichtet, wobei auch transportable Verkehrszählanlagen (z. B. Seitenradargeräte) für längere Erhebungsdauern eingerichtet werden können (vgl. FGSV 2012, S. 35; Steierwald et al. 2005, S. 86ff.).

In Österreich wird diese Erhebungsart seit 1955 für den motorisierten Individualverkehr alle fünf Jahre im Bundesstraßennetz angewendet. In Wien werden seit 1975 auch alle bevorzugten Gemeindestraßen miterhoben. Seit 2010 werden in Wien neben der üblichen manuellen Querschnittszählung auch automatische Zählgeräte eingesetzt (vgl. Stadt Wien 2020).

* Stromerhebung

In Abhängigkeit von der Zielsetzung der Untersuchung wird zwischen klein- bzw. großräumiger Stromerhebung unterschieden, wobei die Bewegungsrichtungen einzelner Verkehrsströme punktuell oder netzweit erfasst werden.

- Kleinräumige Stromerhebung (auch Knotenpunktserhebung):
Für jede Geh- oder Fahrtrichtung werden getrennte Querschnittszählungen durchgeführt, sodass alle Verkehrsströme der Zufahrten fahrtrichtungsgenau ermittelt werden und Aussagen über die Verteilung der Ströme möglich sind. Dies ist nur bei überschaubarem Verkehrsablauf, wie zum Beispiel bei niveaugleichen Knotenpunkten, möglich. Der Einsatz von Verkehrszählanlagen ist ausschließlich dann möglich, wenn jede Fahrtrichtung einzeln erfasst werden kann (vgl. FGSV 2012, S. 13; Steierwald et al. 2005, S. 83, 88).
- Großräumige Stromerhebung (auch Zählung von Fahrzeugen im Netz):
Bei größeren Untersuchungsgebieten wird auf die Methode der Kennzeichenerfassung zurückgegriffen, um die Verteilung des Fahrzeugverkehrs zu ermitteln. Üblicherweise wird diese Erfassungsmethode mit einer Kordonzählung² durchgeführt. Dabei werden alle zu- und ausströmenden Verkehre der relevanten Straßenzüge innerhalb des Untersuchungsgebiets erfasst. So können Ziel-, Quell- und Durchgangsverkehr innerhalb eines Netzes bestimmt werden. Informationen zur Routenwahl können nicht abgeleitet werden, sondern müssen durch zusätzliche Erfassung an wichtigen Knotenpunkten des Kordons gewonnen werden. Neben

² Eine Kordonzählung ist eine Verkehrszählung „an der Grenzen der vorher definierten Verkehrszellen des Untersuchungsgebiets“ (vgl. Schopf 2015, S. 15-3).

der händischen Erfassung der Kennzeichen können neue Methoden wie videobasierte Verkehrserfassungssysteme eingesetzt werden, um höhere Verkehrsstärken untersuchen zu können (vgl. FGSV 2012, S. 13; Steierwald et al. 2005, S. 83, 88).

* Neue Technologien

Durch technologische Weiterentwicklungen im Bereich der Mikrotechnologie (unter anderem der Mikroprozessoren) und der Verkehrstelematik (vor allem Global Positioning System; vgl. Kapitel 2.2.1.1), wurde die Möglichkeit geschaffen, neue Technologien für die Erfassung von Verkehrsdaten zu nutzen und mittels Geographischer Informations-Systemen (GIS) auszuwerten (vgl. Listl 2003, S. 2; Steierwald et al. 2005, S. 88f.).

○ Floating-Car-Verfahren:

Das Verfahren sieht vor, dass sich einzelne Fahrzeuge im Verkehrsfluss mitbewegen sollen, um aufgrund der Fahrprofile Rückschlüsse auf die aktuelle Verkehrssituation zu ziehen. Ihr Einsatzgebiet umfasst dabei die Verkehrslagebestimmung, die Verkehrsprognose und die Störfallerkennung (vgl. Listl 2003, S. 2).

○ Videobildverarbeitung:

Mit Hilfe von Sensoren sollen Bilddaten analysiert und digitalisiert werden. Durch die Erkennung von Objekten kann ein Streckenabschnitt über die Zeit beobachtet werden, wodurch sowohl querschnitts- als auch streckenbezogene Verkehrskenngrößen erfasst werden. Einsatzbereiche sind die Steuerung und Überwachung von Verkehrsanlagen sowie die Störfallerkennung (z. B. im Tunnel) in Echtzeit (vgl. Listl 2003, S. 2; Steierwald et al. 2005, S. 88f.).

● Verkehrsverhaltensbezogene Erhebungen

* Beobachtung:

Diese Erhebungsform lässt sich durch die Beobachtung „von außen“ kennzeichnen, bei der es zu keiner Interaktion zwischen dem Erheber und der untersuchten Einheit kommt (vgl. Bundesanstalt für Straßenwesen 2010, S. 20).

Sie dient der Beschreibung äußerer Merkmale und soll Verhaltensweisen der am Verkehr teilnehmenden Personen festhalten. Die für Verkehrsaktivitäten verantwortlichen Hintergründe werden dabei nicht berücksichtigt. Als technische Unterstützung können Video-Aufzeichnungen erfolgen (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 80ff.).

* Befragung:

Befragungen ermöglichen sowohl die Beschreibung der Verkehrsaktivitäten, als auch der Verhaltenshintergründe auf Basis der realen zeitlichen, räumlichen und soziodemographischen Bezüge. Sie werden stichprobenartig durchgeführt und anschließend anhand von Querschnittszählungen hochgerechnet (vgl. Schopf 2015, S. 15-3; Steierwald et al. 2005, S. 80ff.).

○ Befragung im Verkehrsnetz:

Die Befragung wird an spezifisch ausgewählten Punkten im Verkehrsnetz oder im öffentlichen Personennahverkehr durchgeführt, um Quell-Ziel-Relationen und den Wegezweck unter Berücksichtigung des soziodemographischen Bezugs zu erheben (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 80ff.).

- Befragung im Haushalt:
Bei dieser Art von Befragung werden mittels standardisierter Fragebögen die außerhäusigen Verkehrsaktivitäten von Personen oder Haushalten erhoben. Die Teilnehmer werden durch eine repräsentative Stichprobenermittlung ausgewählt und können persönlich, telefonisch oder schriftlich befragt werden. Bei dieser Art von Erhebung können mehr Parameter als bei einer Befragung im Verkehrsnetz ermittelt werden (vgl. Schopf 2015, S. 15-3; Steierwald et al. 2005, S. 80ff.).
- Befragung am Aktivitätsort:
Diese Art von Befragung wird ebenfalls mit standardisierten Fragebögen durchgeführt; mögliche Orte dafür sind zum Beispiel Parkplätze von Freizeitanlagen. Dabei sollen außerhäusige Verkehrsaktivitäten unter Miterhebung des soziodemographischen Bezugs erforscht werden (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 80ff.).
- Befragung im Betrieb oder Unternehmen:
Diese Befragungsart dient der Erhebung des Wirtschafts- oder Besucherverkehrs, sowie des Pendlerverkehrs. Für den Wirtschaftsverkehr ist aufgrund der Komplexität häufig nur eine ausschnittshafte Erhebung möglich (vgl. FGSV 2012, S. 13).

Verkehrstechnische Erhebungen und Befragungen im Verkehrsnetz kommen in Fällen geringerer Komplexität zum Einsatz, wenn Aussagen über die Zusammensetzung und Verteilung der Verkehrsmengen ausreichen (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 86ff.).

Da im Zuge dieser Diplomarbeit weder Beobachtungen vor Ort noch Befragungen durchgeführt werden, wird auf die verkehrstechnischen Erfassungsmethoden detaillierter eingegangen.

2.2 Verkehrskenngrößen

Im Kapitel 2.1 wurden Methoden beschrieben, wie Verkehrsdaten erhoben werden können. In weiterer Folge sollen nun Kenngrößen für die Charakterisierung des Verkehrs definiert und der Zusammenhang zueinander hergestellt werden, wobei im Speziellen auf die verkehrstechnischen Erhebungen eingegangen werden soll, die sich in weiterer Folge für die Untersuchung als relevant erweisen werden.

Verkehr im Allgemeinen ist als Ortveränderung von Personen, Gütern oder Nachrichten definiert. Verkehrsablauf hingegen sind die dafür erforderlichen Bewegungsvorgänge wie Beschleunigen oder Bremsen. Im Straßenverkehr können die Verkehrsteilnehmer einerseits teilweise frei agieren, andererseits müssen sie aufeinander und auf die Umgebung Rücksicht nehmen, sodass verschiedene Verkehrsmuster, wie zum Beispiel gleichmäßiger Verkehr, zwischen mehreren Fahrzeugen festgestellt werden können (vgl. FGSV 2005, S. 5).

Essenziell im Verkehrsablauf ist die Unterscheidung zwischen **lokalen und momentanen Verkehrskenngrößen** (vgl. **Tab. 2.1**). Durch lokale Beobachtung werden alle Fahrzeuge innerhalb eines Messquerschnitts über ein Zeitintervall T erfasst. In einer Betrachtung des Weg-Zeit-Diagramms wird der Messquerschnitt als Parallele zur Zeitachse abbildbar. Die momentane Beobachtung erfasst hingegen alle Fahrzeuge innerhalb eines Streckenabschnitts X und zu einem festgelegten Zeitpunkt. Dabei wird der Streckenabschnitt in einem Weg-Zeit-Diagramm parallel zur Wegachse erkennbar. Die Erfassung in einem infinitesimalen Weg- oder Zeitintervall stellt sich in der Praxis als schwierig dar (vgl. Kapitel 2.2), weshalb Daten über kurze Abschnitte erfasst werden (vgl. **Abb. 2.1**). Diese werden als quasi-lokale Messung für sehr kurze Wegabschnitte (ΔX) bzw. als quasi-momentane Messung für sehr kurze Zeitabschnitte (ΔT) bezeichnet (vgl. Höfler 2006, S. 48ff.).

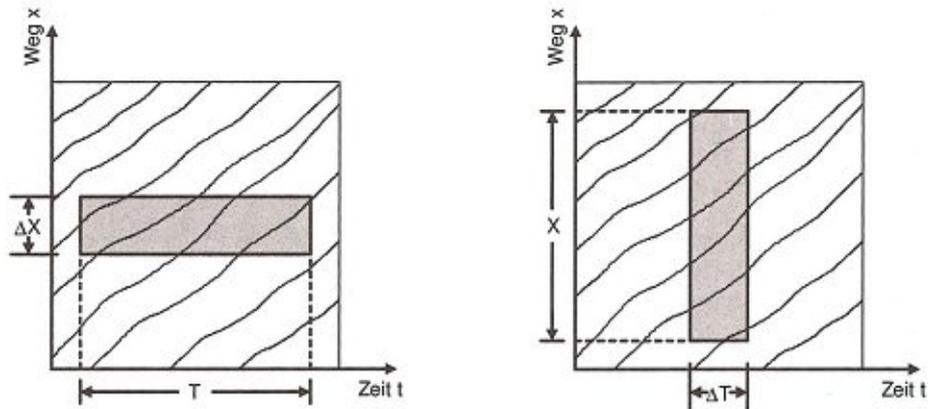


Abb. 2.1: Quasi-lokale Messung vs. quasi-momentane Messung (vgl. Höfler 2006, S. 50)

Abhängig von den Erfassungsmethoden können aufgrund der räumlichen und zeitlichen Definition unterschiedliche Verkehrskenngrößen erfasst werden, die in **Tab. 2.1** zusammengefasst sind. Detaillierte Beschreibungen und Definitionen der einzelnen Größen erfolgen in den folgenden Unterkapiteln.

| lokale Verkehrskenngrößen | momentane Verkehrskenngrößen |
|---------------------------|------------------------------|
| Verkehrsstärke | Verkehrsdichte |
| Zeitlücken | Raumlücken |
| lokale Geschwindigkeit | momentane Geschwindigkeit |

Tab. 2.1: Lokale und momentane Verkehrskenngrößen [eigene Darstellung, in Anlehnung an Höfler (2006, S. 47)]

Eine weitere Unterscheidung ist zwischen **mikroskopischer** und **makroskopischer Erfassung** einzuführen. Wie bereits in Kapitel 2.3.4 angemerkt, werden empirisch ermittelte Einzelfahrzeugdaten (mikroskopische Daten), aus denen Geschwindigkeiten einzelner Fahrzeuge, Zeit- und Raumlücken bestimmt werden können, durch Aggregation (vgl. Kapitel 2.4) zu mittlerer Geschwindigkeit, Verkehrsstärke und Verkehrsdichte zusammengefasst (makroskopische Daten). Hierbei ist auf ein geeignetes Bezugsintervall (üblicher Weise liegt es zwischen 20 Sekunden und 5 Minuten) zu achten, um die gewünschte Aussagefähigkeit über die Verkehrsdaten zu erhalten. Durch zu hohe Aggregation wird ein stark gemittelter Verkehrszustand dargestellt, wodurch kurzzeitige und dynamische Effekte verloren gehen können und signifikante Änderungen im Verkehrsablauf nicht erkannt werden. Bei Betrachtung kürzerer Zeitintervalle (niedrigere Aggregation), kann die Verkehrsdynamik zwar besser abgebildet werden, jedoch ist die statistische Aussagefähigkeit gering. Zu beachten ist jedoch, dass nach Erreichen eines Optimums der Aggregation die Schärfe der Aussage wieder abnimmt (vgl. Fenzl 2010, S. 21f.; Listl 2003, S. 15; Treiber und Kesting 2010, S. 15).

2.2.1 Fahrzeugposition

Die Bestimmung der Fahrzeugposition ist besonders für Einzelfahrzeugdaten (z. B. Floating-Car-Daten) relevant, um die ermittelten verkehrlichen Kenngrößen nutzen zu können. Die Positionsdaten bestehen aus einem Koordinatenpaar, innerhalb des geodätischen Bezugssystems (vgl. Listl 2003, S. 10).

2.2.1.1 Satellitengestützte Standortbestimmung

Für die Erfassung von Einzelfahrzeugdaten werden Systeme herangezogen, die eine satellitengestützte Standortbestimmung ermöglichen. Vollständig einsatzfähig sind dabei die Systeme NAVSTAR/GPS (kurz GPS), GLONASS³, Galileo⁴ und BeiDou⁵, die als globale Navigationssatellitensysteme (Global Navigation Satellite System, GNSS) subsumiert werden (vgl. Lange 2020, S. 195f.). Den höchsten Bekanntheitsgrad weist das 1995 in Betrieb genommene Global Positioning System (GPS) aus den USA auf. Es ermöglicht eine weltweite Positionsbestimmung, die mittels 25 bis 30 permanent kreisenden Navigationssatelliten auf sechs verschiedenen Umlaufbahnen realisiert wird. Die Satelliten senden kontinuierlich ihre aktuelle Position und die Uhrzeit, die auf dem Erdboden durch einen GPS-Empfänger aufgefangen wird. Aufgrund der unterschiedlichen Laufzeiten von mindestens vier Satellitensignalen ist eine eindeutige Positionsbestimmung möglich. Jedoch kann dabei unter normalen Bedingungen lediglich eine Ortungsgenauigkeit von 10 bis 20 Metern erzielt werden (vgl. Kapitel 2.4.2), sodass eine Aufbereitung der Rohdaten vollzogen werden muss (vgl. Neumann 2011, S. 74f.).

2.2.1.2 Map-Matching

Für die Aufbereitung der Daten wird dabei das sogenannte Map-Matching genutzt. Dabei sollen die GPS-Daten (einzelne Koordinatenpunkte) mithilfe von Algorithmen mit dem zugrundeliegenden Straßennetz verknüpft werden. Dies ist für die weitere Verwendung der Daten unter anderem für die Bestimmung des Abstands zwischen den erfassten Geokoordinaten erforderlich, da die Werte zwischen dem Luftlinienabstand und der zu fahrenden Strecke stark differieren können. Auch die im Kapitel 2.2.1.1 angeführte Ungenauigkeit der GPS-Ortung macht die Verknüpfung notwendig, da die Koordinaten sonst den Kanten und Knoten des Verkehrsnetzes nicht eindeutig zugeordnet werden können. Speziell im engmaschigen Verkehrsnetz in urbanen Räumen können im Radius des GPS-Fehlers sogar mehrere Kanten für den möglichen „richtigen“ Standort in Frage kommen. Dies führt dazu, dass der Algorithmus mehrere mögliche Routen ermittelt und die wahrscheinlichste ausgewählt wird. In dem Berechnungsverfahren können verschiedene Methoden angewendet werden, wobei zwischen geometrischen (basierend auf den geometrischen Eigenschaften der Abfolge der GPS-Koordinaten), topologiebasierten (zusätzliche Berücksichtigung von Informationen des Straßennetzes wie die Verbindungen einzelner Straßenzüge zueinander) und statistischen Methoden (Wahrscheinlichkeitsmodelle für die Berechnung der wahrscheinlichsten Straßenabfolge) unterschieden wird. Mittels Map-Matching ist eine nachträgliche Verbesserung bzw. Korrektur der Positionsbestimmung mittels Projektion auf das Verkehrsnetz möglich (vgl. Koller et al. 2015, S. 1; Neumann 2011, S. 75).

2.2.2 Fahrzeuglängen und Fahrzeugklassifizierung

Die Erfassung der Fahrzeuglängen l_α [m] ist meist bei Querschnittsmessungen von Interesse, da die bei Trajektorien Daten meist verwendete Videobildverarbeitung Fahrzeugauswertungen automatisch vornehmen (vgl. Kapitel 2.3.1) und bei Floating-Car-Daten die Fahrzeugparameter bereits vorab bekannt sind. Die Längen können mittels Doppel-Induktionsschleifendetektoren berechnet werden, da sie die lokale Geschwindigkeit der Einzelfahrzeuge v_α [m/s] bestimmen. Dafür sind der Zeitpunkt t_α^0 [s], zu dem die Fahrzeugfront den Messquerschnitt überquert und der Zeitpunkt t_α^1 [s], zu dem das Heck den Messquerschnitt überquert, sowie die Länge der Schleife l_s [m] als bekannt anzusehen (vgl. Listl 2003, S. 38; Treiber und Kesting 2010, S. 13):

³ Entwicklung durch das Verteidigungsministerium der Russischen Föderation (vgl. Lange 2020, S. 207).

⁴ Entwicklung durch die europäische Raumfahrtbehörde ESA in Kooperation mit der EU (vgl. Lange 2020, S. 207f.).

⁵ Standortbestimmungssystem aus China (vgl. Lange 2020, S. 208f.).

$$l_\alpha = v_\alpha \cdot (t_\alpha^1 - t_\alpha^0) - l_s \quad [\text{m}] \quad (1)$$

Bei der Erfassung der Querschnittsdaten wird zwischen PKW- und LKW-ähnlichen Fahrzeugen unterschieden, um detailliertere Aussagen über die Verkehrsstärke treffen zu können. In Österreich wird im LKW-Verkehr eine weitere Unterkategorie, Sattel- und Lastzüge, eingeführt. Technisch wird diese Unterscheidung bei Induktionsschleifen über die berechnete Fahrzeuglänge und die für den Fahrzeugtyp charakteristische Verstimmungskurve bestimmt. Bei LKW-ähnlichen Fahrzeugen ist die Bodenfreiheit geringer, sodass die induzierte Spannung geringer ausfällt (Listl 2003, S. 38; vgl. Schwillinsky et al. 2019, S. 7ff.).

In Österreich sind die datenverantwortlichen Stellen einerseits die ASFINAG, andererseits die Straßenverwaltungen der Bundesländer. Die unterschiedlichen Zuständigkeiten ergeben sich aus der Tatsache, dass die ASFINAG als Tochtergesellschaft des Bundes die Verwaltung der Autobahn- und Schnellstraßen innehat. Daher werden ihrerseits die Verkehrszählraten des A- und S-Netzes erhoben. Für die Dauerzählstellen auf Landesstraßen B und L ist das jeweilige Amt der Landesregierung (in Wien die Magistratsabteilung 46) zuständig. Im Jahr 2018 umfasste das Zählstellenetz dabei 658 Zählpunkte, wobei eine Zunahme um 11 Stellen im Vergleich zum Vorjahr verzeichnet werden konnte (vgl. Asfinag 2020; Schwillinsky et al. 2019, S. 17ff.).

2.2.3 Zeitlücken

Eine Zeitlücke ist eine Zeitspanne und wird als der zeitliche Abstand [s] zwischen zwei aufeinanderfolgenden Fahrzeugen α definiert. Dabei kann eine Unterscheidung zwischen einer Brutto-Zeitlücke Δt_α , die zwischen Bug und Bug der Fahrzeuge gemessen und einer Netto-Zeitlücke T_α , die zwischen dem Heck des voranfahrenden und dem Bug des nachfolgenden Fahrzeugs gemessen wird, getroffen werden (vgl. Lohse und Schnabel 2011a, S. 49).

Durch den bekannten Zeitpunkt t_α^0 [s], zu dem die Fahrzeugfront den Messquerschnitt überquert und dem Zeitpunkt t_α^1 [s], an dem das Heck den Messquerschnitt überquert, können folgende mikroskopischen Definitionen dieser lokalen Kenngröße abgeleitet werden (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 13ff.):

- Brutto-Zeitlücke:

$$\Delta t_\alpha = t_\alpha^0 - t_{\alpha-1}^0 \quad [\text{s}] \quad (2)$$

- Netto-Zeitlücke:

$$T_\alpha = t_\alpha^0 - t_{\alpha-1}^1 \quad [\text{s}] \quad (3)$$

Betrachtet man Zeitlücken auf makroskopischer Ebene, ist zu berücksichtigen, dass sie aufgrund des statistischen Charakters des Verkehrsstroms unterschiedliche Größen aufweisen, sodass der Mittelwert der Zeitlücken \bar{t} am Querschnitt x im Zeitintervall angegeben werden kann. Dieser beschreibt innerhalb dieses Zeitintervalls der Dauer Δt [s] die Anzahl der Fahrzeuge M [-] (vgl. Lohse und Schnabel 2011a, S. 49):

$$\bar{t} = \frac{\Delta t}{M} = \frac{1}{q} \quad [\text{s}] \quad (4)$$

Im Vergleich mit der Definition der Verkehrsstärke q (vgl. Kapitel 2.2.6) zeigt sich, dass die mittlere Brutto-Zeitlücke \bar{t} der Kehrwert dieser ist. Dies kann genutzt werden, um aus Folgezeitverteilungen den Abfall der Verkehrsstärke festzustellen (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 31).

Bei vorhandenen Trajektorien ist die Brutto-Zeitlücke aufgrund der von allen Fahrzeugen bekannten Kurven einfach ermittelbar. Die Zeitlücke ist dabei gleich dem horizontalen Abstand benachbarter Trajektorien (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 9).

2.2.4 Raumlücken

Die Raumlücke (auch Weglücke) ist der gemessene Abstand [m] zwischen zwei hintereinanderfahrenden Fahrzeugen im Verkehrsstrom zu einem bestimmten Zeitpunkt. Analog zur Zeitlücke wird dabei zwischen Brutto- (Abstand Front-Front) und Nettoabständen (Abstand Heck-Front) unterschieden (vgl. Lohse und Schnabel 2011a, S. 49f.).

Für die mikroskopische Definition der momentanen Kenngrößen sind die Geschwindigkeit des Einzelfahrzeugs v_α [m/s], die Brutto-Zeitlücke Δt_α [s] und die Länge des Fahrzeugs l_α [m] erforderlich. Für die Berechnung der räumlichen Größen wird dabei implizit eine konstante Geschwindigkeit des Fahrzeugs vorausgesetzt (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 13ff.).

- Brutto-Raumlücke:

$$d_\alpha = v_{\alpha-1} \cdot \Delta t_\alpha \quad [\text{m}] \quad (5)$$

- Netto-Raumlücke:

$$s_\alpha = d_\alpha - l_{\alpha-1} \quad [\text{m}] \quad (6)$$

Bei makroskopischer Betrachtung wird die mittlere Raumlücke \bar{s} (Bruttoraumlücke) im Wegabschnitt Δs [km] mit der momentanen Anzahl der Fahrzeuge N [-] zum Zeitpunkt t berechnet (vgl. Lohse und Schnabel 2011a, S. 49f.):

$$\bar{s} = \frac{\Delta s}{N} = \frac{1}{k} \quad [\text{m}] \quad (7)$$

Die mittlere Raumlücke \bar{s} ist dabei der Kehrwert der Verkehrsdichte k (vgl. Kapitel 2.2.6).

Liegen Trajektorien von allen Fahrzeugen vor, kann die Brutto-Zeitlücke einfach ermittelt werden. Sie ist dabei gleich dem vertikalen Abstand benachbarter Trajektorien (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 9).

2.2.5 Geschwindigkeit

Bei der Beschreibung von Geschwindigkeiten gilt es eine grundlegende Unterscheidung zu treffen. Einerseits kann die Augenblicksgeschwindigkeit, das heißt die Geschwindigkeit eines Fahrzeuges zu einem bestimmten Zeitpunkt t an einem bestimmten Ort x (je nach Messmethode ergibt sich daraus die lokale oder momentane Geschwindigkeit) definiert werden. Andererseits kann eine Beschreibung des Geschwindigkeitsverlaufs eines Einzelfahrzeugs mittels Reise- bzw. Streckengeschwindigkeit über die Zeit bzw. über den Weg erfolgen.

2.2.5.1 Lokale Geschwindigkeit vs. momentane Geschwindigkeit

Aufgrund der leichteren Erfassbarkeit von Verkehrsgrößen durch lokale Verfahren (vgl. Kapitel 2.2) werden momentane Kenngrößen seltener ermittelt. Daher erweist es sich als sinnvoll, einen mathematischen Zusammenhang zwischen der lokalen und der momentanen Geschwindigkeit herzustellen. Diese Extrapolation auf den Streckenabschnitt ist unter Einhaltung der Randbedingungen Homogenität und Stationarität (vgl. Kapitel 2.2.6) zulässig (vgl. Listl 2003, S. 17). Zuvor werden die beiden Geschwindigkeiten unabhängig voneinander definiert und im Anschluss miteinander verknüpft.

Die **mittlere lokale Geschwindigkeit** \bar{v}_l , auch als „zeitliches Mittel der Geschwindigkeiten“ (vgl. Lohse und Schnabel 2011a, S. 42) bezeichnet, wird durch die Anzahl der Fahrzeuge M [-] in einem Zeitintervall der Dauer Δt [h] und die Summe der Einzelwerte der Geschwindigkeiten $v_{l,i}$ [km/h] derjenigen Fahrzeuge, die den Querschnitt x im Zeitintervall Δt [h] überqueren, definiert (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 339f.):

$$\bar{v}_l = \frac{1}{M} \cdot \sum_{i=1}^M v_{l,i} \quad [\text{km/h}] \quad (8)$$

Werden für die Erhebung Fahrzeitmessungen und keine Radarsensoren oder Einfach-Induktivschleifen (vgl. Kapitel 2.2) verwendet, liegt eine quasi-lokale Messung in einem definierten (kurzen) Wegabschnitt Δs [km] und einem Zeitintervall Δt_i [h] vor. Daher kann die lokale Geschwindigkeit der einzelnen Fahrzeuge wie folgt berechnet werden (vgl. Lohse und Schnabel 2011a, S. 44f.):

$$v_{l,i} = \frac{\Delta s}{\Delta t_i} \quad [\text{km/h}] \quad (9)$$

Die lokale Geschwindigkeit bei quasi-lokaler Messung ergibt sich zu (vgl. Lohse und Schnabel 2011a, S. 44f.):

$$\bar{v}_l = \frac{\Delta s}{M} \cdot \sum_{i=1}^M \frac{1}{\Delta t_i} \quad [\text{km/h}] \quad (10)$$

In weiterer Folge können durch die mittlere lokale Geschwindigkeit \bar{v}_l auch die Geschwindigkeitsvarianz σ_l^2 [km²/h²] bei lokaler Betrachtung und die Standardabweichung der lokalen Geschwindigkeit σ_l [km/h] berechnet werden (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 340f.):

$$\sigma_l^2 = \frac{1}{M-1} \cdot \sum_{i=1}^M (v_{l,i} - \bar{v}_l)^2 \quad [\text{km}^2/\text{h}^2] \quad (11)$$

Um relative Schwankungen angeben zu können, kann der Variationskoeffizient [-] eingesetzt werden, der als σ_l/\bar{v}_l definiert wird und üblicherweise in Prozent angegeben wird (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 16).

Für die Ermittlung der momentanen Geschwindigkeitsgrößen gelten analoge Überlegungen wie für lokale. Die **mittlere momentane Geschwindigkeit** \bar{v}_m (Streckenmittel) wird durch die Anzahl der Fahrzeuge im Wegabschnitt N [-] und die Summe der Einzelwerte der Geschwindigkeiten $v_{m,i}$ [km/h] derjenigen Fahrzeuge, die sich im Zeitpunkt t im Wegintervall der Länge Δs [km] befinden, beschrieben (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 340f.):

$$\bar{v}_m = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N v_{m,i} \quad [\text{km/h}] \quad (12)$$

Wenn die Bestimmung momentaner Geschwindigkeiten nicht direkt, sondern mittels quasi-momentaner Messung (vgl. Kapitel 2.2) erfolgt, sind für die Berechnung der zurückgelegte Wege jedes einzelnen Fahrzeugs x_i [km] und das entsprechende Zeitintervall Δt [h] zwischen den Luftbildern erforderlich (vgl. Listl 2003, S. 6):

$$v_{m,i} = \frac{x_i}{\Delta t} \quad [\text{km/h}] \quad (13)$$

Unter quasi-momentanen Messbedingungen ist die momentane Geschwindigkeit \bar{v}_m wie folgt definiert (vgl. Lohse und Schnabel 2011a, S. 44):

$$\bar{v}_m = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N \cdot \Delta t} \quad [\text{km/h}] \quad (14)$$

Die Berechnung der Varianz σ_m^2 [km^2/h^2] und der Standardabweichung σ_m [km/h] der Geschwindigkeiten bei momentaner Betrachtung kann analog zur lokalen Geschwindigkeit durchgeführt werden (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 340f.):

$$\sigma_m^2 = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^M (v_{m,i} - \bar{v}_m)^2 \quad [\text{km}^2/\text{h}^2] \quad (15)$$

Bei Einhaltung der Randbedingungen kann eine zutreffende **Schätzung der mittleren momentanen Geschwindigkeiten aus den lokalen Einzelgeschwindigkeiten** erfolgen. Der Erwartungswert wird dabei durch das harmonische Mittel der lokalen Geschwindigkeiten \bar{v}_s berechnet und folgt der Gleichung (vgl. Listl 2003, S. 17; Steierwald et al. 2005, S. 340f.):

$$\bar{v}_m \approx \bar{v}_s = \frac{M}{\sum_{i=1}^M \frac{1}{v_{l,i}}} \quad [\text{km/h}] \quad (16)$$

Näherungsweise kann die mittlere momentane Geschwindigkeit \bar{v}_m auch über die Standardabweichung σ_l [km/h] und die mittlere lokale Geschwindigkeit \bar{v}_l [km/h] berechnet werden (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 341):

$$\bar{v}_m = \bar{v}_l - \frac{\sigma_l^2}{\bar{v}_l} \quad [\text{km/h}] \quad (17)$$

Für die mittlere lokale Geschwindigkeit \bar{v}_l kann eine eindeutige Beziehung mittels Standardabweichung σ_m [km/h] und der momentanen Geschwindigkeit \bar{v}_m [km/h] hergeleitet werden (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 341):

$$\bar{v}_l = \bar{v}_m + \frac{\sigma_m^2}{\bar{v}_m} \quad [\text{km/h}] \quad (18)$$

Aus den Gleichungen (17) und (18) ist die Schlussfolgerung möglich, dass bei einer Standardabweichung größer als Null die mittlere lokale Geschwindigkeit immer größer als die mittlere momentane Geschwindigkeit sein muss. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Einzelfahrzeuggeschwindigkeiten immer höher sind als die durchschnittliche Geschwindigkeit in einem Streckenabschnitt. Dies ist nur dann nicht der Fall, wenn nicht alle Fahrzeuge in dem betrachteten Abschnitt mit derselben Geschwindigkeit fahren (keine Streuung aufweisen) (vgl. Höfler 2006, S. 50f.).

2.2.5.2 Streckengeschwindigkeit vs. Reisegeschwindigkeit

Im Gegensatz zur Betrachtung der mittleren lokalen und momentanen Geschwindigkeit wird bei der Reisegeschwindigkeit und der Streckengeschwindigkeit der Fahrtverlauf des Einzelfahrzeugs ausgewertet. Die Analogie dazu liegt bei der ebenfalls durchzuführenden Unterscheidung zwischen räumlicher und zeitlicher Betrachtung (vgl. Kühnel 2012, S. 14f.).

Die **mittlere Streckengeschwindigkeit** \bar{v}_x kann ausschließlich dann berechnet werden, wenn die Geschwindigkeit als Funktion des Weges $v(x)$ vorliegt (entspricht dem Geschwindigkeitsprofil). Sie wird dabei durch die wegbezogene arithmetische Mittelwertbildung definiert und

beschreibt daher rein die gefahrene mittlere Geschwindigkeit, wobei X die Summe des zurückgelegten Wegs des Fahrzeugs i beschreibt (vgl. Kühnel 2012, S. 14f.; Lapierre und Steierwald 1987, S. 241; Listl 2003, S. 9):

$$\bar{v}_X = \frac{1}{X} \cdot \int_0^X v(x) dx \quad [\text{km/h}] \quad (19)$$

Bei dieser wegbezogenen Ermittlung gehen die Anteile, bei der die Geschwindigkeit des Fahrzeugs gleich Null ist, nicht in die Berechnung ein. Somit kann die Streckengeschwindigkeit nicht für die zeitbezogene Beurteilung der Fahrt herangezogen werden (vgl. Listl 2003, S. 9).

Die **mittlere Reisegeschwindigkeit** \bar{v}_R kann analog zur mittleren Streckengeschwindigkeit durch die zeitbezogene arithmetische Mittelwertbildung der Geschwindigkeitsganglinie (Geschwindigkeit als Funktion des Weges) definiert werden, wobei T [h] die Beobachtungszeit darstellt (vgl. Listl 2003, S. 9):

$$\bar{v}_R = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T v(t) dt \quad [\text{km/h}] \quad (20)$$

Durch den zeitbezogenen Mittelwertbildung werden alle Aufenthaltszeiten (Geschwindigkeit des Fahrzeugs ist Null) mitberücksichtigt und die Reisegeschwindigkeit kann ebenfalls mittels Quotienten berechnet werden. Ist die mittlere Reisezeit \bar{t}_R [h] für die Wegstrecke S [km] bekannt, kann sie zur Auswertung herangezogen werden. Sollten diese Kenngrößen unbekannt sein, ist eine Berechnung über die Anzahl der Fahrzeuge M [-] in einem Zeitintervall der Dauer Δt [h] und die lokale Geschwindigkeit zulässig (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 341):

$$\bar{v}_R = \frac{S}{\bar{t}_R} = \frac{M}{\sum_{i=1}^M \frac{1}{v_{l,i}}} \quad [\text{km/h}] \quad (21)$$

Der Vergleich von Gleichung (16) und (21) zeigt die formale Gleichheit der Berechnung der mittleren momentanen Geschwindigkeit und der mittleren Reisegeschwindigkeit. Dieser Zusammenhang macht deutlich, dass die mittlere momentane Geschwindigkeit \bar{v}_m aus einer momentanen Schätzung die mittlere Reisegeschwindigkeit \bar{v}_R über eine längere Strecke repräsentiert (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 341).

Abschließend wird der Zusammenhang zwischen der Streckengeschwindigkeit und der Reisegeschwindigkeit hergestellt. Er besteht analog zur lokalen und momentanen Geschwindigkeit über die Standardabweichung der Geschwindigkeitsverteilungen σ_v^2 (vgl. Listl 2003, S. 9):

$$\bar{v}_X = \bar{v}_R \cdot \frac{\sigma_v^2}{\bar{v}_R} \quad [\text{km/h}] \quad (22)$$

Bei der streckenbezogenen Betrachtungsweise werden, aufgrund der im gleichen Zeitintervall weiteren zurückgelegten Strecken, höhere Geschwindigkeiten stärker gewichtet als niedrige. Dadurch ist, bei nicht konstantem Geschwindigkeitsverlauf, die Streckengeschwindigkeit stets größer als die Reisegeschwindigkeit (vgl. Listl 2003, S. 9).

2.2.6 Verkehrsstärke, Verkehrsdichte und Fundamentaldiagramm

Die Verkehrsstärke q stellt einen lokalen Parameter dar und kann durch Aggregation der Zeitlücken berechnet werden. Sie wird am Querschnitt x angegeben und beschreibt die Anzahl der Fahrzeuge M [-] innerhalb eines Zeitintervalls der Dauer Δt [h] (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 339f.):

$$q = \frac{M}{\Delta t} \quad [\text{Kfz/h}] \quad (23)$$

Die Verkehrsdichte k ist eine momentane Größe und kann als das räumliche Mittel des Kehrwerts der Bruttoabstände beschrieben werden. Berechnet wird sie durch die Anzahl der Fahrzeuge N [-] im Wegabschnitt Δs [km] zum Zeitpunkt t (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 340f.):

$$k = \frac{N}{\Delta s} \quad [\text{Kfz/km}] \quad (24)$$

Das Fundamentaldiagramm stellt den Zusammenhang zwischen der Verkehrsstärke, der Verkehrsdichte und der momentanen Geschwindigkeit (vgl. Kapitel 2.2.5.1) her, wobei homogene und stationäre Bedingungen vorliegen müssen. Homogenität liegt vor, wenn die Verteilung der Verkehrskenngrößen mathematisch wegunabhängig ist; Stationarität, wenn ihre Verteilung zeitunabhängig ist. Für diese Annahmen auf einem Streckenabschnitt dürfen weder Unstetigkeiten in der Verkehrsbelastung bzw. in der Verkehrszusammensetzung, noch in der Trassierung vorliegen. Des Weiteren darf keine sprunghafte Veränderung der Geschwindigkeitsbeschränkung vorliegen, da dies ebenso eine Unstetigkeit darstellen würde. Die Kontinuitätsgleichung ist mit der mittleren momentanen Geschwindigkeit \bar{v}_m bei stationärem Verkehrsfluss definiert als (vgl. Listl 2003, S. 13f.; Lohse und Schnabel 2011a, S. 51; Steierwald et al. 2005, S. 341ff.):

$$q = k \cdot \bar{v}_m \quad [\text{Kfz/h}] \quad (25)$$

Bei empirischer Untersuchung ergibt sich für das Fundamentaldiagramm eine dreidimensionale Punktwolke, die durch Projektion zu drei zweidimensionalen Diagrammen vereinfacht werden kann. Daher resultiert ein fester Zusammenhang zwischen dem q - v -Diagramm, dem q - k -Diagramm und dem k - v -Diagramm (vgl. FGSV 2005, S. 7).

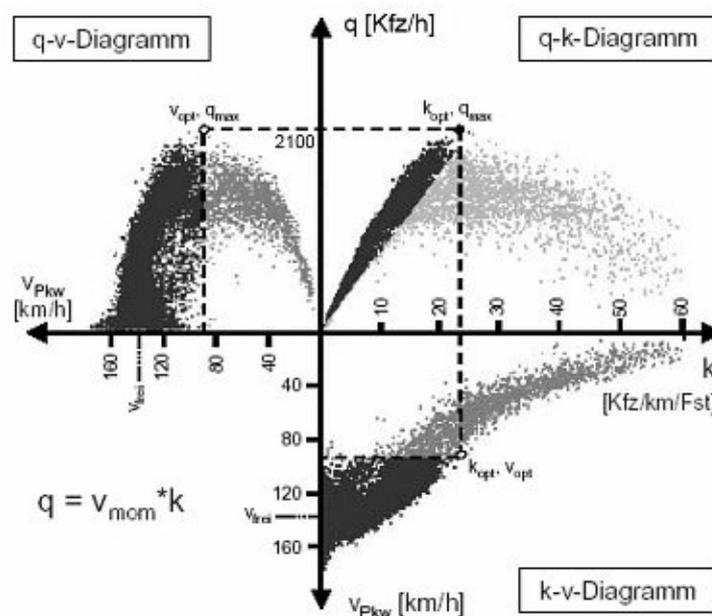


Abb. 2.2: Fundamentaldiagramm (empirisch). v_{PKW} und v_{mom} stehen hier für die mittlere momentane Geschwindigkeit \bar{v}_m (vgl. Schick 2003, S. 40)

In **Abb. 2.2** wird die typische Form einer Punktwolke durch den stochastischen Charakter des dargestellten Verkehrsablaufs an einem Querschnitt erkennbar (vgl. FGSV 2005, S. 7). Für die Form des Fundamentaldiagramms erweisen sich folgende Parameter als relevant:

- Freie Geschwindigkeit v_{frei}
- Kapazität C (q_{max})
- Optimale Geschwindigkeit v_{opt}
- Optimale Verkehrsdichte k_{opt}

Die freie Geschwindigkeit v_{frei} ist von der gewünschten Geschwindigkeit des Fahrers, der möglichen Geschwindigkeit der Fahrzeuge (Leistung im Vergleich zur Streckengeometrie) und einer eventuell vorgegebenen Geschwindigkeit (Tempolimit) abhängig. Dabei muss der geringste Wert angesetzt werden (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 28).

In der Realität wird das Fundamentaldiagramm aus einer Punktwolke in der q - k -Ebene aus Messungen des Verkehrsablaufs, wie beispielsweise in **Abb. 2.2** im 1-Minuten-Intervall, bestimmt. Mittels Näherungsfunktionen, die in der k - v -Ebene ermittelt werden, können diese gewonnenen Punkte beschrieben werden. In **Abb. 2.2** wird dabei der stabile Bereich des Verkehrsflusses als schwarzer Teil der Punktwolke dargestellt, der graue Bereich ist instabil. Die vom zeitlichen Bezugsintervall und vom Verkehrszustand abhängige Streuung ist im instabilen Bereich besonders hoch. In der Literatur sind zur näherungsweise Beschreibung der Punkte verschiedene Berechnungsmodelle, wie zum Beispiel das Greenshields-Modell oder das van Aerde-Modell, bekannt (vgl. Listl 2003, S. 28f.; Steierwald et al. 2005, S. 342f.).

Als besonders wichtig können dabei die Kapazität und die Unterscheidung zwischen stabilem und instabilem Verkehrszustand angesehen werden. Die Kapazität ist definiert als „die größtmögliche Verkehrstärke, die vom Querschnitt einer Straße unter den vorhandenen Weg- und Verkehrsbedingungen aufgenommen werden kann.“ (vgl. Lohse und Schnabel 2011a, S. 73). Sie wird bei optimaler Geschwindigkeit und optimaler Verkehrsdichte (vgl. **Abb. 2.2**) erreicht. Unterschieden wird dabei zwischen folgenden Verkehrszuständen (vgl. Listl 2003, S. 14f.; Steierwald et al. 2005, S. 341f.):

- Stabiler Verkehrszustand ($k < k_{\text{opt}}$ und $\bar{v}_m > v_{\text{opt}}$)
- Instabiler Verkehrszustand ($k > k_{\text{opt}}$ und $\bar{v}_m < v_{\text{opt}}$)

Eine genauere Beschreibung liefert dabei das Konzept der Nutzungs- oder Qualitätsstufen (level of Service; LOS) zur Beschreibung der Qualität des Verkehrsablaufs unter Einbeziehung der freien Geschwindigkeit v_{frei} . Dabei erfolgt eine Unterteilung in sechs Kategorien von freiem Verkehrsfluss (A) bis zu instabilem Verkehrsfluss (F), wobei das LOS A-D im stabilen Bereich liegt. Problematisch ist die nicht exakt mögliche Grenzziehung zwischen den Nutzungsstufen. Es wird jeweils davon ausgegangen, dass die mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit und der Auslastungsgrad unter dem jeweiligen Grenzwert der Nutzungsstufe liegt. Der Auslastungsgrad a , der das Verhältnis zwischen der Verkehrsstärke q und der Kapazität C beschreibt, ist dabei wie folgt definiert (vgl. Lohse und Schnabel 2011a, S. 74ff.):

$$a = \frac{q}{C} \cdot 100 \quad [\%] \quad (26)$$

Der obere, auf v_m bezogene Bereich des **q - v -Diagramms** (vgl. **Abb. 2.2**) zeigt dabei einen freien, stabilen Verkehrszustand, der untere Bereich hingegen instabilen, zusammengebrochenen Verkehr. Durch die parabelförmige Einhüllende der Punktwolke wird deutlich, dass für eine Verkehrsstärke zwei Geschwindigkeitswerte vorliegen, sobald der Querschnitt überlastet ist (vgl. FGSV 2005, S. 7).

Das **q-k-Diagramm** wird durch den mathematischen Zusammenhang (vgl. Gleichung 25) oft als „eigentliche Fundamentaldiagramm“ (vgl. FGSV 2005, S. 7) bezeichnet, worin alle drei Kenngrößen der Kontinuitätsgleichung erkennbar werden. Auf den Achsen werden die Verkehrsdichte bzw. die Verkehrsstärke aufgetragen. Die Steigung der Geraden durch den Koordinatenursprung bis zu dem beschriebenen Verkehrszustand entspricht der zugehörigen mittleren momentanen Geschwindigkeit. Der stabile Verkehrszustand zeigt sich als kompakte Punktwolke entlang einer Geraden, im Gegensatz zur verstreuten Punktwolke im instabilen Bereich (vgl. FGSV 2005, S. 7; Höfler 2006, S. 60).

Tritt ein Verkehrszusammenbruch auf, geht damit eine abrupte Abnahme der Kapazität einher. Daher löst sich der Stau erst bei viel geringerer Verkehrsnachfrage, d.h. schwerer wieder auf. Es tritt ein Übergang des Verkehrszustandes vom freien in den gestauten Bereich auf, wodurch der maximal mögliche Durchfluss geringer wird. Ein solches von der Vorgeschichte abhängiges Verhalten bei gleicher Nachfrage wird als hysterisch bezeichnet (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 33).

Im **k-v-Diagramm** wird erkennbar, dass die Geschwindigkeit bei zunehmender Verkehrsdichte abfällt, wobei der stabile und der instabile Bereich schwer unterscheidbar sind. Eventuell kann sich der Abfall mittels Sprungs (capacity drop) zwischen den beiden Bereichen zeigen. Bei niedrigen Verkehrsdichten werden die Fahrzeuglenker kaum durch andere Verkehrsteilnehmer beeinflusst, wodurch bei einer Grenzwertbetrachtung der Verkehrsdichte $q \rightarrow 0$ die freie Geschwindigkeit v_{frei} erreicht werden kann. Aus diesem Diagramm kann ausschließlich die Vermutung gewonnen werden, dass eine starke Abhängigkeit zwischen dem Verkehrsfluss und der Verkehrsdichte besteht (vgl. FGSV 2005, S. 7; Treiber und Kesting 2010, S. 28).

2.2.7 Beschleunigung und Beschleunigungsrauschen

Die Ermittlung der momentanen Beschleunigung $a_{m,i}$ [m/s^2] erfolgt im Falle einer Einzelfahrzeugmessung, wie zum Beispiel bei Floating-Car-Daten. Über die allgemeine Definition mittels Differenzenquotient der Änderung der momentanen Geschwindigkeit Δv_m [m/s] in einem Zeitintervall Δt [s] und anschließender infinitesimaler Betrachtungsweise (Differenzialquotienten) kann die momentane Beschleunigung zu einem Zeitpunkt t definiert werden (vgl. Listl 2003, S. 8f.):

$$a_{m,i} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta v_{m,i}}{\Delta t} \right) = \frac{d^2 s}{dt^2} \quad [\text{m/s}^2] \quad (27)$$

Soll der Fahrtverlauf des Einzelfahrzeugs genauer ausgewertet werden (analog zur Geschwindigkeit; vgl. Kapitel 2.2.5.2), kann eine mittlere Beschleunigung über die betrachtete Fahrzeit T [s] berechnet werden (vgl. Listl 2003, S. 8f.):

$$\bar{a} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T a(t) dt \quad [\text{m/s}^2] \quad (28)$$

Beschleunigungsrauschen ACN^6 [m/s^2] ist ein menschlicher Faktor, der durch irrationales Verhalten im Vorgang der Beschleunigung auftritt. Beeinflusst wird es durch den Fahrer, die Infrastruktur (z. B. Straßenzustand und -typ) und den Verkehrszustand (Verkehrsdichte und -stärke) (vgl. Herman et al. 1959, S. 103). Es ist als Standardabweichung der Beschleunigung einer Fahrt definiert. Vereinfachend kann es als Maß für die Schwankung der momentanen Geschwindigkeit, bezogen auf die mittlere Reisegeschwindigkeit betrachtet werden. Das Beschleunigungsrauschen wird zeitbezogen betrachtet, um Stillstandszeiten mitberücksichtigen zu können. Wenn die Durchschnittsgeschwindigkeit der Fahrt dabei größer als 30 km/h ist, kann es als parametrisches Maß für die Verkehrsüberlastung (level of congestion) herangezogen werden. Eine Zunahme des

⁶ Die Abkürzung folgt der englischsprachigen Bezeichnung „acceleration noise“

Beschleunigungsrauschens wird subjektiv als abfallende Verkehrsqualität empfunden (vgl. D'Este et al. 1999, S. 256; Listl 2003, S. 9f.; Treiber und Kesting 2010, S. 57). Für die mathematische Definition ist die Reisezeit T [h] und die Beschleunigung a [m/s^2] erforderlich (vgl. Jones und Potts 1962, S. 748):

$$ACN = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T (a(t))^2 dt - \bar{a}^2} \quad [\text{m/s}^2] \quad (29)$$

In der Praxis erweist sich die Anwendung des ACN als schwierig, da kaum geeignete Daten zur Verfügung stehen und die Durchschnittsgeschwindigkeiten hoch sein müssen. Alternativ kann auf einen Geschwindigkeitsgradienten, den Mean Velocity Gradienten VG , zurückgegriffen werden, der mittels Quotienten von ACN und der Reisegeschwindigkeit definiert wird. Dies verhindert ein zu schnelles Absinken des ACN-Werts (vgl. D'Este et al. 1999, S. 256; Listl 2003, S. 10):

$$VG = \frac{ACN}{v_R} \quad [1/\text{s}] \quad (30)$$

Der sich gegenüber dem ACN einstellende Vorteil ist, dass er innerhalb einer größeren Bandbreite von mittleren Reisegeschwindigkeiten eingesetzt werden kann (vgl. D'Este et al. 1999, S. 256).

2.2.8 Reisezeit und Congestion Index

Bei mikroskopischer Betrachtung kann die tatsächlich benötigte Reisezeit t_R eines Einzelfahrzeugs α innerhalb eines Streckenabschnitts S [x_1, x_2] berechnet werden. Dabei wird sie als Zeitspanne [t_1, t_2] definiert und kann am Eintritts- (x_1) oder Austrittspunkt (x_2) des Streckenabschnitts bestimmt werden; hier beispielhaft für den Austrittspunkt x_2 zum Zeitpunkt t_2 (vgl. Treiber und Kesting 2010, 267ff.):

$$t_R(t_2) = t_2 - t_1 \quad [\text{min}] \quad (31)$$

Ist die mittlere Reisegeschwindigkeit \bar{v}_R [km/h] bekannt, so kann die mittlere Reisezeit \bar{t}_R [h] aus dem Quotienten aus der Wegstrecke des Streckenabschnitts S [km] und der Geschwindigkeit \bar{v}_R direkt bestimmt werden (vgl. Listl 2003, S. 9):

$$\bar{t}_R = \frac{S}{\bar{v}_R} \quad [\text{h}] \quad (32)$$

Aus der Reisezeit kann der Congestion Index CI berechnet werden, der eine objektive quantitative Messung zur Überlastung ermöglichen soll. Dabei wird die tatsächliche Reisezeit t_R einer theoretischen Reisezeit $t_{R,0}$ gegenübergestellt. Diese wird über den Streckenabschnitt und das zugehörige Tempolimit (Annahme einer Fahrt unter Einhaltung aller Geschwindigkeitsbegrenzungen) oder über die geringste gemessene Reisezeit (dabei wird die Verkehrsdichte null und f_{frei} (vgl. Kapitel 2.2.6) tritt auf) bestimmt (vgl. D'Este et al. 1999, S. 256):

$$CI = \frac{t_R - t_{R,0}}{t_{R,0}} \quad [-] \quad (33)$$

Der Congestion Index ist unabhängig von Routenlänge, Straßengeometrie, Kreuzungssteuerung und Kapazitätsfaktoren, allerdings stark durch die Berechnung der theoretischen Reisezeit beeinflussbar. Dies kann als Nachteil im Vergleich mit dem Level of Service (vgl. Kapitel 2.2.6) angesehen werden, da die theoretische Reisezeit eine Annahme ist und auf keinen Messwerten beruht.

Liegt der Wert nahe bei Null, kann daraus eine geringe Überlastung abgeleitet werden. Ab einem CI-Wert größer als zwei liegt gestauter Verkehr vor (vgl. D'Este et al. 1999, S. 256).

Der Vergleich zwischen der tatsächlichen Reisezeit und der Referenzreisezeit wird in Echtzeit für die Ermittlung des Verkehrszustands und der Störungserkennung eingesetzt. Die Daten werden mittels Floating-Cars in innerstädtischen Netzen erfasst, wobei dafür meist Taxidaten herangezogen werden. Steigt die tatsächliche Reisezeit bei mehreren Fahrzeugen über die Referenzreisezeit an, wird ein Stauaufbau registriert. Umgekehrt wird von einem Stauabbau ausgegangen (vgl. Kühnel 2012, S. 49).

2.2.9 Belegungsgrad

Die Belegungszeit t_B [s] beschreibt die Aufenthaltsdauer eines Fahrzeuges in einem Querschnitt. Sie wird von manchen Detektoren erfasst und kann für die Auswertung des Belegungsgrads B genutzt werden, der die Belegung eines Querschnitts bezogen auf ein Zeitintervall Δt [s] angibt (vgl. Listl 2003, S. 4):

$$B = \frac{\sum t_B}{\Delta t} \cdot 100 \quad [\%] \quad (34)$$

Wird die Belegungszeit nicht direkt ermittelt, kann sie durch die Fahrzeuglänge l_i [m] und die lokale Fahrzeuggeschwindigkeit v_i [m/s] abgeleitet werden (vgl. Listl 2003, S. 16):

$$t_B = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{v_i} \quad [s] \quad (35)$$

Dies erweist sich als sinnvoll, um aus lokalen Kenngrößen die momentane Verkehrsdichte ermitteln zu können. Bei stationären Bedingungen (vgl. Kapitel 2.2.6) verhalten sich der Belegungsgrad und die Verkehrsdichte direkt proportional (vgl. Lapiere und Steierwald 1987, 232ff.).

2.2.10 Bewegungsganglinien und -profile

Ganglinien beschreiben den Verlauf einer Variablen über die Zeit. Im Verkehrssektor wird damit unter anderem die tageszeitabhängige Verkehrsstärke dargestellt, die in gewisser Regelmäßigkeit, in Abhängigkeit der Varianz der Verkehrsbelastung, auftritt. Dabei sind die Spitzen in der Hauptverkehrszeit an Werktagen zu erkennen, sowie die geringere Auslastung der Straßen in der Nacht oder an Wochenenden. Dabei kann sowohl die absolute Verkehrsstärke pro Stunde, als auch eine relative Darstellung genutzt werden. Üblicherweise wird dabei die Verkehrsmenge einer Stunde auf den durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV) bezogen. Der DTV wird über alle Tage des Jahres gemittelt (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 329f.).

Momentane Geschwindigkeiten und Beschleunigungen können ebenfalls als Ganglinien abgebildet werden, woraus sich Rückschlüsse auf den Verkehr ziehen lassen. So kann beispielsweise eine geringe Geschwindigkeit ein Hinweis auf Stau oder zähfließenden Verkehr darstellen (vgl. Listl 2003, S. 8; Steierwald et al. 2005, S. 329f.).

Werden diese Zeitreihen über einige Stunden betrachtet, können Informationen über Verkehrszusammenbrüche, den Abfall der Verkehrsstärke nach einem Verkehrszusammenbruch und die Art des Staus (zähfließender Verkehr oder Stillstand) gewonnen werden. Bei Betrachtung der Verkehrsstärke über einen ganzen Tag spricht man von Tagesganglinien. Diese charakterisieren die Verkehrsnachfrage und sind wochentagsabhängig. Unterschieden wird dabei zwischen Montag, Dienstag-Donnerstag, Freitag sowie Samstag und Sonntag (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 25). Bewegungsprofile beschreiben den Verlauf der momentanen Geschwindigkeit und Beschleunigung über die Wegstrecke (vgl. Listl 2003, S. 8).

2.2.11 Stautentstehung und Verkehrszusammenbruch

Bei der Stautentstehung ist eine Regelmäßigkeit zu beobachten, wodurch sich für den Verkehrszusammenbruch drei Einflussfaktoren definieren lassen. Dabei handelt es sich um eine räumliche Abhängigkeit in Form von Engstellen, einen zeitlichen Bezug durch hohes Verkehrsaufkommen und ein auslösendes Moment aufgrund lokaler Störungen im Verkehrsfluss. Diese Vorsetzungen zur Stautentstehung sollen nun kurz beschrieben werden (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 257ff.).

Engstellen sind Streckeninhomogenitäten, wie sie in realen Straßennetzwerken auf verschiedenste Art und Weise auftreten. Dabei können Baustellen (durch Spurverengungen, -verschwenkungen oder -sperrungen), Lichtsignalanlagen (sie stellen eine periodische Engstelle dar und verändern dadurch die Verkehrsdynamik), kurvenreiche Strecken, Steilstrecken, Unfälle sowie Zu- und Abfahrten (insbesondere auf Autobahnen und Schnellstraßen) als solche interpretiert werden. Sie sind durch eine lokale Reduktion der Streckenkapazität charakterisiert und können in permanente (treten aufgrund einer Eigenschaft in der Infrastruktur auf) und temporäre Engstellen (z. B. Unfälle) unterteilt werden. Bei einem Verkehrszusammenbruch an Engstellen, werden sie als „aktivierte Engstellen“ bezeichnet. Sie sind notwendig, aber nicht hinreichend für einen Verkehrszusammenbruch (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 257ff.).

Hohes Verkehrsaufkommen kann vor allem in den Hauptverkehrszeiten als auch durch Urlauberverkehr (vor allem auf Autobahnen) hervorgerufen werden. Aufgrund der dadurch auftretenden hohen Verkehrsdichte kommt es vermehrt zu Interaktionen zwischen den hintereinanderfahrenden Fahrzeugen. Im Fall von zu großer Interaktionen ist die Gefahr gegeben, dass Störungen auftreten (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 257ff.).

Störungen im Verkehrsfluss sind das auslösende Moment für den Verkehrszusammenbruch, sobald beide anderen Einflussfaktoren aufgetreten sind. Störungen treten unter anderem durch Unachtsamkeiten, mangelnden Sicherheitsabstand, fehlerhafte Fahrstreifenwechsel oder nicht angepasste Geschwindigkeit auf und können permanent im Verkehrsfluss beobachtet werden. Da dieses Verhalten vom Zufall abhängig ist, ist die Entstehung und das Anwachsen einer Störung im Verkehrsfluss ebenso zufällig, wodurch eine Vorhersage des Verkehrszusammenbruchs nicht möglich ist (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 257ff.).

2.2.11.1 Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Staus

Bei Verwendung von Trajektorien Daten kann anhand der Steigung einer Verkehrsverdichtung die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Staus berechnet werden (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 9).

Allgemein werden Ausbreitungsgeschwindigkeiten (Fortpflanzungsgeschwindigkeiten) im freien Verkehr über die Steigung des freien Zweiges des q - k -Diagramms (Fundamentaldiagramm, vgl. Kapitel 2.2.6) beschrieben, wobei eine starke Idealisierung des Stauvorgangs getroffen wird. Zur Beschreibung der Geschwindigkeit wird die Schockwellengleichung herangezogen. Sie bildet das Verhältnis zwischen der Änderung der Verkehrsstärke q [KFZ/h] und der Änderung der Verkehrsdichte k [KFZ/km] in verschiedenen Verkehrszuständen. Die Gleichung (36) ist allgemein gültig, wenn die Übergänge der beiden Zustände hinreichend abrupt stattfinden, wodurch die Übergangszone unberücksichtigt bleiben kann. Aufgrund der Ausbreitungsrichtung ist die Stoßwelle für den Staufbau negativ. Vor der Blockierung der freien Strecke liegt ein stationärer Verkehrsfluss mit der Verkehrsstärke q_1 und der Verkehrsdichte k_1 vor. Zum Zeitpunkt der Blockierung der Fahrbahn kann die Verkehrsstärke q_0 mit Null angenommen werden. Die Stoßwellengeschwindigkeit für den Staufbau u_1 ergibt sich zu (vgl. Lohse und Schnabel 2011a, S. 122ff.; Treiber und Kesting 2010, S. 78f., 85):

$$u_1 = \frac{\Delta q}{\Delta k} = \frac{-q_1}{k_0 - k_1} \quad [\text{km/h}] \quad (36)$$

Für weitere Abschätzungsparameter des Staus kann die Stoßwelle für den Stauabbau analog zu Gleichung (36) berechnet werden. Darüber hinaus lassen sich bei bekannter Sperrzeit und bekanntem Verkehrsfluss nach der Sperrung Abschätzungen über die Zeitdauer des Stauabbaus, die Gesamtzeitdauer des Staus, die Staulänge, die Anzahl der betroffenen Fahrzeuge durch die Blockierung und die Gesamtwartezeit treffen (vgl. Lohse und Schnabel 2011a, S. 122ff.).

2.2.11.2 Rückstaulänge

Die Bestimmung der Rückstaulänge erweist sich als deutlich komplexer als die deutlich vereinfachten, vorangegangenen Kenngrößen und ist allein über Trajektorien- bzw. Querschnittsdaten kaum ermittelbar. Berechnet wird die Staulänge unter anderem mit Hilfe von Warteschlangenmodellen. Damit können zeitabhängige Staulängen sowie Wartezeiten simuliert bzw. abgeschätzt werden (vgl. Kimber et al. 1986, S. 87f.). Die Problematik dieser Modelle ist, dass die Rückstaulänge meist nur durch die Anzahl der Fahrzeuge angegeben wird und in weiterer Folge über die mittlere Fahrzeuglänge berechnet wird. Aufgrund der unterschiedlichen Abstände zwischen den Fahrzeugen führt diese Methode zu fehlerhaften Angaben (vgl. Neumann 2011, S. 20).

Für die Berechnung der Rückstaulänge ist eine klare Definition erforderlich, wofür der Verkehrsfluss bei Staus analysiert wird. Es sind dabei sowohl stehende als auch fahrende Blöcke zu beobachten (vgl. **Abb. 2.3**), bevor der Verkehr wieder in den freien Zustand übergeht. In diesen Blöcken lassen sich unterschiedliche Verkehrsdichten erkennen (vgl. Neumann 2011, S. 20f.).

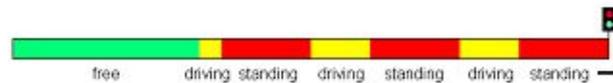


Abb. 2.3: Blockstruktur des Verkehrsflusses (vgl. Neumann 2009, S. 135)

Daher ergibt sich folgende Definition: „Die Rückstaulänge L zu einem gegebenen Zeitpunkt t ist die Entfernung zwischen der Lichtsignalanlage bzw. Haltelinie und dem (staubedingt) aktuell stehenden oder zuvor auf demselben Straßenabschnitt gestandenen Fahrzeug mit dem größten Abstand zur Lichtsignalanlage.“ (vgl. Neumann 2011, S. 24).

Besonders im innerstädtischen Bereich ist die Bildung eines Rückstaus an Verkehrslichtsignalanlagen häufig zu beobachten. Dabei kann ein Rückstau zweiter Art auftreten, d. h. nicht alle Fahrzeuge können die Kreuzung während des Ampelumlaufs überqueren. Um diese Phänomene der Verkehrsdynamik zu berücksichtigen, muss die Rückstaulänge mittels stochastischen Ansatzes berechnet werden. In weiterer Folge werden die Warteschlangenmodelle mit einem Verkehrsflussmodell verknüpft, wodurch sich für diesen Anwendungsfall für Lichtsignalanlagen folgende Gleichung für die erwartete, mittlere Rückstaulänge $\mathbb{E}_q[\bar{L}]$ [m] ergibt (vgl. Neumann 2011, S. 40):

$$\mathbb{E}_q[\bar{L}] = \sum_{y_0=y_{min}}^{y_{max}} \sum_{t=0}^{c-1} \frac{\pi_{y_0}(q)}{c} \cdot \ell(Y_t(y_0)) \quad [\text{m}] \quad (37)$$

Dabei beschreibt y die Anzahl an Fahrzeugen im Segment, c die Umlaufzeit (Summe aus der effektive Sperrzeit und der effektive Freigabezeit), ℓ die Rückstaulängenfunktion und $Y_t(y_0)$ ist der Näherungswert für die zeitabhängige Anzahl an Fahrzeugen im Segment während eines Ampelumlaufs (aufgefasst als deterministische Funktion von y_0) (vgl. Neumann 2011, S. 131ff.). Voraussetzungen der Anwendung sind ein homogener Verkehrsfluss im ungestauten Bereich und stationäre Bedingungen (vgl. Kapitel 2.2.6) (vgl. Neumann 2011, S. 25, 41).

Liegt eine geringe FCD-Abdeckung ($< 2\%$) vor, erweist sich die Integration weiterer Datenquellen, wie zum Beispiel vorhandene Momentangeschwindigkeiten aus Floating-Car-Daten oder die Auswertung von Induktionsschleifendetektoren als sinnvoll. Die Ergebnisse können durch besser einschätzbare Verkehrsnachfrage präzisiert (unter anderem Ausreißer eliminiert) werden. Andererseits können durch die statistischen Ungenauigkeiten (z. B. der Geschwindigkeitsganglinien)

neue Fehler auftreten (vgl. Neumann 2011, S. 85, 87ff.). Um diese zusätzliche Fehlerquelle zu umgehen, können längere Aggregierungszeiträume gewählt werden. Jedoch konnten sowohl bei Simulation als auch bei realen Floating-Car-Daten robuste Ergebnisse mit mittleren Fehlern unter zwei Fahrzeuglängen ermittelt werden, obwohl die Abdeckung der Floating Cars unter einem Prozent lag (vgl. Neumann 2011, S. 95).

2.3 Verkehrstechnische Erfassungsmethoden

Für die verkehrstechnische Erfassung ist „die systematische Erfassung des Verhaltens ‚zum Zeitpunkt seines Geschehens‘“ relevant und „dadurch gegeben, dass die Beobachtung im Verkehrssystem selbst bzw. an einem bestimmten ‚Aktivitätsort‘ erfolgt“ (vgl. Bundesanstalt für Straßenwesen 2010, S. 19). Die in Kapitel 2.1 allgemein vorgestellten Methoden sollen in diesem Kapitel detaillierter erörtert werden, um daraus resultierende Kenngrößen ableiten zu können. Aufgrund des technologischen Fortschritts können abseits der Zählungen und Stromerhebungen an einem Querschnitt auch neue Technologien genutzt werden. Daher werden bei der Erfassung von Verkehrsdaten Trajektorien- und Floating-Car-Daten gegen Querschnittsdaten abgegrenzt. Unterschiede ergeben sich durch die Erhebungsmethodik und aus den daraus ableitbaren Kenngrößen (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 7ff.).

2.3.1 Kamerabasierte Trajektorien- und Floating-Car-Daten

Trajektorien- und Floating-Car-Daten enthalten die detailreichsten Verkehrsinformationen. Sie werden mit Hilfe von Kameras (Luftbild- oder Satellitenaufnahmen) erfasst und mittels Bildverarbeitungsverfahren ausgewertet. Dabei handelt es sich um eine mobile Erfassung und es kann von einer momentanen Messung gesprochen werden. Dabei ist darauf zu achten, dass Informationen bezogen auf die Untersuchungsbereiche gleichzeitig erfasst werden müssen. Der Kameraträger (z. B. Flugzeug, Satellit) bewegt sich bei der Erfassung mit einer Eigengeschwindigkeit fort und kann entweder dieselbe oder die entgegengesetzte Richtung wie der zu erfassende Verkehr aufweisen. Die Flughöhe wird auf Basis der erforderlichen Aussagegenauigkeit festgelegt. Weiters müssen die zeitlichen Abstände der Bilder und die Aufnahmebereiche, um die Gleichzeitigkeit der Erfassung aller Informationen zu gewährleisten, entsprechend der Aufgabenstellung gewählt werden. In der Praxis werden die Erfassungsmethoden aufgrund des hohen Aufwandes weniger häufig durchgeführt. Meist werden die Bilder oder Videos von festem, erhöhtem Beobachtungsstandort (stationäre Erfassung) aus aufgenommen und haben neben der räumlichen Ausdehnung aufgrund der kontinuierlichen Aufzeichnung auch eine zeitliche Ausdehnung, wodurch sie in die raum-zeitliche Messung übergehen. Videobildverarbeitungssysteme können beispielsweise mittels automatischer Nummernschilderkennung (ANPR), die streckenbezogene Messungen liefert, genutzt werden. Die Problematik solcher Systeme ist allerdings, neben der des Datenschutzes, die aufwendige Durchführung und die hohe Fehleranfälligkeit, da die Erkennung der Nummernschilder bei ANPR-Systemen stark witterungsabhängig ist. Aus den Messdaten werden softwaregestützt Trajektorien⁷ errechnet, die im Anschluss als Raum-Zeit-Diagramm dargestellt werden können. Erst bei der Erfassung aller Fahrzeuge in einem zeitlich und räumlich abgeschlossen Bereich kann von Trajektorien- und Floating-Car-Daten gesprochen werden. Dies ermöglicht die direkte Bestimmung der Verkehrsdichte und die Auswertung der durchgeführten Fahrstreifenwechsel wird möglich. Beide Informationen können bei anderen Verfahren nicht direkt bzw. nicht ermittelt werden. Zusammenfassend lassen sich folgende Kenngrößen aus Trajektorien- und Floating-Car-Daten ermitteln (vgl. FGSV 2012, S. 62f.; Graser, Koller et al. 2012, S. 450f.; Listl 2003, S. 5f., 12; Treiber und Kesting 2010, S. 7ff.):

⁷ Trajektorien $x_{\alpha}(t)$ sind „die Positionen der Fahrzeuge α über die Zeit“. Es handelt sich dabei um Orts-Zeit-Linien (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 7).

- Lokale Geschwindigkeit v_1 (entspricht der Steigung der Trajektorien) [km/h]
- Brutto-Zeitlücken Δt_α [s]
- Brutto-Raumlücken d_α [m]
- Verkehrsstärke (auch Verkehrsfluss)⁸ q [Kfz/h]
- Verkehrsdichte k [Kfz/km]
- Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Staus u [km/h]

2.3.2 Floating-Car-Daten

Die früher durchgeführten Einzelfahrzeugmessungen bezogen sich rein auf streckenbezogene, makroskopische Kenngrößen des Verkehrsablaufs. Durch die Weiterentwicklung der Technologien in der Verkehrstelematik können die Erhebungen auf mikroskopische Bewegungsabläufe erweitert werden. Seit dieser Entwicklung wird von dem Begriff Floating-Car-Verfahren gesprochen, da die einzelnen Messfahrzeuge (floating cars) im Verkehrsstrom mitbewegt werden. Dabei wird ihr Aufenthaltsort mittels Global Positioning System (GPS) ermittelt und mit einem Zeitstempel versehen, sodass eine quasi-momentane Messung vorliegt.⁹ Des Weiteren können die Fahrzeuge mit zusätzlichen Messsensoren wie Radarsensoren ausgestattet werden, um Geschwindigkeits- und Abstandsunterschiede zum Vorderfahrzeug zu erfassen. Diese Integration fahrzeugseitiger Daten wird als Extended Floating Car Data (xFCD) bezeichnet. Prinzipiell können diese als Zeitreihen vorhandenen Informationen über eine Schnittstelle der Autos übertragen werden, wodurch deutlich detailliertere Daten als bei Trajektorien Daten vorliegen. Die Stichprobengröße der Floating-Car-Daten ist entscheidend für die Genauigkeit der ermittelten Kenngrößen (vgl. Krampe et al. 2013, S. 450; Listl 2003, S. 6f.; Treiber und Kesting 2010, S. 7f.). In der Praxis werden unterschiedliche Fahrzeugflotten wie Taxis, Lieferfahrzeuge oder öffentliche Verkehrsmittel zur Generierung der Daten genutzt, die dafür oder bereits zuvor mit einem GPS-Empfänger ausgestattet wurden. Darüber hinaus werden FC-Daten von Autoherstellern (z. B.: BMW) und Herstellern von Navigationsgeräten (z. B.: TomTom) gesammelt. Daher können für solche Systeme die Investitionskosten für die Infrastruktur und die Hardware gering gehalten werden (vgl. Graser, Dragaschnig et al. 2012, S. 1f.; Krampe et al. 2013, S. 450; Kühnel 2012, S. 2). Die Nutzung von Taxis erweist sich in weiterer Hinsicht als besonders günstig. Für ein funktionierendes Flottenmanagement wird von Taxiunternehmen kontinuierlich die Position der Fahrzeuge erfasst, sodass bei der Nutzung der Daten im Rahmen von Verkehrsauswertungen weder zusätzliche Hardware noch weitere Betriebskosten entstehen. Außerdem kann trotz des vergleichsweise kleinen Anteils der Flotte am gesamten motorisierten Individualverkehr, aufgrund der hohen Fahrleistung, eine Basisversorgung mit Floating-Car-Daten sichergestellt werden (vgl. Neumann 2011, S. 73f.).

Generell ist die Gewährleistung ausreichender Ausstattungsdaten essenziell für die Auswertung von Floating-Car-Daten. Die Fahrzeuge, die zur Datenerfassung herangezogen werden, müssen die zu untersuchenden Streckenabschnitte in bestimmten zeitlichen Abständen befahren, um hinreichend detaillierte Daten zur Auswertung der Verkehrszustände zu erhalten. Die Verkehrsstärke wirkt sich dabei auf die Anzahl der Messwerte pro Zeiteinheit bei konstanter Ausstattungsrate aus. Auf höher belasteten Strecken ist die Messdatendichte höher, wodurch besonders bei niedriger Verkehrsstärke (geringer belastete Strecken) höhere Ausstattungsdaten erforderlich sind, um eine ausreichende Datenbasis zu erhalten (vgl. Kühnel 2012, S. 149).

⁸ „Anzahl der Fahrzeuge, die einen am Ort x positionierten Querschnitt innerhalb eines Zeitintervalls überqueren.“ (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 15).

⁹ Dies stellt ein physikalisches Verfahren dar, bei dem durch Zuordnung von Koordinaten eine absolute Positionsbestimmung durchgeführt wird. Im Gegensatz dazu stehen logische Verfahren, die auf einer fahrzeugseitigen Bestimmung der Position beruhen. Hierbei werden Sensoren in den Fahrzeugen verbaut, aus denen die Position berechnet werden kann (vgl. Listl 2003, S. 48).

In Abhängigkeit vom verwendeten GPS-Empfänger und vom Datenprotokoll kann die momentane Geschwindigkeit auf zwei Arten ermittelt werden. Die erste Variante ist in allen Fällen möglich, da alle Empfänger und Datenprotokolle die dafür erforderlichen Ort-Zeit Koordinaten aufzeichnen (vgl. D'Este et al. 1999, S. 257f.), die die Fahrzeugposition bestimmen und aus deren GPS-Trajektorien konstruiert werden können. Hierfür wird die Gleichung der geradlinigen Bewegung von Massenpunkten angewendet. Durch den bekannten Ort zum Zeitpunkt 1 und 2 (s stellt dabei den Weg zwischen den beiden Orten dar) kann die mittlere Reisegeschwindigkeit mittels $\bar{v}_R = s/t$ (vgl. Kapitel 2.2.5.2) bestimmt werden (vgl. Lapiere und Steierwald 1987, S. 240). Die anschließend durchgeführte Grenzwertbetrachtung $\Delta t \rightarrow 0$ liefert die momentane Geschwindigkeit $v_{m,i}$ (vgl. Kapitel 2.2.5.1) des Einzelfahrzeugs. Eine analoge Betrachtung wird für die Beschleunigung, die die Änderung der Geschwindigkeit darstellt, durchgeführt. Momentane Geschwindigkeiten und Beschleunigungen können mittels Bewegungsprofilen über die zurückgelegte Wegstrecke dargestellt werden (vgl. Listl 2003, S. 7f.). Diese differenzielle Betrachtung ist vor allem für die Beschleunigung erforderlich, da sie direkt weder aus dem GPS-Empfänger noch aus dem Datenprotokoll entnommen werden kann (vgl. D'Este et al. 1999, S. 257f.).

Die zweite Methode zur Bestimmung der momentanen Geschwindigkeit v_m nutzt den Dopplereffekt, um Messwerte zu erhalten, die unabhängig von der Positionsberechnung sind. Dafür sind sowohl ein Empfänger als auch ein Protokoll zu verwenden, die die Geschwindigkeit direkt ausgeben können. Der Vorteil dieser Methode besteht dadurch, dass das Beobachtungsintervall für die Doppler-Geschwindigkeit im Vergleich zur Standortbestimmung deutlich kürzer ist. Somit kann die Doppler-Geschwindigkeit als das genauere Maß der momentanen Geschwindigkeit betrachtet werden. Vergleichbare Ergebnisse können die beiden Methoden ausschließlich in dem Fall liefern, in dem das Zeitintervall der Ort-Zeit Koordinaten ein sehr kurzes und die Doppler-Geschwindigkeit ein valider Indikator für die Dynamik des Fahrzeugs ist (vgl. D'Este et al. 1999, S. 257f.).

Auf Basis der Floating-Car-Daten kann die mittlere Reisegeschwindigkeit ermittelt werden, die eine zeitbezogene Mittelwertbildung impliziert. In weiterer Folge kann daraus die Reisezeit ermittelt werden. Eine direkte Aussage über die mittlere Streckengeschwindigkeit aus den vorhandenen Daten ist nicht möglich, wobei ein Zusammenhang über die Standardabweichung der Geschwindigkeitsverteilungen (vgl. Kapitel 2.2.5.2) hergestellt werden kann. Somit ergeben sich aus Floating-Car-Daten folgende ermittelbare Kenngrößen (vgl. Listl 2003, S. 9, 56; Treiber und Kesting 2010, S. 303):

- Fahrzeugposition
- Momentane Geschwindigkeit v_m [km/h]
- Momentane Beschleunigung a_m [m/s^2]
- Bewegungsganglinien und -profile¹⁰
- Mittlere Reisegeschwindigkeit \bar{v}_R [km/h]
- Reisezeit t_R [min]
- Beschleunigungsrauschen ACN [m/s^2]
- Mittlere, erwartete Rückstaulänge $\mathbb{E}_q[\bar{L}]$ [m]

Die Rückstaulänge lässt sich nur bei hinreichendem Ausstattungsgrad bestimmen. Darüber hinaus ist auf das Ausschließen von Fehlsignalen, wie zum Beispiel auf Seitenstreifen haltende Fahrzeuge, die einen Stau suggerieren, zu achten. Diese treten aufgrund der begrenzten Genauigkeit der Positionsbestimmung auf. Sollte keine hinreichend große Anzahl an Fahrzeugen der Messflotte angehören, sind darüber keine tragfähigen Aussagen möglich.

Anhand der GPS-Trajektorien aus Floating-Car-Daten können weder die Verkehrsdichte noch die Verkehrsstärke ermittelt werden (vgl. Listl 2003, S. 56; Treiber und Kesting 2010, S. 303).

¹⁰ Sie beschreiben die Geschwindigkeit über die Zeit (Ganglinie) bzw. über die Wegstrecke (Profil) (vgl. Kapitel 2.2.10)

2.3.3 Unterscheidungsmerkmale zw. kamerabasierten Trajektorien- und FC-Daten

Obwohl beide Datentypen den Ort der Fahrzeuge abhängig von der Zeit beschreiben, ergeben sich Unterschiede, die für die Auswertung von Relevanz sind. Trajektorien- und Floating-Car-Daten (FCD) enthalten alle Fahrzeuge innerhalb des Untersuchungsbereichs, wohingegen Floating-Car-Daten nur einen Teil des Verkehrs erfassen und daher gewisse Kenngrößen nicht abgebildet werden können. Darüber hinaus können im Vergleich zu Trajektorien- und FCD keine Aussagen über die genutzten Fahrstreifen gemacht werden. Größere Detaillierungsgrade ergeben sich bei Floating-Car-Daten durch fahrzeugseitiger Sensorik (xFCD), die jedoch in der Praxis selten zur Verfügung stehen (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 8).

2.3.4 Querschnittsdaten

Die automatische Erfassung von Querschnittsdaten stellt eine lokale Messung dar, wobei die Verkehrsdaten anhand eines festgelegten Straßenquerschnitts über ein bestimmtes Zeitintervall erhoben werden. Dabei wird zwischen mikroskopischer (Einzelfahrzeugdaten) und makroskopischer Erfassung (aggregierte Daten) unterschieden, worauf in Kapitel 2.2 detailliert eingegangen wird (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 13ff.).

Einzelfahrzeugdaten werden über unterschiedliche Technologien wie per Radar-, Mikrowellen-, Infrarot-, Laser-, Magnetfeldsensoren, Lichtschranken oder Induktionsschleifen¹¹ erfasst, wobei letztere am weitesten verbreitet sind (vgl. Linauer 2005, S. 6). Zur Anwendung kommen dabei Einfach-Induktionsschleifen (meist innerorts), an denen ausschließlich der Überfahrungszeitpunkt der Fahrzeugfront und des Fahrzeughecks erfasst werden kann. Durch die, meist im Außerortsbereich zur Anwendung kommenden, Doppel-Induktionsschleifendetektoren (zwei Induktionsschleifen in einem festen Abstand), wird eine quasi-lokale Messung durchgeführt und die lokale Geschwindigkeit jedes einzelnen Fahrzeugs direkt gemessen. Dafür wird das Zeitintervall zwischen den Anstiegen der Flanken der Verstimmungskurven herangezogen und die Messung erfolgt unabhängig von der Fahrzeuggeometrie und der Belegedauer. Rechnerisch können folgende sekundäre mikroskopische Größen ermittelt werden (vgl. Höfler 2006, S. 12f.; Listl 2003, S. 4, 39f.; Treiber und Kesting 2010, S. 13ff.):

- Lokale Geschwindigkeit v_l [km/h] (bei Doppel-Induktionsschleifendetektoren)
- Fahrzeuglängen l_α [m]
- Fahrzeugklassifizierung¹²
- Brutto-Zeitlücken Δt_α [s]
- Netto-Zeitlücken T_α [s]
- Brutto-Raumlücken d_α [m]
- Netto-Raumlücken s_α [m]

Aggregierte Daten werden durch Zusammenfassung von mikroskopischen Einzelfahrzeugdaten generiert. Dabei handelt es sich um Mittelwertbildungen in fest definierten Zeitintervallen, die zwischen 20 Sekunden und 5 Minuten liegen. Dadurch werden folgende Kenngrößen ermittelt (vgl. Listl 2003, S. 4, 37; Treiber und Kesting 2010, S. 15f.):

¹¹ Induktionsschleifen werden unter der Fahrbahndecke verbaut und sind als elektrischer Schwingkreis ausgeführt. Er besteht aus einer Drahtschleife als Sonde, einem Kondensator und einer Wechselspannungsquelle. Sobald ein Metallgegenstand (Fahrzeug) die Schleife passiert, ändert sich dort der magnetische Fluss und Spannung wird induziert (vgl. Listl 2003, S. 37; Treiber und Kesting 2010, S. 13ff.). Dadurch tritt eine Verstimmung auf, deren Verlauf als Verstimmungskurve bezeichnet wird. Aufgrund der Veränderung der Verstimmung können unter anderem Ein- und Ausfahrtszeitpunkte der Fahrzeuge bestimmt werden (vgl. Höfler 2006, S. 12f.).

¹² Bei der Zählung des Kfz-Verkehrs werden Fahrzeuge üblicher Weise in sieben Klassen wie beispielsweise „PKW“, „Lieferwagen“, „LKW“, „LKW mit Anhänger“ eingeteilt. Bei der automatischen Erfassungsmethode mittels Induktionsschleife ist eine ebensolche Unterscheidung möglich (vgl. FGSV 2012, S. 33ff.).

- Verkehrsstärke q [Kfz/h]
- Belegungsgrad B [-]
- Mittlere lokale Geschwindigkeit \bar{v}_l [km/h]
- Geschwindigkeitsvarianz σ^2 [km²/h²]

Als Nachteile der Erfassung mittels Querschnitt sind die geringe Anzahl an Messquerschnitten und die ausschließlich lokale Messung zu nennen, die die Bestimmung relevanter Kenngrößen wie der Reisezeit verunmöglicht (vgl. Graser, Koller et al. 2012, S. 451).

2.4 Datenqualität und Einflussfaktoren

Im Allgemeinen können im Verkehrsablauf Schwankungen beobachtet werden, die von gegebenen Zufälligkeiten herrühren. Dies führt dazu, dass die erfassten Einzelmesswerte stark streuen. Um die stochastischen Zusammenhänge herstellen zu können, ist es üblich, die Daten in festen Intervallen zusammenzufassen. Das Intervall der Aggregation wird in Abhängigkeit von der Anwendung und daher von der gewünschten Abbildungsgenauigkeit gewählt. Zu beachten ist, dass bei zunehmender Aggregation Zufallseigenschaften (z. B. Ausreißer) nicht mehr erkennbar sind, wodurch Zusammenhänge zwischen Abläufen in einem Verkehrsprozess nicht abgebildet werden können (vgl. Höfler 2006, S. 14f., 47).

Als weitere Problematik der Erfassung können Schwankungen zwischen den aufeinander folgenden Messwerten auftreten. Für den Ausgleich zufälliger Schwankungen werden Einzelmesswerte geglättet. Dabei wird ein einzelner Messwert in eine Sequenz von Messwerten eingepasst. Für die Bestimmung des Anteils des Einzelwerts am Glättungswert, wird ein Glättungsfaktor zwischen 0 und 1 gewählt (vgl. Höfler 2006, S. 14f.).

2.4.1 Kamerabasierte Trajektoriendaten

Die Erfassung von Trajektoriendaten erfolgt, aufgrund des hohen Aufwandes bei Luftbilddaufnahmen, vorwiegend mittels Videobildverarbeitung (vgl. Kapitel 2.3.1). Dabei ist die Genauigkeit sowohl von systemimmanenten Randbedingungen der Messung als auch von externen Störgrößen abhängig. Als systemimmanent kann der Kamerastandort (Kamerahöhe, -ausrichtung, Bildausschnitt) und die Systemkonfiguration (Kalibrierung des Videobildes) aufgefasst werden. Sie sind Hauptfehlerquellen für die Fahrzeugverdeckung und von den verkehrlichen Bedingungen (Verkehrsdichte, Verkehrszusammensetzung) abhängig. Diese treten, so wie Umfeldbedingungen (Niederschlag, Sichtverhältnisse, Helligkeit), als externe Störfaktoren auf (vgl. Listl 2003, S. 72).

Fahrzeugverdeckung tritt bei nicht vollständiger Auflösung der Fahrzeugkonturen auf. So werden beispielsweise bei frontaler Aufnahme mehrere Fahrzeuge als ein Fahrzeug mit falscher Länge detektiert, wodurch Klassifizierungsfehler auftreten. Auch bei seitlicher Aufnahme kann solch ein Fehler durch die Verdeckung eines PKW durch einen LKW auftreten. Zur Vermeidung von Fahrzeugverdeckungen sollte die Kameraposition möglichst hoch und eine günstige Ausrichtung (möglichst steil) gewählt werden. Anschließend ist eine Kalibrierung des Videobildes erforderlich, um eine verzerrte Darstellung der Realebene in der Bildebene zu vermeiden. Diese führt zu Ungenauigkeiten der Ermittlung von Fahrzeuglängen und lokalen Geschwindigkeiten. Besonders problematisch ist die Gefahr der Fahrzeugverdeckung bei speziellen Verkehrsverhältnissen (hoher Verkehrsdichte und hohem Schwerverkehrsanteil). In dieser Situation treten häufig Teilverdeckungen auf, die durch unterschiedliche Lackierungen der Fahrzeuge teilweise kompensiert werden können. Geringe Kontraste zwischen den Fahrzeugen und dem Hintergrund führen dazu, dass das Fahrzeug nicht detektiert werden kann (vgl. FGSV 2012, S. 60ff.; Listl 2003, S. 72ff.).

Umfeldbedingungen können sich in auf die Qualität der Fahrzeugzählung und der Fahrzeugklassifizierung auswirken. Dunkelheit führt dazu, dass die Fahrzeugklassifizierung nicht mehr möglich ist, da unter diesen Bedingungen die Anzahl der Fahrzeuge über die Scheinwerfer

detektiert wird. Unter diesen Verhältnissen, sowie in der Dämmerung, können Mehrfachdetektionen auftreten. Diese Fehlererkennung tritt ebenso bei ungünstigem, tiefem Sonnenstand und bei Fahrbahnässe auf, da in diesen Fällen Schatten von Fahrzeugen und Reflexionen zusätzlich gezählt werden. Nichtdetektion kann durch Nebel, starke Sonneneinstrahlung oder großflächiger Schattenwurf (z. B. Gebäude) auftreten (vgl. FGSV 2012, S. 60ff.; Listl 2003, S. 75f.).

Eine andere Art der Erfassung sind Luftbilddaufnahmen, in der Sichtbehinderungen durch Schatten (von Gebäuden oder Bepflanzung) und Bäume Fahrzeuge verdecken können. Einschränkungen in der zeitlichen Abfolge der Positionsbestimmung der Fahrzeuge können durch Perspektivänderungen während des Fluges auftreten, wodurch die Geschwindigkeit der Fahrzeuge nur eingeschränkt ermittelt werden kann (vgl. FGSV 2012, S. 63).

2.4.2 Floating-Car-Daten

Die Ausstattungsrate – der Prozentsatz, der mit GPS-Sendern ausgestatteten Fahrzeuge im Verkehrsfluss – ist einer der wesentlichen Einflussfaktoren auf die Auswertung der Floating-Car-Daten. Darüber hinaus erweist sich das Meldeintervall – die Zeitspanne zwischen den aufeinander folgenden Meldungen der Einzelfahrzeuge – als für das Messergebnis entscheidend. Es ist zu beachten, dass für die jeweilige Anwendung unterschiedliche Ausstattungsraten bzw. Meldeintervalle erforderlich sind und daher keine Aussage zu einer „hohen“ oder „niedrigen“ Rate möglich sind. Allgemein gilt, dass höhere Ausstattungsraten und kürzere Meldeintervalle eher valide Ergebnisse liefern. Ein weiterer wesentlicher Faktor auf die Datenqualität ist die Repräsentativität der Trägerfahrzeuge. Sie liefern ausschließlich individuelle Verkehrsdaten und können aufgrund des eingesetzten Fahrzeugtyps (z. B.: LKW vs. PKW) variieren. Dabei können auch speziell angewendete Gruppen von Trägerfahrzeugen wie Taxis nicht zwingend als statistisch repräsentativ angesehen werden, da ihr Verhalten von dem des gesamten Verkehrs abweichen kann (vgl. Kühnel 2012, S. 56f.; Neumann 2011, S. 50).

Technisch betrachtet beschränkt hauptsächlich das Ortungssystem die Datenqualität. Die Ortungsgenauigkeit des GPS-Systems beschränkt sich unter normalen Bedingungen zwischen 10 und 20 Metern (vgl. Kapitel 2.2.1.1). Zu Ungenauigkeiten führen atmosphärische Effekte, die sich durch variierende Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Satellitensignale ergeben und dadurch zu abweichenden Signallaufzeiten führen. Darüber hinaus können Gravitationseffekte für Abweichungen der Satellitenumlaufbahn sorgen, sowie eine ungünstige Satellitenkonstellation (z. B. wenn alle Satelliten dicht beieinander oder in einer Linie liegen) zu einer Verringerung der Genauigkeit führt. Eine verteilte Anordnung der Satelliten über den Himmel führt hingegen zu günstigen Ergebnissen. Ungenauigkeiten in der Zeitmessung sind ebenso wie die Satellitenkonstellation systemimmanente Faktoren, die allerdings durch die Entfernungsmessung zu einem vierten Satelliten ausgeschlossen werden können. Ebenso können geometrische Effekte wie spezielle Stellungen der Satelliten zueinander sowie der topographisch bedingte Mehrwegeeffekt Fehlerquellen in der Ortung darstellen. Dieser Effekt tritt auf, wenn Satellitensignale nicht nur direkt vom Empfänger, sondern auch durch Reflexion an umliegenden Objekten, zum Beispiel einem See oder einem Gebäude, erhalten werden. Die dabei auftretenden unterschiedlichen Signallaufzeiten führen zu Verfälschungen bei der Positionsbestimmung. Ebenfalls topographisch bedingt ist die Satellitenabschattung, die durch Bebauung oder Bewaldung hervorgerufen (der Satellitenkontakt bricht ab) und durch ungünstige Satellitenkonstellationen verschärft werden kann. Die größten Einflussfaktoren auf die Positionsbestimmung und somit die Datenqualität haben Reflexionen und Abschattungen (vgl. Listl 2003, S. 53f.; Neumann 2011, 74f., 128).

Die Genauigkeit der Verkehrskenngrößen aus GPS-Signalen wird durch die Positionsgenauigkeit und die Streckengeometrie (Steigung sowie Kurvigkeit) bestimmt. Die bei oben beschriebener Positionsbestimmung auftretenden Fehler sind zufälliger Natur und machen den Hauptanteil des Gesamtfehlers aus. Der Einfluss der Steigung tritt durch die horizontale Projektion auf, da GPS-Empfänger ausschließlich die horizontalen Streckenanteile messen und dadurch eine

Verkürzung der Streckenlänge bewirken. Bei einer Steigung von zehn Prozent kann der relative Fehler der Geschwindigkeit mit 0,5 Prozent beziffert werden. Die Kurvigkeit führt ebenso zu einer Verkürzung der Strecke, wenn die Messpunkte direkt oder mittels Polygonen an die tatsächliche Straßengeometrie angenähert werden. Die Messfehler der Streckengeometrie können als vernachlässigbar klein angesehen werden (vgl. Listl 2003, S. 57ff.).

Einschränkungen können aufgrund der zu transportierenden Datenmengen auftreten. Aufgrund dessen sollten zur Datenübermittlung Kommunikationssysteme eingesetzt werden, deren Leistungsfähigkeit für ein hohes Datenverkehrsaufkommen geeignet ist. Rohdaten erfordern eine höhere Übertragungskapazität als aggregierten Daten. Ist die Aggregation aufgrund der Datenübertragung erforderlich, sinkt unweigerlich der Detaillierungsgrad der Messergebnisse (vgl. Kühnel 2012, S. 53f.).

2.4.3 Querschnittsdaten

Bei der automatischen Erfassung von Querschnittsdaten ist eine Plausibilisierung erforderlich, da Datenausfälle, Zeitverschiebungen oder Fehler in der Fahrzeuganalyse auftreten können. Mögliche Kontrollen sind der Vergleich der ermittelten Ganglinien oder des Schwerverkehrs mit charakteristischen Werten des Straßentyps. Bei flächigen Erhebungen können einzelne Zählstellen miteinander verglichen werden (vgl. FGSV 2012, S. 37, 46).

Bei der Analyse von Querschnittsdaten ist zu berücksichtigen, dass einzelne Stichproben, die aus einem Querschnitt entnommen wurden, nicht eindeutig interpretiert werden können. So lässt sich aus einer einzelnen Geschwindigkeitszeitreihe keine eindeutige Aussage über die Art des Staus und den Zeitpunkt des Verkehrszusammenbruchs machen. Dies kann damit erklärt werden, dass es sich um eine raumzeitliche Verkehrssituation handelt und diese nicht vollständig abgebildet werden kann. Der reine Abfall der Geschwindigkeit kann als Stau bei einer permanenten Engstelle (Fahrbahnverengungen) interpretiert werden, wobei die stromabwärtige Staufront stationär bleibt. Die Engstelle kann aber ebenso temporär sein (z. B. durch einen Unfall oder eine rote Verkehrslichtsignalanlage), sodass sich die stromabwärtige Staufront bei Auflösung der Engstelle entgegen der Fahrtrichtung bewegt (vgl. Treiber und Kesting 2010, S. 25ff.).

Zur Erfassung von Querschnittsdaten werden hauptsächlich Induktionsschleifen eingesetzt (vgl. Kapitel 2.3.1). Die dabei bekannten Einflussfaktoren auf die Datenqualität können auf Messfehler zurückgeführt werden. Lage- und formbedingte Messfehler treten durch die sogenannte Schrägfahrproblematik auf, bei der Fahrzeuge bei Spurwechselvorgängen entweder gar nicht oder doppelt erfasst werden. Umfeldbedingte Messfehler treten nur durch schadhafte Isolierungen der Drähte auf; weitere Umwelteinflüsse haben keinen Einfluss auf die Messwerte. Zeitliche Messfehler können aufgrund verzögerter Datenweitergabe zwischen der Induktivitätsänderung und der Detektormeldung beobachtet werden. Räumliche Messfehler rühren von ungenauer Einstellung der Messempfindlichkeit her, da bei zu geringer Ansprechempfindlichkeit der Detektor Fahrzeuge nicht erkennt und bei zu hoher Ansprechempfindlichkeit Fahrzeuge auf dem benachbarten Fahrstreifen detektiert werden. Durch geeignete Kalibrierung können, bis auf lage- und formbedingte Messfehler, alle Fehlerquellen ausgeschlossen werden. Trotz diverser Fehlerquellen konnten Untersuchungen zur Verkehrsstärke zeigen, dass die Zählgenauigkeit von Induktionsschleifen zwischen 90 und 99 Prozent liegt. Bei der Messung der Geschwindigkeit ist die Genauigkeit stark von der Einbauqualität abhängig, wobei Werte zwischen 90 und 98 Prozent erreicht werden. (vgl. Kühnel 2012, S. 38f.; Listl 2003, S. 38f.).

3 Baustellen in Wien

Die Stadt Wien investiert in den Ausbau und die Erneuerung der Infrastruktur, wodurch es zu Einschränkungen für alle Verkehrsträger kommt. 2017 wurden beispielsweise 12.837 Baustellen auf Wiens Straßen abgewickelt, wovon 714 im höherrangigen Straßennetz anzutreffen waren. Als verkehrsrelevant wurden 423 eingestuft, da sie eine Sperre von mindestens einer Fahrspur oder eine lokale Umleitung verursachten (vgl. Club Wien 2017). Im Jahr zuvor wurden 403 Baustellen als verkehrsrelevant betrachtet (vgl. PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2016a). Aufgrund dieser Vielzahl von Maßnahmen wurde 2015 das Baustellenmanagement für Wien neu aufgestellt. Es soll die Auswirkungen auf das Gesamtsystem mittels Verkehrsumlagerungsmodellen bei Großbaustellen vorab untersuchen und anschließend alle Baustellen zentral koordinieren. Dabei werden nicht ausschließlich Baustellen der Stadt Wien, sondern auch die Baustellen der Asfinag und der ÖBB aufeinander abgestimmt. Des Weiteren soll die Kommunikation der Maßnahmen einheitlich erfolgen, um die Bevölkerung frühzeitig zu informieren (vgl. Stadt Wien 2016).

In diesem Kapitel sollen Kriterien für die Auswahl im Rahmen dieser Untersuchung geeigneter Baustelle definiert werden. In weiterer Folge werden die in Frage kommenden Baustellen inkl. der gesetzten Maßnahmen beschrieben, um abschließend eine Wahl treffen zu können.

3.1 Auswahlkriterien

Im Rahmen dieser Diplomarbeit soll die Wirkung von Baustellen auf den städtischen Straßenverkehr gezeigt werden, weshalb das Straßennetz der Asfinag (Autobahnen und Schnellstraßen) nicht berücksichtigt wird. Dieses weist im Gegensatz zu städtischen Straßennetzen keine niveaugleichen Knotenpunkte und Lichtsignalanlagen auf, die den Verkehrsablauf im Straßennetz entscheidend beeinflussen (vgl. Lohse und Schnabel 2011a, S. 141ff.).

Die Entscheidungsfindung der zu untersuchenden Baustelle für eine adäquate Beantwortung der Forschungsfragen (vgl. Kapitel 1.2) wurde mittels Definition der Auswahlkriterien unterstützt.

- **Straßenkategorie**

Die Lage der zu untersuchenden Baustelle soll eine deutliche Einschränkung des motorisierten Individualverkehrs darstellen, um möglichst signifikante Messergebnisse zu erhalten. Dadurch wird die Wahl einer höherrangigen Straße erforderlich.

Aufgrund der Tatsache, dass Wien sowohl ein Bundesland als auch die größte Gemeinde des Landes ist, sind alle Landesstraßen auch Gemeindestraßen. Daher wird in Wien die Unterscheidung in drei Kategorien getroffen. Hauptstraßen B sind die seit 2002 in Länderbesitz befindlichen ehemaligen Bundesstraßen (ausgenommen Autobahnen und Schnellstraßen). Hauptstraßen A, auch Landeshauptstraßen, sind von besonderer verkehrlicher Bedeutung und werden aufgrund verschiedener Kriterien, wie zum Beispiel der Verkehrsbelastung, beurteilt. Beide Kategorien werden per Verordnung des Gemeinderates festgelegt. Alle nicht enthaltenen Straßen werden als Nebenstraßen bezeichnet (vgl. Stadt Wien 2015). Im Zuge des Auswahlverfahrens sollen ausschließlich Baustellen auf Hauptstraßen A oder B berücksichtigt werden.

In einer Untersuchung konnte beobachtet werden (vgl. Schumacher 2018, S. 41f.), dass Taxifahrer Hauptstraßen sehr häufig nutzen, obwohl die kürzesten Routen zwischen Quelle und Ziel über Nebenstraßen führten. Daraus kann eine hohe Taxidichte auf Hauptstraßen abgeleitet werden. Nichtsdestotrotz nehmen Nebenstraßen bei

Taxifahrten den größten Anteil an befahrenen Straßen ein, da diese im Wiener Straßennetz, wie in einem innerstädtischen Umfeld üblich, überwiegen.

- Sperrzeitraum

Erhebungszeiträume für Verkehrserhebungen sind im Sommerhalbjahr von März bis Oktober außerhalb der Ferien (Juli und August) zulässig, um das Verkehrsgeschehen repräsentativ abbilden zu können (vgl. FGSV 2012, S. 28; Steierwald et al. 2005, S. 84f.). Diese Tatsache schränkt die Auswahl der Baustelle stark ein, wobei insbesondere der Sperrbeginn außerhalb der Ferien liegen soll, um einen aussagekräftigen Nachweis der Lernkurve der Autofahrer (vgl. Kapitel 1.2) zu Beginn der Bauarbeiten führen zu können.

Ein optimaler Zeitraum der Sperre ohne Tangierung der Sommerferien erscheint für Großbaustellen nicht möglich, da es Ziel des Baustellenmanagements sein muss, die Verkehrsauswirkungen so niedrig wie möglich zu halten und in diesem Zeitraum das geringste Verkehrsaufkommen des Jahres vorherrschend ist.

- Dauer der Baustelle

Für die Untersuchung der Lernkurve der Autofahrer, die zu einem Rückgang der Staulängen und zu einem damit einhergehenden neuen Gleichgewichtszustands führt, ist eine Baustelle von längerer Zeitdauer erforderlich. Dabei wurde von Knoflacher nachgewiesen, dass die vollständige Anpassung an die neuen Gegebenheiten etwa nach einem Monat erfolgt. Die Wahl einer Alternativroute war in dieser Untersuchung nicht möglich (vgl. Knoflacher 2007, S. 187f.). Im Zuge der Untersuchung der Diplomarbeit sollen deswegen Baustellen mit Sperrdauern von über einem Monat berücksichtigt werden.

- Bauphasen

Mehrere Bauphasen innerhalb eines Projekts führen dazu, dass unterschiedliche Verkehrssicherungsmaßnahmen gesetzt werden müssen, die die Verkehrsauswirkungen verändern (vgl. Grundeis und Kollarits 2017, S. 292). Im weiteren Sinne enthalten Wanderbaustellen ebenso mehrere Bauphasen, da Teilabschnitte zu unterschiedlichen Zeitpunkten gesperrt werden. Dadurch wird die Lernkurve des Autofahrers erneut unterbrochen und er muss auf die geänderte Situation mit neuen Lösungsstrategien reagieren. Für diese Untersuchung kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass der Nachweis der Lernkurve (vgl. Kapitel 1.2) nicht eindeutig möglich ist. Daher soll darauf verzichtet werden, Baustellen mit unterschiedlichen Bauphasen zu untersuchen.

- Totalsperre

Ein neuer Gleichgewichtszustand durch eine Baustelle kann nur nachgewiesen werden, wenn der Straßenzug oder die Kreuzung nicht komplett gesperrt ist. Sonst wäre es möglich, dass die Autofahrer auf das umliegende Tertiärnetz (Nebenstraßen) ausweichen und damit eine schwer nachzuweisende, reine Umlagerung des Verkehrs (wie bei heutigen Verkehrsmodellen prognostiziert) stattfände. Ein Lerneffekt (vgl. Knoflacher 2007, S. 187f.) oder die Elastizität des Straßennetzes (vgl. Mayerthaler et al. 2010, S. 30) könnten bei einer Totalsperre nicht nachgewiesen werden.

- **Wiederherstellung der Verkehrsstruktur**
Strukturen, wie zum Beispiel bauliche Elemente, beeinflussen das Verhalten der Menschen, was sich wiederum in gemessenen Daten widerspiegelt (vgl. Knoflacher 2007, S. 46ff.). Soll das Verhalten nach einer Baustelle beschrieben werden, müssen die dafür verantwortlichen Strukturen unverändert im Vergleich zu den Bedingungen vor der Baustelle sein. Ist dies nicht der Fall, kann nicht festgestellt werden, ob die Veränderung des Verhaltens aufgrund des Eingewöhnungseffekts durch die Baustelle oder durch die Veränderung der Strukturen hervorgerufen wird. Für den Nachweis, wie sich Autofahrer nach Beendigung der Arbeiten ohne dauerhafte Veränderung der Strukturen verhalten, wäre eine Wiederherstellung günstig.
- **Taxidichte**
Eine Auswertung der zwischen Juni und November 2015 in Wien erhobenen Taxidaten zeigt, dass, bei Betrachtung der Besetztfahrten, die Start- und Zielpunkte der Fahrten geografisch sehr ungleich verteilt sind. Daraus lässt sich eine hohe Taxidichte in Zentrumsnähe und eine besonders niedrige nördlich der Donau (21. und 22. Bezirk) ableiten (vgl. Schumacher 2018, S. 22f.). Untermauert wird der Zusammenhang zwischen den Start- und Zielpunkten der Fahrten und der Taxidichte durch durchschnittlich per Taxi zurückgelegten kurze Distanzen (5.655 m) (vgl. Schumacher 2018, S. 36). Für die Generierung aussagekräftiger Daten ist eine hohe Taxidichte erforderlich, weshalb eine Baustelle mit hoher Zentralität gewählt werden soll.
- **Interaktion mit anderen Baustellen**
Um Messergebnisse nicht zu verfälschen und die zugehörigen Kausalitäten einer Baustelle zuordnen zu können, soll in naher Umgebung der zu untersuchenden Baustelle im Auswertungszeitraum keine andere Engstelle des Verkehrs eingeführt werden. Dies würde zu Interaktionen zwischen den Engstellen führen und auftretende Effekte könnten nicht interpretiert werden.
- **Andere Einflüsse**
Über die Hauptauswahlkriterien hinaus sollen andere Einflüsse mitberücksichtigt werden, die die Ergebnisse beeinflussen können. Dazu zählen Straßenbahnen, die durch Beeinflussung von Verkehrslichtsignalanlagen oder Langsamfahrstellen im Bereich von Gleisbaustellen zusätzliche Staus hervorrufen können.
Das Vorhandensein von Sonderfahrspuren (z. B. Taxispuren oder Busspuren zur Mitbenützung der Taxis) im Baustellenbereich kann zu anderem Verhalten der Taxis im Vergleich zum motorisierten Individualverkehr führen (vgl. Neumann 2011). Dies soll ebenso vermieden werden, um die Taxis möglichst im Verkehr „mitschwimmen“ zu lassen und keine besonderen Fahrspuren zu untersuchen.
Taxistandplätze führen zwar zu einer hohen Taxidichte, jedoch darf deren Standort die Messungen nicht beeinflussen. Aufgrund ungenauer GPS-Ortung und anschließendem Map-Matching (vgl. Kapitel 2.2.1) sowie Fehlsignalen (vgl. Kapitel 2.3.2) könnten die abgestellten Fahrzeuge einen Stau anzeigen, obwohl ein stabiler Verkehrszustand vorliegt. Dies wird in dieser Untersuchung jedoch ausgeschlossen, in dem nur Besetztfahrten ausgewertet und somit keine an Standplätzen stehenden Taxis erfasst werden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Taxifahrer im Zeitraum der Baustelle andere Standplätze anfahren, wobei dies mutmaßlich kaum eine Änderung der Taxidichte der Besetztfahrten verursacht.

3.2 Untersuchte Großbaustellen

Aufgrund der großen Anzahl verkehrsrelevanter Baustellen pro Jahr ist eine vollständige taxative Aufzählung und Beschreibung im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich bzw. nicht zielführend. Daher wird auf Basis der in Kapitel 3.1 erörterten Kriterien, insbesondere aufgrund der Straßenkategorie und der Taxidichte, eine Vorauswahl der Baustellen, die aus den Jahren 2016 bis 2019 ausgehoben werden, getroffen. Ist keine ausreichende Taxidichte zu erwarten (vgl. Schumacher 2018, S. 22f.) und/oder handelt es sich um Nebenstraßen (vgl. Kapitel 3.1), werden die Sperren nicht weiter berücksichtigt. Baustellen, die diese Kriterien einhalten, sollen in weiterer Folge kurz zusammengefasst und anschließend die finale Auswahl getroffen werden.

Anzumerken ist, dass die Umsetzung der Großbaustellen meist in der Ferienzeit erfolgt, da eine Verringerung des Verkehrsaufkommens von bis zu 20 Prozent erwartet werden kann (PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2019b). Die daraus resultierende Problematik ist, dass im Rahmen dieser Arbeit die Elastizität des Straßennetzes (vgl. Kapitel 1.2) nachgewiesen werden soll und dies einfacher möglich wird, wenn zu Beginn der Baustelle ein übliches Verkehrsaufkommen im Untersuchungsgebiet beobachtet werden kann. Dies lässt sich durch die jahresmittleren Monate, die von März bis Oktober (ausgenommen Sommerferien) definiert werden, kennzeichnen (vgl. FGSV 2012, S. 26).

Bei der zeitlichen Koordinierung wird des Weiteren darauf geachtet, dass nach Möglichkeit keine Interaktion zwischen den Baustellen auftritt. Eine wichtige Rolle bei Großbaustellen spielen dabei baustellenfreie Korridore, um den Verkehrsfluss auf möglichen Ausweichrouten aufrechtzuerhalten (PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2017b).

3.2.1 Baustellen 2016

Im Jahr 2016 wurden 403 verkehrsrelevante Baustellen durchgeführt, wobei der Fokus bei Großprojekten auf der Sanierung des hochrangigen Straßennetzes lag (z. B. fünf Baustellen auf der Südosttangente; A23). Im Netz der Gemeindestraßen wurden sechs „Highlights“ (Schottenring, Getreidemarkt, Plateau Währinger Straße/Spitalgasse/Nußdorfer Straße, Äußerer Neubaugürtel, Plateau Triester Straße/Wienerbergstraße und Wattgasse) umgesetzt (vgl. ORF Wien 2016a, 2016b). Aufgrund der nicht ausreichend hohen Zentralität und der daher zu erwartenden geringen Taxidichte (vgl. Schumacher 2018, S. 22f.) wurde auf die weitere Miteinbeziehung der Baustellen der Wattgasse und des Kreuzungsplateaus Triester Straße/Wienerbergstraße verzichtet.

3.2.1.1 1., Schottengasse

Von 02.08. bis 26.08. wurde die Schottengasse (Straßenkategorie: Hauptstraße A) im Abschnitt zwischen Maria-Theresien-Straße und Ring für beide Fahrtrichtungen gesperrt. Darüber hinaus war das Linksabbiegen vom Ring in die Schottengasse und das Rechtsabbiegen von der Universitätsstraße in die Schottengasse nicht möglich. Im Zuge der Arbeiten wurde ein Lückenschluss des Radweges am Außenring vollzogen (vgl. ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen 2016b; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2016d).

Die Totalsperre inkl. lokaler Umleitungen und die kurze Sperrdauer würden dazu führen, dass es ausschließlich zu Umlagerungseffekten käme und den Autofahrern nicht ausreichend Zeit bliebe, sich auf die Baustelle einzustellen. Darüber hinaus erschwerte der Zeitpunkt des Beginns der Sperre in der verkehrsschwachen Ferienzeit den Nachweis der Eingewöhnung der Autofahrer (vgl. Kapitel 3.1.). Der Lückenschluss des Radweges führt dazu, dass die Verkehrsstrukturen nicht wiederhergestellt wurden. Außerdem war den Taxis die Nutzung einer Sonderspur der Schottengasse im Abschnitt von der Schottenbastei bis zum Schottenring gestattet, wodurch das Verhalten im Vergleich zum motorisierten Individualverkehr verändert wurde.

3.2.1.2 1., Schottenring

Aufgrund von Gleisbauarbeiten am Außenring im Bereich des Schottenrings (Straßenkategorie: Hauptstraße A), wurden Sperren von Fahrstreifen erforderlich. Die Arbeiten fanden von 27.06. bis 31.07. statt, wobei untertags ein und nachts zwei Fahrstreifen gesperrt wurden. Von 08.07. bis 11.07. war die Sperre von zwei Fahrstreifen ganztägig erforderlich. Zusätzlich mussten im gleichen Zeitraum im Bereich Heßgasse/Schottenring aufgrund eines akuten Gebrechens Wasserrohre getauscht werden (vgl. ORF Wien 2016a; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2016b).

Als problematisch können die Dauer, die die Vorgabe mit fünf Wochen nur knapp erfüllt, und der Beginn der Sperre in der Woche vor Beginn der Sommerferien in Wien am 02.07. (vgl. Moser 2016) angesehen werden. Nach einer Woche kam es aufgrund des geringeren Verkehrsaufkommens in den Ferien zu einem Abbau des potenziellen Staus, sodass die Elastizität des Straßennetzes nicht nachgewiesen werden könnte (vgl. Kapitel 1.2). Die Bauphasen während der Fahrstreifenreduktion können aufgrund der tageszeitabhängigen Einschränkungen (sowie einer weiteren Reduktion der Kapazität an einem Wochenende) den Lerneffekt der Autofahrer beeinflussen. Unklar bleibt der Einfluss der Straßenbahn auf den motorisierten Individualverkehr, da aufgrund der Gleisbaustelle mit Langsamfahrstellen zu rechnen war und die Ampelschaltungen für diese Art von Baustellen nicht angepasst werden. Aufgrund dessen ist mit zusätzlichen Behinderungen für den motorisierten Individualverkehr durch die Straßenbahn zu rechnen, wobei diese vorab nicht näher quantifiziert werden können.

Darüber hinaus ist eine Interaktion mit der Baustelle der Schottengasse (vgl. Kapitel 3.2.1.1) wahrscheinlich, da diese beiden Baustellen nahezu ohne Übergang ineinander übergehen. Somit kann von der Wiederherstellung der Verkehrsstrukturen im Bereich der Schottenrings erst im Anschluss an die Baustelle in der Schottengasse ausgegangen werden.

3.2.1.3 6., Getreidemarkt

Auf dem Getreidemarkt (Straßenkategorie: Hauptstraße A) wurde zwischen der Lehargasse und der Rechten Wienzeile von 05.07. bis 02.09. ein baulicher Radweg errichtet. Dabei waren zwischen Lehargasse und der Linken Wienzeile nur zwei Geradeausspuren verfügbar und das Abbiegen in die Linke Wienzeile verboten. Hierfür wurde eine lokale Umleitung über die Lehargasse und die Millöckergasse eingerichtet. Um die Beeinträchtigungen für den Verkehr so gering wie möglich zu halten, wurde ab dem 25.07. ein dritter Fahrstreifen bis zur Linken Wienzeile geöffnet, jedoch in der Operngasse ein Fahrstreifen gesperrt. Anfang August wurde die Umleitung vom Getreidemarkt zur Linken Wienzeile beendet und die gesamte Fahrbahn auf dem Getreidemarkt wieder geöffnet. Der Vorplatz des Naschmarktes (Abschnitt zwischen Linker und Rechter Wienzeile) wurde ebenso umgestaltet, weshalb es während der gesamten Bauzeit zur Reduktion von vier auf drei Fahrspuren kam (ORF Wien 2016a; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2016a, 2016b, 2016d).

Bei dieser Baustelle liegt keine Totalsperre vor, jedoch ist eine Reduktion der Fahrmöglichkeiten festzustellen und ein Ausweichen auf Nebenstraßen außerhalb der lokalen Umleitung nicht auszuschließen. Die Dauer der Gesamtbeeinträchtigung kann als günstig beurteilt werden, jedoch ist bei detaillierter Betrachtung die Dauer der stärkeren Beeinträchtigung auf den Zeitraum zwischen 05.07. und Anfang August beschränkt. Anschließend beginnt eine neue Bauphase, die zu geringeren Beeinträchtigungen führt und die Lernkurve der Autofahrer (vgl. Kapitel 1.2) aufgrund der geänderten Verhältnisse beeinflusst.

3.2.1.4 9., Währinger Straße/Spitalgasse/Nußdorfer Straße

Im Kreuzungsplateau Währinger Straße/Spitalgasse/Nußdorfer Straße (Straßenkategorien: Hauptstraße A) wurden ab 04.07. bis 04.09. 150 m Gleise, zwei Weichen und eine Kreuzung

getauscht sowie der nahegelegene Haltestellenbereich Sensengasse umgebaut. Für den motorisierten Individualverkehr wurden die Fahrrelationen Währinger Straße Richtung Währinger Gürtel, Nußdorfer Straße Richtung Zentrum und Spitalgasse Richtung Döblinger Gürtel gesperrt. Aufgrund dessen wurden lokale Umleitungen von der Spitalgasse kommend über die Sensengasse und die Währinger Straße zur Nußdorfer Straße sowie von der Währinger Straße in Fahrtrichtung Gürtel über die Nußdorfer Straße eingeführt.

Die lokalen Umleitungen führen zu unbekanntem Umlagerungen und erlauben keinen Nachweis der Anpassung der Autofahrer an die neue Situation. Diese Problematik wird durch den Sperrzeitraum untermauert, der in die zwischen 02.07. und 04.09. liegenden Sommerferien (vgl. Moser 2016) fällt. Der durch die Ferien einhergehende Rückgang des Verkehrsaufkommens führt dazu, dass das vermutete Staumaximum in den ersten Tagen der Baustelle reduziert wird. Des Weiteren wird der Einfluss der fünf (von sieben) dort während der Bauzeit planmäßig verkehrenden Straßenbahnlinien (37, 38, 40, 41 und 42) nicht quantifizierbar. Sie queren die Kreuzung vollständig, sodass Verzögerungen aufgrund der baustellenbedingten Langsamfahrstellen möglich sind (vgl. Netopilik 2016a; ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen 2016a; Wiener Linien GmbH & Co KG 2016).

Zeitgleich zu dieser Baustelle wurden Wasserrohre in der Hörlgasse und der Straße des 8. Mai getauscht, weshalb jeweils ein Fahrstreifen gesperrt werden musste (vgl. Netopilik 2016b). Durch die räumliche Nähe kann von einer gegenseitigen Beeinflussung der Baustellen ausgegangen werden, die in weiterer Folge zur Verzerrung der Ergebnisse führen könnte.

3.2.1.5 15., Äußerer Neubaugürtel

Der motorisierte Individualverkehr wurde am Äußeren Neubaugürtel (Straßenkategorie: Hauptstraße B) von 21.06. bis 04.09. zwischen Gablenzgasse und Goldschlagstraße aufgrund von Wasserrohrverlegungsarbeiten und anschließender Oberflächeninstandsetzung stark beeinträchtigt. Dabei wurden an Wochentagen mindestens zwei (von vier) bzw. in der Nacht und am Wochenende mindestens eine Fahrspur aufrechterhalten. Darüber hinaus wurden vom 05.07. bis 02.09. am Äußeren Gürtel von der Gürtelbrücke bis zum Wiedner Gürtel im gesamten Bereich Fahrbahnsanierungsarbeiten durchgeführt, die tagsüber unter Freihaltung von zwei Fahrstreifen durchgeführt wurden. Arbeiten, die eine Sperrung weiterer Fahrstreifen erforderten, wurden in der Nacht oder am Wochenende umgesetzt. Durch die räumliche und zeitliche Gleichheit der Projekte können Interaktionen nicht ausgeschlossen werden (vgl. ORF Wien 2016a; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2016b, 2016c, 2016d).

Als Vorteil erweist sich der Sperrzeitraum und vor allem der zwei Wochen vor Ferienbeginn angesetzte Baustellenbeginn. Allerdings steht kein vollständiger Monat (vgl. Kapitel 3.1) bei repräsentativer Verkehrsbelastung für die Beobachtung des Verhaltens der Autofahrer zur Verfügung. So könnte die beobachtete Abnahme des Staus nicht durch die Elastizität des Verkehrsnetzes, sondern durch den Ferienbeginn hervorgerufen werden.

Für die Lernkurve der Autofahrer als nachteilig kann die dynamische Sperre der Fahrspuren je nach Bedarf und Baufortschritt angesehen werden. Dadurch liegt keine einheitlich reduzierte Kapazität vor und tägliche Anpassungen beeinflussen die Messergebnisse.

Um die Baustelle zu entlasten, sollte sie möglichst großräumig umfahren werden. Dabei führte eine mögliche Ausweichroute über die Wattgasse, die im Zeitraum von 01.07. bis 30.09. selbst von einer Baustelle zwischen Hernalser Hauptstraße und Geblergasse betroffen war. Dort wurden Arbeiten an Gas- und Wasserleitungen und anschließend Straßen- und Gleisbauarbeiten durchgeführt (vgl. ORF Wien 2016a). Aufgrund der geringen Taxidichte und der eher radial als tangential verlaufenden Taxifahrten (vgl. Schumacher 2018, S. 22f.) wird auf eine Miteinbeziehung der Baustelle in das Auswahlverfahren verzichtet. Jedoch ist die Baustelle in der Hernalser Hauptstraße aufgrund einer möglichen Beeinflussung der Baustelle auf dem Äußeren Neubaugürtel relevant.

3.2.2 Baustellen 2017

Die Baustellen-Großprojekte wurden im Jahr 2017 auf dem Stephansplatz, der Ringstraße (Bereich: Schottenring), dem Getreidemarkt (inkl. Nebengassen), dem Inneren Neubaugürtel und dem Lerchenfelder Gürtel (Abschnitt: Seidengasse bis Pfeilgasse), dem Josef-Matthias-Hauer-Platz, dem Baumgartner Spitz (Bereich: Linzer und Hütteldorfer Straße), dem Flötzersteig (Abschnitt: Tinterstraße bis Flötzersteigsteg) und dem Johann-Nepomuk-Berger-Platz umgesetzt. Die bereits geplante Baustelle in der Hadikgasse, in der Maßnahmen im Straßenbau, im Gleisbau und die Sanierung der Wasserrohre durchgeführt werden sollten, wurde auf das Jahr 2018 verschoben, da kleinere Arbeiten auf dem Flötzersteig und dem Baumgartner Spitz als dringlicher bewertet wurden (vgl. Aigner 2017; ORF Wien 2017b; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2017a, 2017b).

Die Sanierungsarbeiten auf dem Stephansplatz werden für die Untersuchung nicht näher in Betracht gezogen, da ausschließlich Belagsarbeiten in der Fußgängerzone durchgeführt wurden und daher keine Beeinträchtigung für den motorisierten Individualverkehr bestand. Für den Abschluss der Baustellen auf dem Flötzersteig und dem Baumgartner Spitz ist die zu geringe Zentralität und die daraus resultierende zu erwartende niedrige Taxidichte (vgl. Schumacher 2018, S. 22f.) verantwortlich.

3.2.2.1 1., Schottenring

Im Zuge von Gleisbauarbeiten musste auf dem Schottenring (Straßenkategorie: Hauptstraße A) im Bereich Wipplinger Straße von 31.07. bis 27.08. untertags ein und nachts zwei (von drei) Fahrstreifen gesperrt werden, wodurch die Zufahrt zur Wipplinger Straße ausschließlich über die Maria-Theresienstraße möglich war. Eine Totalsperre des Rings wurde von 11.08. ab 22.00 bis 16.08. um 05.00 erforderlich, wodurch weitere lokale Umleitungen umgesetzt werden mussten. In diesem Zeitraum mussten auch die Straßenbahnen kurzgeführt werden (vgl. PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2017c).

Die Dauer der Sperre kann mit vier Wochen als kurz betrachtet werden und findet aufgrund der Ferien im verkehrsschwächsten Monat des Jahres statt, sodass ein Nachweis der Elastizität des Straßennetzes (vgl. Kapitel 1.2) mit signifikantem Charakter schwierig möglich ist. In weiterer Folge wurde eine Totalsperre (zweite Bauphase) und daher eine Veränderung der Verkehrsbedingungen verursacht, wodurch einerseits unbekannte lokale Routenänderungen der Autofahrer zu erwarten sind, andererseits die Lernkurve der Autofahrer beeinflusst wird. Darüber hinaus treten während der gesamten Bauzeit tageszeitabhängige Einschränkungen auf, wodurch ein variables Verhalten der Autofahrer vorhersehbar ist. Eine nicht näher quantifizierbare Einflussgröße, ähnlich wie in Kapitel 3.2.1.2, stellt die Straßenbahn dar, da durch Langsamfahrstellen im Bereich der Gleisbaustelle mit zusätzlichen Behinderungen unregelmäßiger Natur für den motorisierten Individualverkehr zu rechnen ist.

3.2.2.2 6., Getreidemarkt

Auf dem Getreidemarkt (Straßenkategorie: Hauptstraße A) wurden von 03.05. bis 03.09. Wasserrohrverlegungen, eine neue Fußgängerquerung und die Fortführung der Umsetzung (vgl. Kapitel 3.2.2.2) neuer Radwege vollzogen. Dabei wurde eine der drei Fahrspuren des motorisierten Individualverkehrs zu einem baulich getrennten Fahrradweg umgestaltet (vgl. ORF Wien 2017c). Während der Umsetzung wurden zwischen Babenbergerstraße und Lehargasse untertags zwei (wie nach Fertigstellung des Projekts), nachts und an Wochenenden ein Fahrstreifen je Fahrtrichtung freigehalten (vgl. ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen 2017). Zwischenzeitlich, von 11.08. bis 15.08., wurde nur ein Fahrstreifen in Fahrtrichtung Naschmarkt aufrechtgehalten, wohingegen der Abschnitt von der Gauermanngasse bis zur Babenbergerstraße Fahrtrichtung Rathaus komplett gesperrt wurde. Eine lokale Umleitung via Karlsplatz, Kärntner Straße und

Opernring wurde eingerichtet. In diesem Zeitraum wurde ebenso die Gumpendorfer Straße von Theobaldgasse bis Getreidemarkt gesperrt, wobei eine lokale Umleitung über die Lehargasse zum Getreidemarkt eingerichtet wurde. In der letzten Bauphase zwischen 16.08. und 03.09. wurden zwischen 9 und 15 Uhr zwei Fahrstreifen in Fahrtrichtung Naschmarkt geöffnet und in Fahrtrichtung Rathaus ein Fahrstreifen befahrbar gemacht. In der Nacht und am Wochenende stand wieder ein Fahrstreifen pro Fahrtrichtung zur Verfügung (vgl. PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2017c).

Der Sperrzeitraum kann aufgrund des Beginns der Sperre vor den Sommerferien am 01.07. (vgl. Moser 2017) als günstig angesehen werden. Jedoch führt die Planung der Baustellen mit diversen Bauphasen und daraus resultierenden Einschränkungen für einen erneuten Lernprozess der Autofahrer. Auch nach Abschluss der Arbeiten kann das Verhalten der Autofahrer nicht wieder auf den Zeitpunkt vor der Baustelle zurückgehen, da die Strukturen nicht wiederhergestellt werden (eine Fahrspur fällt dauerhaft weg). Darüber hinaus kann es als wahrscheinlich angenommen werden, dass nach Ferienende am 03.09. (vgl. Moser 2017) das Verkehrsaufkommen zunehmen wird, unabhängig von der Verhaltensänderung der Autofahrer durch die Beendigung der Baustelle. Beide Kriterien werden für die Untersuchung als ungünstig bewertet.

3.2.2.3 7., 8., Innerer Neubaugürtel und Lerchenfelder Gürtel

Aufgrund des Ausmaßes der Arbeiten wurde im Abschnitt des Innerer Neubaugürtels und des Lerchenfelder Gürtels (Straßenkategorie: Hauptstraße B) zwischen der Seidengasse und der Pfeilgasse bereits vor den Sommerferien von 15.05. bis 03.07. die Sperre einer Fahrspur vorgenommen (vgl. Gretz-Blanckenstein 2017). Von 03.07. bis 03.09. wurden untertags zwei (von vier) Fahrspuren gesperrt bzw. in der Nacht und am Wochenende verblieb nur eine Fahrspur (vgl. ORF Wien 2017a). Dies führte zu Beginn der neuerlichen Fahrstreifenreduktion zu kilometerlangen Rückstaus (vgl. ORF Wien 2017d). Eine weitere Einschränkung erfolgte von 20.00 des 11.08. bis 05.00 des 16.08., um die Straßenbauarbeiten am Kreuzungsplateau Lerchenfelder Straße/Lerchenfelder Gürtel durchführen zu können. Dafür musste die Gürtelverbindungsfahrbahn in der Verlängerung der Lerchenfelder Straße bzw. der Thaliastraße komplett gesperrt werden (vgl. PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2017c). Das Projekt wurde Ende September abgeschlossen. Darüber hinaus wurden auf dem gesamten Inneren Gürtel abschnittsweise Betonfeldsanierungen durchgeführt (vgl. PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2017b).

Als Vorteil des Projekts erweist sich der Sperrzeitraum, der aufgrund des frühzeitigen Beginns der Sommerbaustelle inkl. der erwarteten Eingewöhnungszeit der Autofahrer vor den Beginn der Sommerferien am 01.07. (vgl. Moser 2017) fällt. Ebenfalls positiv kann die Sperrdauer bewertet werden, da die Baustelle erst Ende September vollständig beendet werden konnte.

Bereits vor der Umsetzung der Sperre wurden die Einschränkungen als problematisch eingeschätzt, da keine adäquate Umleitungsmöglichkeit bestand (vgl. ORF Wien 2017a) und zeitweise nicht alle Fahrrelationen aufrechterhalten werden konnten. Dadurch kann die Elastizität des Straßennetzes nicht treffsicher bestimmt werden (vgl. Kapitel 3.1). Aufgrund der lokal kaum möglichen Ausweichrouten war ein großräumiges Ausweichen erforderlich. Für die Untersuchung der Umleitungsrouten (vgl. Kapitel 1.2) wäre es essenziell, wenn diese wiederum baustellenfrei gewesen wären. Jedoch wurde der Josef-Matthias-Hauer-Platz (vgl. Kapitel 3.2.2.4) teilweise und der Johann-Nepomuk-Berger-Platz (vgl. Kapitel 3.2.2.5) komplett für den motorisierten Individualverkehr gesperrt, sowie Teile der Wattgasse, der Lidlgasse und der Richthausenstraße sowie der Gersthofer Straße ab dem 03.07. für einen neuen Radweg und Fahrbahnsanierungen mit Umleitungen versehen (vgl. ORF Wien 2017b). Trotz der teilweise zeitlich versetzten Abwicklung der weiteren Projekte erscheint die Baustelle bzgl. dieses Kriteriums nur bedingt geeignet.

Die aufgrund der Untersuchung von Schumacher (2018, 22f.) in diesem Bereich geringe Taxidichte wird die Baustelle nicht in das Auswahlverfahren aufgenommen; sie erscheint allerdings als Interaktion zu anderen Baustellen relevant.

3.2.2.4 8., Josef-Matthias-Hauer-Platz

Von Anfang Juli bis 27.08. wurden Gleisbauarbeiten auf dem Josef-Matthias-Hauer-Platz (Straßenkategorie: Hauptstraße A) durchgeführt, weshalb eine Einbahnregelung über den Platz und lokale Umleitungen für den motorisierten Individualverkehr erforderlich wurden. Die Josefstädter Straße wurde zwischen Stolzenthalergasse und Albertgasse komplett gesperrt, wodurch ebenfalls lokale Umleitungen erforderlich wurden (vgl. Aigner 2017; Mickel-Göttfert 2017).

Der Sperrzeitraum erstreckte sich beinahe vollständig über die Sommerferien, die zwischen 01.07. und 03.09. (vgl. Moser 2017) angesetzt waren. Zu Beginn der Ferien ist mit einem Rückgang des Verkehrsaufkommens zu rechnen, wodurch das vermutete Staumaximum in den ersten Tagen der Baustelle reduziert wird. Auch die Totalsperre (vgl. Kapitel 3.1) einiger Fahrrelationen und der Josefstädter Straße sind für die Untersuchung ungünstig, da eine mögliche reine Umlagerung auf die umliegenden Nebenstraßen nur schwer von der Elastizität unterschieden und daher kaum beurteilt werden kann.

Eine gegenseitige Beeinflussung der Baustellen im Bereich des Lerchenfelder Gürtels (vgl. Kapitel 3.2.2.3) und des Josef-Matthias-Hauer-Platzes erscheinen aufgrund der möglichen von Autofahrern gewählten Umleitungen als denkbar, wodurch zusätzliche Verkehrsbelastungen auftreten können. Diese Effekte sind in weiterer Folge keiner Baustelle eindeutig zuordenbar und beeinflussen die Lernkurve der Autofahrer, da die Baustellen zu unterschiedlichen Zeitpunkten begannen.

Einen schwer zu quantifizieren Einfluss stellen die Straßenbahnlinien 2, 5 und 33 dar, die das Kreuzungsplateau befahren, weil eine Langsamfahrstelle aufgrund der Gleisbaustelle eingerichtet werden musste. Dies könnte zu unregelmäßigen Verzögerungen für den motorisierten Individualverkehr führen.

3.2.2.5 16., Johann-Nepomuk-Berger-Platz

Im Zuge der Linienauskreuzung der Straßenbahnlinien 2 und 44 mussten umfangreiche Bauarbeiten am Johann-Nepomuk-Berger-Platz (Straßenkategorie: Hauptstraße A) durchgeführt werden. Dabei wurden Gas-, Strom- und Wasserleitungen verlegt bzw. stillgelegt und Gleis- und Straßenbaumaßnahmen getroffen. Anschließend sollte durch eine Verkehrsberuhigung der beiden anliegenden Nebenstraßen und einer Umgestaltung des Platzes inkl. einer 3.800 m² großen Parkanlage die Kreuzung attraktiviert werden. Die Vorarbeiten begannen zu Ostern Anfang April; ab 03.07. bis Ende Dezember mussten der Platz und die angrenzenden Nebenstraßen für den motorisierten Individualverkehr komplett gesperrt werden, weshalb lokale Umleitungen erforderlich wurden (vgl. Wiener Linien GmbH & Co KG 2020). Die Gleisbauarbeiten wurden am 04.09. mit Ferienende (vgl. Moser 2017) abgeschlossen und der Betrieb der Linien 2, 9 und 44 wieder aufgenommen. Jedoch wurden ab 04.09. Fahrbahnen und Gehsteige am Ottakringer Platz, in der Ottakringer Straße von der Baldiagasse bis zur Blumberggasse, in der Rosensteingasse vom Lorenz-Bayer-Platz bis zum Johann-Nepomuk-Berger-Platz und in der Taubergasse von der Teichgasse bis zum Johann-Nepomuk-Berger-Platz umgebaut und saniert. Abschließend wurden im Frühjahr 2018 bis Sommer 2018 die Umgestaltung der beiden Nebenstraßen umgesetzt (vgl. PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2017d; Wiener Linien GmbH & Co KG 2020).

Aufgrund der Dimension der Baustelle ist eine ausschließliche Sperre in den Sommerferien nicht möglich. Daher erweist sich der Sperrzeitraum unter hoher Verkehrsbelastung als günstig, jedoch mit der Beeinträchtigung, dass die erste Beeinflussung des Verkehrs in der Osterwoche auftritt (schwächeres Verkehrsaufkommen). Die daraus resultierende Dauer ist für die Auswertung günstig, allerdings würde sie mit einem Untersuchungszeitraum von über einem Jahr den Rahmen dieser Arbeit übersteigen. Aufgrund der Dauer wurden verschiedene Bauphasen eingeführt, um die Totalsperre so kurz wie möglich zu halten. Beides führt zu einer Beeinträchtigung der Lernkurve der Autofahrer, sodass deren Nachweis nicht eindeutig möglich ist. Nach Abschluss des Projekts wird die Verkehrsstruktur nicht wiederhergestellt, da eines der Ziele, die Verkehrsberuhigung durch bauliche Maßnahmen, verwirklicht wurde.

Nicht abzuschätzen ist die Interaktion mit der Baustelle am Inneren Neubaugürtel und dem Lerchenfelder Gürtel (vgl. Kapitel 3.2.2.3), die ihre größten Einschränkungen ebenso in den Sommermonaten Juli und August 2017 hervorrief.

3.2.3 Baustellen 2018

Österreich hatte im Jahr 2018 ab 01.07. die EU-Ratspräsidentschaft inne, weshalb die Anzahl der Baustellen zwar nicht reduziert, jedoch anders koordiniert werden musste. So wurde das Stadtzentrum in den Sommermonaten möglichst baustellenfrei gehalten und einige Projekte bereits vorab umgesetzt. Die umzusetzenden „Highlights“ befanden sich auf der Ringstraße (Abschnitt: Babenbergerstraße bis Schottengasse), dem Matzleinsdorfer Platz (Abschnitt: Margaretengürtel bis Wiedner Hauptstraße), dem Hauptbahnhof (Bereich: Absberggasse, Gräßplatz, Gudrunstraße), der Favoritenstraße (Abschnitt: Reumannplatz bis Bahnlände), der Hadikgasse (Abschnitt: Schlossallee bis Kennedybrücke), dem Äußeren Neubaugürtel (Höhe Märzstraße), der Hernalser Hauptstraße (Höhe Elterleinplatz), der Wattgasse (Abschnitt: Seeböckgasse bis Wilhelminenstraße), der Äußeren Währinger Straße (Abschnitt: Währinger Gürtel bis Gersthof) und am Spitz (Bereich: Schloßhofer Straße, Prager Straße) (vgl. ORF Wien 2018b, 2018c).

Aufgrund der zu geringen Zentralität und der daher zu erwartenden geringen Taxidichte (vgl. Schumacher 2018, S. 22f.) werden die Bauvorhaben in der Favoritenstraße und am Spitz in der Untersuchung nicht weiter berücksichtigt. Dieses Ausschlusskriterium wird ebenso im Falle des Projekts in der Wattgasse angewendet, wobei ebenso die noch geringere Taxidichte aufgrund der tangentialen Straßenführung ins Gewicht fällt. Im Zuge der von Schumacher (2018, 22f.) durchgeführten Auswertung werden die Quellen und Ziele der Taxifahrten untersucht, die auf radiale Fahrrouten schließen lassen. Weiters nicht untersucht wird die Baustelle nahe dem Hauptbahnhof im Bereich Absberggasse, Gräßplatz und Gudrunstraße, da neben der geringen Zentralität eine sehr kurze Sperrdauer (01.08. bis 03.09.) zu ungünstigem Zeitpunkt (August bis Ferienende) und eine lokale Umleitung vorliegen (vgl. Pufler 2018).

3.2.3.1 1., Ringstraße

Die Baustelle auf der Ringstraße (Straßenkategorie: Hauptstraße A) musste aufgrund der EU-Ratspräsidentschaft bereits im Frühjahr durchgeführt und in zwei Bauphasen unterteilt werden. Die erste Bauphase der Gleisbaustelle umfasste den Abschnitt vom Schwarzenbergplatz bis zur Babenbergerstraße, weshalb eine Totalsperre von 23.03. um 20.00 bis 03.04. 5.00 angesetzt wurde. Sie wurde in dem Zeitraum der Osterferien, die von 24.03. bis 03.04. reichten (vgl. Moser 2018), durchgeführt, da ein geringeres Verkehrsaufkommen von zehn bis 15 Prozent prognostiziert wurde. Es wurde eine lokale Umleitung vom Schwarzenbergplatz über die Lothringerstraße, die Friedrichstraße, den Getreidemarkt und die Museumsstraße bis zur Babenbergerstraße eingerichtet (vgl. ORF Wien 2018a).

Die Vorarbeiten zur zweiten Bauphase im Abschnitt von der Babenbergerstraße bis zur Schottengasse begannen am 23.04., wobei vorerst nur nachts zwei Fahrstreifen gesperrt wurden. Zwischen Christi Himmelfahrt und Pfingsten (09.05. bis 22.05.) kam es zu einer Totalsperre, die mittels lokaler Umleitung über die Zweierlinie umfahren werden musste. Dafür wurde bereits ab der Operngasse ein Fahrstreifen gesperrt, um das Abbiegen auf die Umleitungsstrecke zu vereinfachen. Die weiteren Einschränkungen ab 22.05. in Form einer Fahrstreifenreduktion im Arbeitsbereich dauerten bis zum 15.06. (vgl. PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2018b).

Der Sperrzeitraum ist durch die Lage außerhalb der Sommerferien günstiger als bei anderen Baustellen, jedoch ist das Verkehrsaufkommen durch andere Ferien reduziert. Die kurze Dauer der beiden Sperren und der zwischenzeitlich freie Verkehrsfluss zwischen den Bauphasen führt dazu, dass der Autofahrer jeden Zustand neu erfassen muss und die Lernkurve durch die schnelle zeitliche Abfolge nicht vollständig ausgeprägt ist. Dafür wäre eine Dauer von mindestens einem Monat erforderlich (vgl. Kapitel 3.1).

3.2.3.2 5., Matzleinsdorfer Platz (inkl. Äußerer Gürtel)

Im Zuge der Verlängerung der U-Bahn Linie U2 wurden im Bereich des Matzleinsdorfer Platzes der Kanal, Wasser-, Gas-, Strom- und Datenleitungen umgelegt. Für die dafür erforderlichen Arbeiten musste die Fahrbahn der Unterführung Matzleinsdorfer Platz/Margaretengürtel (Straßenkategorie: Hauptstraße B) auf Höhe der Hollgasse teilweise gesperrt werden. Dabei wurde ein Verschwenk der Fahrtrichtung Mariahilf in den Gegenverkehrsbereich umgesetzt, der eine Reduktion der Fahrstreifen in beide Richtungen verursachte (es stand jeweils ein Fahrstreifen zur Verfügung), jedoch eine Umleitung für den motorisierten Individualverkehr verhindert werden konnte. Die Sperre wurde im Zeitraum von 02.07. um 20.00 bis 24.08. durchgeführt (vgl. ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen 2018a; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2018h; Wiener Linien GmbH & Co KG 2018a).

Darüber hinaus wurden in ähnlichem Zeitraum, von 03.07. bis 31.08., Fahrbahnsanierungen auf dem Äußeren Gürtel (Straßenkategorie: Hauptstraße B) im Abschnitt Döblinger Gürtel bis Margaretengürtel (5., 12., 15. bis 19. Bezirk) durchgeführt. Durch punktuelle Arbeiten kam es untertags zu Fahrbahnverengungen, wobei mindestens zwei Fahrstreifen im Baustellenbereich befahrbar blieben. In der Nacht stand auf dem Döblinger Gürtel im Bereich der Spittelau zwischen 20.00 und 05.00 Uhr nur ein Fahrstreifen zur Verfügung. Auf dem Kreuzungsplateau Döblinger Gürtel/Döblinger Hauptstraße wurden während der Arbeiten, die an den Wochenenden zwischen Freitag um 22.00 bis Montag um 05.00 in der oben genannten Zeitspanne erfolgten, zwei Fahrstreifen auf dem Gürtel und ein Fahrstreifen in der Döblinger Hauptstraße freigehalten. Die Fahrrelationen auf dem Kreuzungsplateau blieben unbeeinträchtigt (vgl. PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2018e, 2018h).

Der Sperrzeitraum der beiden Baustellen deckt sich mit den Sommerferien in Wien, Niederösterreich sowie dem Burgenland, die von 30.06. bis 02.09. dauerten (vgl. Moser 2018). Der Abfall bzw. Wiederanstieg der Verkehrsstärke vor bzw. nach der Baustelle kann daher nicht in direktem kausalem Zusammenhang mit der Lernkurve (vgl. Kapitel 1.2) der Autofahrer gesehen werden, auch wenn es zu einer Abschwächung des Staus zu Beginn bzw. zu einer „verstärkten“ Nutzung des Straßenzuges nach Beendigung der Arbeiten kommt. Des Weiteren wirkt sich die punktuell wandernde Baustelle ungünstig auf die Lernkurve der Autofahrer aus. Das heißt, dass sich die Verkehrsteilnehmer mit jeder punktuellen Maßnahme neu auf die Situation einstellen müssen und der Lerneffekt aufgrund der Kürze der Bauarbeiten schwierig nachweisbar ist. Ebenso beeinträchtigt die Totalsperre des Äußeren Neubaugürtels (vgl. Kapitel 3.2.3.4) das Verhalten bzw. die Lernkurve der Autofahrer, wobei die genaue Beeinflussung nicht abschätzbar ist.

3.2.3.3 14., Hadikgasse

Die größte Baustelle des Jahres war die Sanierung der Westausfahrt. Dabei wurde die Hadikgasse (Straßenkategorie: Hauptstraße B) im Abschnitt Schloßallee bis Kennedybrücke für den motorisierten Individualverkehr vollständig gesperrt. Um die Sperrdauer möglichst effizient nutzen zu können, wurden Fahrbahnsanierungen, Rohrlegungsarbeiten an den Wasserleitungen und ein Gleistausch bzw. eine Oberbausanierung im Bereich Schloßallee bis Diesterweggasse von den Wiener Linien durchgeführt. Aufgrund der hohen Verkehrsstärke in der Hadikgasse musste die Umleitung, die über die Linke Wienzeile, die Winckelmannstraße, die Äußere Mariahilfer Straße, die Penzinger Straße und die Ameisgasse eingerichtet wurde, adaptiert werden. Die Penzinger Straße wurde beispielsweise als Einbahn stadtauswärts genutzt, um die Route zweispurig befahren zu können. Dabei wurden Verkehrslichtsignalanlagen und Bodenmarkierungen gesetzt, sowie Gehsteige und Mittelinseln umgebaut. Darüber hinaus wurden die Linzer Straße und der Flötzersteig, beides mögliche Ausweichrouten, baustellenfrei gehalten (vgl. ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen 2018b; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2018c, 2018d).

Am 18.06. begannen die für das Projekt erforderlichen Vorarbeiten, die Sperre wurde am 03.07., dem Dienstag nach Ferienbeginn in Wien, Niederösterreich und dem Burgenland (vgl. Moser 2018) umgesetzt. Die Hadikgasse konnte am 24.08. für den Verkehr wieder freigegeben werden, die Baustelle wurde erst am 02.09. beendet, da alle Maßnahmen entlang der Umleitungsstrecke rückgebaut werden mussten (vgl. PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2018c, 2018h).

Der gewählte Sperrzeitpunkt führt dazu, dass vor allem zu Beginn der Sperre von einem Abfall der Verkehrsstärke unabhängig von der Baustelle auszugehen ist, da es sich um die erste Ferienwoche handelt. Dadurch wird eine Abschwächung des Staus erzielt, die nicht auf die nachzuweisende Lernkurve (vgl. Kapitel 1.2) der Autofahrer zurückgeführt werden kann. Eine ähnliche Situation tritt bei Aufhebung der verkehrlichen Maßnahmen Ende August zu Tage. Der anzunehmende Anstieg des Verkehrsaufkommens kann nicht implizit auf die Beendigung der Baustelle zurückgeführt werden, sondern steht im Zusammenhang mit dem Ferienende am 02.09. (vgl. Moser 2018). Somit würde der Nachweis der beiden Lernkurven nur schwierig zu führen sein. Ein weiterer Nachteil dieser Baustelle ist die vorherrschende Taxidichte (vgl. Schumacher 2018, S. 22f.) auf der ausgeprägten Pendlerroute, wodurch die Aussagekraft der generierten Daten sinkt.

3.2.3.4 15., Äußerer Neubaugürtel

Im Zuge von Gleisbauarbeiten, die bereits Anfang Juli auf dem selbstständigen Gleiskörper zwischen der Märzstraße und der Felberstraße begannen, wurde eine Totalsperre des Äußerer Neubaugürtels (Straßenkategorie: Hauptstraße B) auf dem Kreuzungsplateau Märzstraße erforderlich. Diese wurde von 29.07. ab Mittag bis 18.08. um 05.00 umgesetzt und eine lokale Umleitung via Hütteldorfer Straße, Tannengasse und Felberstraße eingerichtet. Für eine Kapazitätserhöhung wurde die gesamte Ausweichroute zweiseitig gehalten. Deshalb wurden die Hütteldorfer Straße stadtauswärts vom Neubaugürtel bis zur Pouthongasse und stadteinwärts die Felberstraße von der Tannengasse bis zur Zinckgasse zur Einbahn erklärt. Für die Zufahrtsmöglichkeit wurde die Einbahnregelung in der Löhrgasse von der Märzstraße bis zur Hütteldorfer Straße umgekehrt. Die Arbeiten konnten ohne lange prognostizierte Staus pünktlich beendet werden (vgl. ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen 2018c; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2018h; Wiener Linien GmbH & Co KG 2018b).

Trotz der großen Beeinträchtigung kann die Baustelle aufgrund des Sperrzeitraums zur verkehrsschwächsten Zeit in den Sommermonaten, der kurzen Sperrdauer von drei Wochen sowie der Totalsperre und der daher erforderlichen lokalen Umleitung als ungünstig angesehen werden. Dadurch wird der Nachweis der Lernkurve der Autofahrer (vgl. Kapitel 1.2) nahezu verunmöglich. Zudem können reine Umlagerungseffekte aufgrund der lokalen Umleitung nicht von eintretender Elastizität des Verkehrsnetzes (vgl. Kapitel 3.1) unterschieden werden. Darüber hinaus ist eine Interaktion mit der Wanderbaustelle zwischen dem Döblinger Gürtel und dem Margareten-gürtel (vgl. Kapitel 3.2.3.2) als wahrscheinlich anzusehen, wobei die Beeinflussung nicht quantitativ abschätzbar ist.

3.2.3.5 17., Elterleinplatz

Auf dem Elterleinplatz wurden mehrere Bauvorhaben zu einem Projekt zusammengefasst, um die Gesamtbauzeit zu verkürzen. Die Wiener Linien erneuerten auf dem Kreuzungsplateau Elterleinplatz/Hormayrgasse die Weichenanlage und den Gleisbogen in der Hormayrgasse und Wiener Wasser die Rohrleitungen auf dem Elterleinplatz und in der Inneren Hernalser Hauptstraße. Im Anschluss wurde die Fahrbahn der Hernalser Hauptstraße zwischen dem Elterleinplatz und der Bergsteiggasse wiederhergestellt bzw. saniert. Die Baustelleneinrichtung begann am 25.06., bevor die erste Bauphase am 02.07. mit einer Sperre im Arbeitsbereich der Hernalser Hauptstraße und des Elterleinplatzes für den motorisierten Individualverkehr umgesetzt wurde. Aufgrund

dessen wurde eine lokale Umleitung stadteinwärts über die Weißgasse, die Geblergasse und die Bergsteiggasse, sowie stadtauswärts über die Hormayrgasse, die Rötzergasse und die Rosensteingasse eingeführt. Nach Abschluss des ersten Bauabschnitts wurde die Hormayrgasse im Arbeitsbereich gesperrt und die Hernalser Hauptstraße wieder befahrbar. Die Bauarbeiten wurden am 31.08. abgeschlossen und die Hormayrgasse für den motorisierten Individualverkehr freigegeben (vgl. Gaugl 2018; ORF Wien 2018a; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2018h).

Die Problematik des Sperrzeitraums exakt zu Beginn und Ende der Sommerferien wurde bereits bei den vorangehenden Baustellen hinreichend erörtert, wodurch der Nachweis der Lernkurve (vgl. Kapitel 1.2) wesentlich erschwert wird. Ebenso ungünstig für selbigen Nachweis sind die Bauphasen, die für eine erneute Verhaltensänderung der Autofahrer sorgen können. Die jeweils umgesetzte Totalsperre kann durch die lokale Umleitung für Umlagerungseffekte in die umliegenden Nebenstraßen sorgen und nicht von der Elastizität des Verkehrsnetzes (vgl. Kapitel 3.1) unterschieden werden.

Mögliche Beeinflussungen der Messergebnisse könnte temporär die Wanderbaustelle auf dem Äußeren Gürtel (vgl. Kapitel 3.2.3.2) und die reduzierte Kapazität der Äußeren Währinger Straße (vgl. Kapitel 3.2.3.6) mit sich bringen. Um die Baustelle auf Zweiterer zu umfahren, könnte die Hernalser Hauptstraße genutzt werden und daher vermehrt Staus auftreten.

3.2.3.6 18., Äußere Währinger Straße

Im Bereich der Äußeren Währinger Straße (Straßenkategorie: Hauptstraße A) im Abschnitt zwischen dem Währinger Gürtel und der Paulinengasse (ausgenommen Aumannplatz) wurden im Zeitraum von 22.05. bis 03.09. (frühere Fertigstellung als in der Planung vorgesehen) Wasserleitungsröhre getauscht. Darüber hinaus wurden die Wasserrohre in der Gentzgasse (Straßenkategorie: Hauptstraße A) im Abschnitt vom Aumannplatz bis zur Weinhauser Gasse, in der Canonngasse zwischen der Währinger Straße und der Schulgasse sowie in der Riglergasse zwischen der Währinger Straße und der Gentzgasse erneuert. Im Zuge der erforderlichen Baustelle wurden ebenso Verbesserungen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit, der Fußgängerfreundlichkeit und der Verschönerung umgesetzt. Dafür wurden Gehsteige auf Kosten von 13 Parkplätzen verbreitert und eine Anhebung der Fahrbahnen verwirklicht. Die Verkehrslichtsignalanlage in der Martinstraße wurde modernisiert, wobei die Verkehrsorganisation in der gesamten Äußeren Währinger Straße unverändert blieb (vgl. Die Grünen Wien 2018; Netopilik 2018b, 2018c; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2018a, 2018h).

Aufgrund der Bauarbeiten konnte nur je eine Fahrspur in der Währinger Straße und in der Gentzgasse aufrechterhalten werden, wodurch für den motorisierten Individualverkehr eine Einbahnregelung, die einer Halbierung der Kapazität entsprach, umgesetzt wurde. Stadteinwärts wurde der Verkehr von der Simonygasse über die Währinger Straße, den Aumannplatz und die Gentzgasse bis zum Währinger Gürtel geleitet, stadtauswärts wurde eine Einbahn vom Währinger Gürtel über die Währinger Straße, den Aumannplatz und die Gentzgasse eingerichtet (vgl. PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2018b).

Um für eine geringere Beeinträchtigung der Baustelle und die Umsetzung des Einbahnbetriebs zu ermöglichen, wurde die Straßenbahnlinie 40 zwischen 22.05. und 12.08. in beide Fahrtrichtungen zwischen der Simonygasse und dem Währinger Gürtel über die Kreuzgasse umgeleitet und die Linie 42 eingestellt. Die Straßenbahnlinie 41 verkehrte stadtauswärts über die planmäßige Route, stadteinwärts jedoch wie die Linie 40 über die Kreuzgasse, weshalb eine Ersatzbuslinie E41, die der Umleitung des motorisierten Individualverkehrs folgte, eingerichtet wurde (vgl. Netopilik 2018a, 2018c).

Die symbolische Eröffnung erfolgte am 19.09. und am 21.09. wurde das traditionelle Straßenfest abgehalten, um die Einkaufsstraße feierlich wiederzueröffnen. Dadurch wurde die Währinger Straße im Abschnitt zwischen dem Währinger Gürtel und dem Aumannplatz in beide

Fahrrichtungen von 12.00 bis 22.00 gesperrt (vgl. Netopilik 2018d; ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen 2018d; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2018i).

Für die Untersuchung der Baustelle erweist sich der Sperrzeitraum (vor allem der Beginn) und die Dauer der Beeinträchtigung als sehr günstig, da sogar die prognostizierte Dauer der Lernkurve der Autofahrer mit einem Monat (vgl. Kapitel 3.1) vor die am 30.06. beginnenden Sommerferien fällt. Ebenso positiv ist die Bauabwicklung mit nur einer Bauphase zu bewerten, da sich der Autofahrer innerhalb der Baustelle auf keine neuen Beeinträchtigungen einstellen musste.

Hauptkritikpunkt bei der möglichen Auswahl der Baustelle kann aufgrund der umliegenden Baustellen festgestellt werden. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass der Nachweis der Lernkurve bei Baubeginn der Währinger Straße (unter Annahme der prognostizierten Dauer) unbeeinflusst bleibt, da der jeweilige Beginn der nachfolgend genannten Sperren deutlich später erfolgt.

Die nächstgelegene Baustelle war ein Projekt in der Schulgasse (Straßenkategorie: Nebenstraße) im Abschnitt von der Teschnergasse bis zur Leitermayergasse, der zur Fußgängerzone umgestaltet wurde, um eine Verkehrsberuhigung neben der Volksschule zu erzielen. Darüber hinaus wurden die Kreuzungsplateaus Schulgasse/Teschnergasse sowie Leitermayergasse/Schulgasse durch die Anhebung des Fahrbahnniveaus ebenso verkehrsberuhigt und Gehsteigvorzuehungen sollten zu höheren Sichtweiten im Kreuzungsbereich führen. Dafür wurde die Schulgasse ab 09.07. von der Teschnergasse bis zu der Leitermayergasse und letztere von der Schopenhauerstraße bis zur Schulgasse für den motorisierten Individualverkehr bis zum 31.08. gesperrt (vgl. PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2018f). Zu beachten ist bei dieser Art von Umbaumaßnahme, dass es um eine Strukturveränderung handelt, bei der der Ausgangszustand bewusst nicht wiederhergestellt wird und dadurch das Verhalten der Autofahrer verändert wird.

Theoretisch denkbar ist eine Interaktion mit der Wanderbaustelle zwischen dem Döblinger Gürtel und dem Margaretengürtel (vgl. Kapitel 3.2.3.2), da sie sich im Zulaufbereich der Äußeren Währinger Straße auswirken könnte, jedoch nicht näher quantifizierbar ist.

Jenseits des Währinger Gürtels wurde das Kreuzungsplateau Fuchsthallergasse/Lustkandlgasse von 13.08. bis 24.08. saniert und daher die Fuchsthallergasse vom Währinger Gürtel bis zur Lustkandlgasse gesperrt. Die lokale Umleitung für den motorisierten Individualverkehr erfolgte vom Währinger Gürtel über die Achamergasse und die Lustkandlgasse (vgl. PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2018g). Aufgrund der vorherrschenden Einbahnregelung (die Fuchsthallergasse wird Richtung Nußdorfer Straße geführt) war eine direkte Querung des Gürtels zur Äußeren Währinger Straße auch vor Umsetzung der Baustelle nicht möglich. Diese Tatsache und die darüber hinaus kurze Baudauer führen zu der Schlussfolgerung, dass die Sperre des Kreuzungsplateaus keinen bis einen sehr geringen Einfluss auf die Baustelle der Währinger Straße hat.

Eine größere Wechselwirkung kann der Baustelle auf dem Elterleinplatz (vgl. Kapitel 3.2.3.5) attestiert werden, da die Hernalser Hauptstraße aufgrund der Gleichrangigkeit der Straßenkategorie als mögliche großräumige Ausweichroute der Währinger Straße angesehen werden kann. Jedoch muss beachtet werden, dass die Distanz zwischen der Hernalser Hauptstraße und der Währinger Straße als erheblich bezeichnet werden kann und die dazwischen liegende Kreuzgasse (ebenso Straßenkategorie: Hauptstraße A) als näher gelegene Umfahrung der zu untersuchenden Baustelle anzusehen ist.

Zudem kann eine Interaktion der Messdaten während der Beobachtungsdauer und der Geschwindigkeitsreduktion von einigen Straßenzügen im 18. Bezirk von 50 auf 30 km/h angenommen werden. Diese wurde per 19.07. in der Währinger Straße zwischen Aumannplatz und Gersthofer Straße, der Gentzgasse zwischen Gürtel und Aumannplatz, der Martinstraße, der Gymnasiumstraße, der Anastasius-Grün-Gasse und der Sternwartestraße umgesetzt, wodurch – ausgenommen Schienenstraßen – im 18. Bezirk eine flächendeckende Geschwindigkeitsbeschränkung von 30 km/h gilt (Kocina 2018).

Ein theoretisch denkbarer Einfluss durch eine Sonderfahrspur ist in der Gersthofer Straße (eine der Zufahrten zur Währinger Straße) zu erkennen. Vor dem Abbiegestreifen auf dem

Kreuzungsplateau Gersthofer Straße/Währinger Straße kann von Taxis ab der Kreuzgasse auf einer Länge von ca. 250 m die Busspur benutzt werden.

3.2.4 Baustellen 2019

Im Jahr 2019 wurden viele Baustellen im Innenstadtbereich umgesetzt, die aufgrund der EU-Ratspräsidentschaft 2018 aufgeschoben werden mussten. Auf das gesamte Stadtgebiet bezogen wurden sieben „Highlights“, nämlich die Friedrichstraße und die Linke Wienzeile (Abschnitt: Getreidemarkt bis Köstlergasse), die Ungargasse und die Invalidenstraße, der Matzleinsdorfer Platz und die Reinprechtsdorfer Straße, der Gumpendorfer Gürtel (Höhe Wallgasse), der Währinger Gürtel (Plateau Nußdorfer Straße), die Altmannsdorfer Straße (Höhe Breitenfurter Straße) und die Schönbrunner Schloßstraße umgesetzt (vgl. ORF Wien 2019b; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2019b; Stadt Wien 2019a).

Darüber hinaus wurden mehrere Gleisbaustellen auf der Ringstraße (u. a. auf dem Stubenring, dem Parkring, dem Universitätsring und dem Schottenring) umgesetzt, die jedoch aufgrund mehrerer Bauphasen der Projekte, den jeweils kurzen (teilweise auch nur nächtlichen) Beeinträchtigungen des motorisierten Individualverkehrs und der Interaktionen zueinander nicht detaillierter betrachtet werden (vgl. Berger 2019; WKO 2019a). Ebenso wurde auf die Untersuchung der Baustelle in der Hadikgasse verzichtet, die im Abschnitt von der Nikolaibrücke bis zur Auffahrt der Westautobahn saniert wurde, da diese durch ihre Lage keine ausreichende Taxidichte ausweist (vgl. Schumacher 2018; WKO 2019a).

Die Baustelle der Altmannsdorfer Straße auf Höhe der Breitenfurter Straße wird ebenfalls nicht in die Auswahl miteinbezogen, da die Taxidichte aufgrund der geringen Zentralität in diesem Bereich eher niedrig und das Verhältnis zum motorisierten Individualverkehr besonders gering ist. Das vorherrschende hohe Verkehrsaufkommen wird durch den hohen Anteil an Tagespendlern auf dieser Strecke generiert (vgl. Schumacher 2018, S. 22f.).

3.2.4.1 1., 6., Friedrichstraße und Linke Wienzeile

Die Sanierung der Fahrbahn der Linken Wienzeile (Straßenkategorie: Hauptstraße B) vom Getreidemarkt bis zur Köstlergasse, die unter anderem die Entfernung von alten Straßenbahnschienen erforderte, wurde mit dem Ausbau des Hauptradverkehrsnetzes zeitlich verknüpft. Dabei wurde ein baulich getrennter Zweirichtungsradweg in der Friedrichstraße (ebenso Straßenkategorie: Hauptstraße B) ab der Nibelungengasse sowie in der Linken Wienzeile ab dem Getreidemarkt hergestellt. Die Baudauer erstreckte sich von 14.08. bis 29.11. (die Arbeiten waren zwei Wochen früher als ursprünglich geplant (13.12.) fertig gestellt). Dabei wurden in den ersten beiden Wochen Vorarbeiten in der Friedrichstraße durchgeführt. Die Sanierung der Linken Wienzeile konnte erst mit der Beendigung der in den Sommermonaten stattfindenden Sperre der U-Bahn Linie U4 am 02.09. begonnen werden, um Behinderungen für den dafür erforderlichen Schienenersatzverkehr zu vermeiden. Während der verschiedenen Bauphasen wurde mindestens ein Fahrstreifen aufrecht erhalten und in Abhängigkeit vom Baufortschritt der zweite Fahrstreifen freigegeben (vgl. ARBÖ 2019; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2019b, 2019d; Stadt Wien 2019b; WKO 2019a). Nach Abschluss der Arbeiten waren die Strukturen für den motorisierten Individualverkehr wiederhergestellt worden, da der Ausbau des Radweges zu Lasten von 70 Parkplätzen realisiert wurde (vgl. PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2019a).

Als problematisch wird der Sperrzeitraum des Projekts betrachtet. Einerseits durch den Beginn der Verkehrswirksamkeit Mitte August, an dem ein äußerst geringes Verkehrsaufkommen erwartet werden kann. Zwei Wochen später tritt eine neue Verkehrssituation für den Autofahrer auf, wodurch die Lernkurve (vgl. Kapitel 3.1) beeinflusst wird und das Verkehrsaufkommen aufgrund des Endes der Schulferien in Wien, Niederösterreich und dem Burgenland am 01.09. (vgl. Moser 2019) stark ansteigt. Dies tritt jedoch vollkommen unabhängig von der neuen Bauphase ein,

wodurch der Einfluss der Baustelle auf den motorisierten Individualverkehr nicht direkt nachgewiesen werden kann. Weiters können aufgrund der langen Bauzeit die für Verkehrserhebungen geltenden Erhebungszeiträume von März bis Oktober (vgl. Kapitel 3.1) nicht eingehalten werden. Darüber hinaus hat der unbekannte Baufortschritt einen großen Einfluss auf die Erhebung, da abhängig von ihm bereits beide Fahrspuren freigegeben wurden und sich mehrere Bauphasen ergeben. Diese führen zu einer neuen Verkehrssituation, an die sich der Autofahrer neu adaptieren muss. Jedoch ist weder die Distanz und noch der Umfang der früheren Freigabe genauer verifizierbar.

Ein weiterer möglicher Einflussfaktor ist die Sonderspur in der Operngasse und der Margaretenstraße, die von der Friedrichstraße bis zur Preßgasse für Taxis zur Verfügung steht. Die Operngasse kann als mögliche Ausweichroute angesehen werden, jedoch können keine repräsentativen Aussagen über den motorisierten Individualverkehr getroffen werden, da Taxis in oben genannten Abschnitt nicht „mitschwimmen“.

3.2.4.2 3., Ungargasse und Invalidenstraße

In der Ungargasse (Straßenkategorie: Hauptstraße A) wurden ab dem 01.07. Gleisbau-, Straßenbau- und Rohrverlegungsarbeiten durchgeführt, wobei die Umsetzung sowohl tagsüber als auch in der Nacht erfolgte. Dafür wurde eine Unterteilung in zwei Bauabschnitte erforderlich, die unterschiedliche Baudauern aufwiesen. Im bis 25.08. fertiggestellten Abschnitt zwischen der Invalidenstraße und der Beatrixgasse wurde stadtauswärts eine Totalsperre für den motorisierten Individualverkehr (inkl. Kreuzungsplateau Invalidenstraße/Ungargasse) eingeführt. Die dadurch erforderliche lokale Umleitung erfolgte über die Linke Bahngasse und die Beatrixgasse. Der zweite Bauabschnitt war zwischen der Beatrixgasse und der Sechskrügelgasse situiert und wurde während der Bauzeit als provisorische Einbahn in Fahrtrichtung Sechskrügelgasse eingerichtet. Stadteinwärts bestand über die gesamte Bauzeit eine lokale Umleitung von der Ungargasse über die Rochusgasse und die Landstraßer Hauptstraße. Für die Fahrt von der Invalidenstraße in Richtung Landstraßer Hauptstraße wurde die Umleitung über die Vordere Zollamtsstraße und die Marxergasse eingerichtet (vgl. Berger 2019; Glatz 2019; Stadt Wien 2019a).

Der Beginn der Sperre erweist sich als bedingt geeignet, da er mit dem Beginn der Sommerferien am 29.06. (vgl. Moser 2019) zusammengelegt wurde. Aufgrund dessen ist mit einem reduzierten Verkehrsaufkommen zu rechnen, wodurch die spontane Lernfähigkeit der Autofahrer nach der Einrichtung der Baustelle nicht direkt nachgewiesen werden kann (vgl. Kapitel 3.1).

Ebenso kritisch zu sehen sind die zwei verschiedenen Bauphasen, in denen sich die Beeinträchtigungen des motorisierten Individualverkehrs verändern und temporär eine Totalsperre inkl. einer lokalen Umleitung erforderlich wird. Aufgrund der dadurch resultierenden Änderungen muss der Autofahrer seine veränderten Verhaltensweisen ein zweites Mal adaptieren. Durch die lokale Umleitung können, wie von heutigen Verkehrsmodellen prognostiziert, reine Umlagerung des Verkehrs stattfinden und von einer nachzuweisenden Elastizität des Straßennetzes nicht unterschieden werden (vgl. Kapitel 3.1).

3.2.4.3 5., 10., Matzleinsdorfer Platz und Reinprechtsdorfer Straße

Umfangreiche Bauarbeiten waren für den U-Bahn-Ausbau auf dem Matzleinsdorfer Platz erforderlich. Deswegen konnten die Abbiegerelationen vom 10. Bezirk sowie von der Reinprechtsdorfer Straße kommend in den westlichen Gürtel (Straßenkategorie: Hauptstraße B) nicht aufrechterhalten werden. Aufgrund dessen sollte ein Rampenbauwerk über die Gürtelunterführung auf den Margaretengürtel errichtet werden. Im Zuge dieser Errichtung wurde ab Juli eine Reduktion auf einen Fahrstreifen pro Fahrtrichtung erforderlich. Die Einschränkungen wurden ab Oktober nur noch in der Nacht oder an den Wochenenden aufrechterhalten. Bis Ende des Jahres wurde die Rampe fertiggestellt (PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2019b; WKO 2019a). Weitere Einschränkungen wurden von 25.10. bis 25.11. umgesetzt, wobei das Linksabbiegen vom

Äußeren Margaretengürtel verunmöglicht wurde. Fahrten in Richtung Margareten oder Richtung Zentrum wurden über die Gudrun- und die Laxenburger Straße, die Landgut- und die Kliebergasse auf die Wiedner Hauptstraße lokal umgeleitet (ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen 2019c).

Um weitere Vorarbeiten in Form von Einbautenumlegungen für den U-Bahn-Ausbau zu treffen und die Neugestaltung umsetzen zu können, wurde die Reinprechtsdorfer Straße (Straßenkategorie: Hauptstraße A) ab 08.05. stadteinwärts gesperrt und von der Margaretenstraße bis zur Wiedner Hauptstraße als Einbahn geführt. Die lokale Umleitung für die mehrere Jahre andauernde Sperre wird über die Wiedner Hauptstraße und die Ramperstorffergasse zur Schönbrunner Straße geführt (vgl. Berger 2019; ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen 2019a).

Im Zuge der Umbauarbeiten wurden in der Reinprechtsdorfer Straße (Straßenkategorie: Hauptstraße A) bis 31.10. in einem 660 m langem Abschnitt die Gasrohre und die Fernwärmeleitungen erneuert. Die Arbeiten erfolgten abschnittsweise sowohl untermittags als auch nachts (bei Bedarf auch an den Wochenenden), wobei mindestens ein Fahrstreifen freigehalten wurde. Dafür wurde die Siebenbrunnengasse von der Reinprechtsdorfer Straße bis zur Spengergasse für die Bauzeit zur Wohnstraße erklärt und von der Reinprechtsdorfer Straße bis zur Stöbergasse für den motorisierten Individualverkehr gesperrt. Im Zeitraum der Arbeiten auf dem Kreuzungsplateau Reinprechtsdorfer Straße/Margaretenstraße wurde ausschließlich das Linksabbiegen von der Margaretenstraße in die Reinprechtsdorfer Straße gestattet (vgl. Berger 2019; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2019b).

Der Sperrzeitraum erweist sich als ungünstig, da aufgrund der langen Dauer die Baustelle bis auf Weiteres bestehen wird. Somit kann eine Beurteilung nach Beendigung der Bauarbeiten (vgl. Kapitel 1.2) nicht erfolgen. Darüber hinaus ist der Beginn der Bauarbeiten zu Ferienbeginn im Bereich des Matzleinsdorfer Platzes als kritisch anzusehen, da das Verkehrsaufkommen zu dieser Zeit abnimmt und daher geringere Verzögerungen aufgrund der Baustelle auftreten. Unerwünschten Einfluss auf die nachzuweisende Lernkurve der Autofahrer (vgl. Kapitel 1.2) nehmen die verschiedenen Bauphasen inkl. der Wanderbaustelle auf der Reinprechtsdorfer Straße, die dafür sorgen, dass sich der Autofahrer mehrmals auf die neuen vorherrschenden Gegebenheiten einstellen muss.

Aufgrund der Totalsperre mit einer lokalen Umleitung ist die reine Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs möglich und kann schwierig von der nachzuweisenden Elastizität des Straßennetzes (vgl. Kapitel 1.2) unterschieden werden. Aus heutiger Sicht ist noch nicht geklärt, wie der Verkehr zukünftig im Bereich der Reinprechtsdorfer Straße geregelt sein wird. Jedoch gilt es zu bedenken, dass - sollte die Wiederherstellung der Strukturen erfolgen - sie, aufgrund des unabsehbaren Zeitraums, im Rahmen dieser Untersuchung nicht berücksichtigt werden kann.

In diesem Bereich galt es zahlreiche weitere Baustellen zu beachten, die von den Sommermonaten bis in den Oktober für Wechselwirkungen mit der zu untersuchenden Baustelle sorgen können. Dazu zählen die Margaretenstraße im Abschnitt vom Margaretenplatz bis zur Spengergasse, die Pilgramgasse von der Rechten Wienzeile bis zur Schönbrunner Straße, die Schönbrunner Straße von der Pilgramgasse bis zur Redergasse sowie die Wiedner Hauptstraße vom Matzleinsdorfer Platz bis zur Schußwallgasse, die alle zu Verkehrsbeeinflussung durch eine Reduktion der Fahrstreifen führen (vgl. Berger 2019).

3.2.4.4 6., Gumpendorfer Gürtel

Im Zuge des Ausbaus des U-Bahn-Netzes sind ebenso umfangreiche Änderungen im Radverkehrsnetz vorgesehen. Unter anderem wurde von August bis September eine Querung des Gumpendorfer Gürtels Höhe Wallgasse errichtet, um eine Verbindung vom 6. Bezirk (Mollardgasse) in den 15. Bezirk zu schaffen. Dafür wurde eine Verkehrslichtsignalanlage für den Rad- und Fußverkehr eingerichtet und in der Eisvogelgasse die Einbahn für Radfahrer aufgehoben. Als bauliche Maßnahmen wurden dafür die Fahrbahnen in der Wallgasse und der Eisvogelgasse angehoben und vorab die Wasserrohre erneuert. Weitere Baumaßnahmen erfolgten in der Gürtelmitte, die jedoch keine

Verkehrsbeeinträchtigung verursachten (vgl. Glatz 2019; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2019b; Stadt Wien 2019a).

Obwohl im Sinne der baulichen Umsetzungen große Maßnahmen gesetzt wurden, beschränkten sich die Verkehrsbeeinträchtigungen auf Nebenstraßen (Wallgasse und Eisvogelgasse), in denen kaum nennenswerte Verzögerungen erwartbar waren. Ebenso kann von einer geringeren Taxidichte ausgegangen werden, wodurch die Baustelle nicht weiter in Betracht gezogen wird.

3.2.4.5 9., Innerer Währinger Gürtel

Auf dem Kreuzungsplateau Währinger Gürtel/Nußdorfer Straße führten die Wiener Linien von 01.07. bis 31.08. Gleisbauarbeiten durch. Während der Bauzeit konnten alle Fahrrelationen auf dem Kreuzungsplateau aufrechterhalten werden, allerdings erfolgte eine Reduzierung einzelner Fahrstreifen. Auf dem Währinger Gürtel (Straßenkategorie: Hauptstraße B) wurden für die Dauer der Arbeiten zwei Fahrstreifen in Fahrtrichtung Heiligenstädter Straße freigehalten, wobei es in der Nacht nach Bedarf zu einer weiteren Einschränkung auf einen Fahrstreifen kommen konnte. Ebenso wurde für die Querung des Währinger Gürtels von der Nußdorfer Straße (Straßenkategorie: Hauptstraße A) zur Döblinger Hauptstraße (ebenfalls Straßenkategorie: Hauptstraße A) nur ein Fahrstreifen aufrechtgehalten (PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2019b, 2019d; WKO 2019a).

Aus den Baumaßnahmen resultierend reichten die Staus auf dem Währinger Gürtel bis zum AKH, auf der Billrothstraße bis zur Peter-Jordan-Straße und auf der Döblinger Hauptstraße bis zur Schegargasse zurück. Ebenso wurden Verzögerungen auf der Nußdorfer Straße in Fahrtrichtung Gürtel sowie auf dem Linksabbiegestreifen des Döblinger Gürtels Richtung Zentrum beobachtet (ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen 2019b).

Darüber hinaus wurden auf dem Inneren Gürtel (Straßenkategorie: Hauptstraße B) in den Bezirken 4-9 örtliche Instandsetzungsarbeiten von schadhafte oder provisorisch instandgesetzten Betonfeldern (zu diesem Zeitpunkt wurde ein täglicher durchschnittlicher Verkehr von 76.000 Kfz/24h in beide Fahrtrichtungen erreicht) von 16.07. bis 01.09. durchgeführt. Die Arbeiten erfolgten tagsüber unter Freihaltung von zwei Fahrstreifen und in der Nacht bzw. am Wochenende nach Bedarf bei Aufrechterhaltung von einem Fahrstreifen im Baustellenbereich. Nach Schulbeginn am 01.09. (vgl. Moser 2019) wurden außerhalb der Hauptverkehrszeiten der Fugenverguss bzw. Kantensanierungen umgesetzt (ORF Wien 2019a; PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2019c, 2019d; WKO 2019a).

Die Elastizität des Verkehrsnetzes und die Lernkurve der Autofahrer (vgl. Kapitel 1.2) können aufgrund des abnehmenden Verkehrsauskommens zu Ferienbeginn am 29.06. (vgl. Moser 2019) nicht eindeutig nachgewiesen werden. Darüber hinaus ergibt sich die Problematik in der Untersuchung der Baustelle auf dem Kreuzungsplateau Währinger Gürtel/Nußdorfer Straße durch die Beeinflussung der Wanderbaustelle auf dem Inneren Gürtel. Diese temporäre, zusätzliche Verkehrseinschränkung könnte dazu führen, dass Messergebnisse und auftretende Effekte verfälscht und die Kausalitäten einer Baustelle nicht eindeutig zuordenbar wären (vgl. Kapitel 3.1). Eine Quantifizierung der Beeinflussung ist für die Interaktion jedoch nicht möglich.

Ein weiterer möglicher Einfluss auf die Messergebnisse könnte die im Bereich der Baustelle erforderliche Langsamfahrstelle für die dort verkehrenden Straßenbahnlinien 37 und 38 sein. Sie stellte eine zusätzliche Behinderung unregelmäßiger Natur für den motorisierten Individualverkehr dar, da Ampelschaltungen auf die reduzierte Geschwindigkeit der Straßenbahnen nicht abgestimmt sind.

3.2.4.6 13., Schönbrunner Schloßstraße

In der Schönbrunner Schloßstraße (Straßenkategorie: Hauptstraße B) wurde von 02.07. bis 02.09. auf Höhe des Schlosses Schönbrunn das neue Arrival Center für Reisebusse errichtet. Aufgrund der zu erwartenden höheren Beanspruchung des Oberbaus wurde die Asphaltfahrbahn ab dem Kreuzungsplateau Schönbrunner Schlossbrücke/Schönbrunner Schloßstraße im linken Fahrstreifen auf einer Länge von 100 m sowie im mittleren und rechten Fahrstreifen auf einer Länge von 50 m durch eine Betonfahrbahn ersetzt. Nach Fertigstellung des linken Fahrstreifens Ende Juli wurden die anderen beiden Fahrspuren saniert, wobei während der gesamten Bauzeit zwei Fahrstreifen aufrechterhalten wurden (vgl. PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien 2019b; Stadt Wien 2019a; WKÖ 2019a).

Nach Inbetriebnahme des Arrival Centers wurde der Parkstreifen für Busse vor dem Schloss Schönbrunn aufgelassen, um den Verkehrsfluss durch ausparkende Busse nicht mehr zu beeinflussen. Darüber hinaus wurde eine Verkehrslichtsignalanlage für die geregelte Ausfahrt aus dem Arrival Center geschaffen (Schloß Schönbrunn Kultur- u. Betriebsges.m.b.H. 2019).

Aufgrund des abnehmenden Verkehrsauskommens zu Ferienbeginn am 29.06. (vgl. Moser 2019) könnten geringere Verzögerungen beobachtet werden, wie es ohne beginnende Ferien der Fall wäre. Dadurch können die Elastizität des Verkehrsnetzes und die Lernkurve der Autofahrer (vgl. Kapitel 1.2) nicht unter durchschnittlichen Bedingungen erfasst werden. Der Einfluss der Bauphasen ist in diesem Bauprojekt bedingt vorhanden, da über die gesamte Bauzeit die gleiche Anzahl an Fahrstreifen vorgehalten wird, die Länge der Baustelle und dadurch die Kapazität jedoch variiert.

Für die Betrachtung der möglichen Verkehrszunahme nach der Baustelle wäre die Aufrechterhaltung der Verkehrsstrukturen erforderlich. Dies ist bei diesem Projekt nicht vollumfänglich der Fall, da eine neue Verkehrslichtsignalanlage errichtet wurde.

3.3 Bewertung und Auswahl

Im vorangegangenen Kapitel 3.2 wurden die größten Baustellen der letzten vier Jahre in Wien beschrieben und anhand der in Kapitel 3.1 festgelegten Auswahlkriterien auf ihre Auswertbarkeit untersucht. Dabei soll im Speziellen auf die Schwierigkeiten in der Auswertung einzelner Projekte eingegangen werden, um in weitere Folge der Arbeit möglichst wenige unbestimmte Einflüsse auf die Messergebnisse zu erhalten.

Zusammenfassend wird eine Bewertung der Eignung jedes Kriteriums für die untersuchten Baustellen vorgenommen, wofür eine Unterteilung in vier Kategorien erfolgt:

- ++ sehr gut geeignet
- + gut geeignet
- o bedingt geeignet
- ungeeignet

Diese Kategorisierung soll die Vergleichbarkeit der in Frage kommenden Baustellen fördern, wobei die in weiterer Folge durchgeführte Gewichtung der Kriterien nicht hervorgeht.

| Jahr | Baustelle | Kategorie | Sperrzeitraum | Dauer | Bauphasen | Totalsperrung | Wiederherstellung | Taxidichte | Interaktion | Andere Einflüsse |
|------|-------------------------|-------------|---------------|-------|-----------|---------------|-------------------|------------|-------------|------------------|
| 2016 | Schottengasse | Hauptstr. A | - | - | ++ | - | ○ | ++ | + | - |
| | Schottenring | Hauptstr. A | ○ | + | - | ++ | ++ | ++ | + | + |
| | Getreidemarkt | Hauptstr. A | ○ | + | - | ○ | ○ | ++ | ++ | ++ |
| | Spitalgasse | Hauptstr. A | ○ | ++ | ++ | - | ++ | ++ | ○ | ○ |
| | Neubaugürtel | Hauptstr. B | + | ++ | - | ++ | ++ | ++ | - | ++ |
| 2017 | Schottenring | Hauptstr. A | - | - | - | - | ++ | ++ | + | + |
| | Getreidemarkt | Hauptstr. A | + | ++ | - | - | - | ++ | ++ | ++ |
| | Neubaugürtel | Hauptstr. B | + | ++ | - | ○ | ++ | ++ | ○ | ++ |
| | J.-M.-Hauer-Pl. | Hauptstr. A | ○ | ++ | ++ | - | ++ | ++ | ○ | ○ |
| | J.-N.-Berger-Pl. | Hauptstr. A | + | ++ | - | - | - | + | ○ | ++ |
| 2018 | Ringstraße | Hauptstr. A | + | - | - | - | ++ | ++ | ++ | ++ |
| | Matzleinsdorfer Pl. | Hauptstr. B | ○ | ++ | ○ | ++ | ++ | ++ | - | ++ |
| | Hadikgasse | Hauptstr. B | ○ | ++ | ++ | - | ++ | ○ | ++ | ○ |
| | Neubaugürtel | Hauptstr. B | - | - | ++ | - | ++ | ++ | - | ++ |
| | Elterleinplatz | Hauptstr. A | ○ | ++ | - | - | ++ | ++ | ○ | ++ |
| | Währinger Straße | Hauptstr. A | + | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ○ | ○ |
| 2019 | Linke Wienzeile | Hauptstr. B | - | ++ | - | ++ | ++ | ++ | ++ | - |
| | Ungargasse | Hauptstr. A | ○ | ++ | - | - | ++ | ++ | ++ | ++ |
| | Matzleinsdorfer Pl. | Hauptstr. A | ○ | ○ | - | - | ○ | ++ | - | ++ |
| | Gumpend. Gürtel | Nebenstraße | - | ○ | ++ | - | - | - | ++ | ++ |
| | Währinger Gürtel | Hauptstr. B | ○ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | - | ○ |
| | Schönbrunner Schloßstr. | Hauptstr. B | ○ | ++ | ○ | ++ | ○ | ○ | ++ | ++ |

Tab. 3.1: Bewertung der im Zeitraum 2016 – 2019 untersuchten Baustellen

Bei der Interpretation der **Tab. 3.1** wird offensichtlich, dass die „ideale“ Baustelle nicht gefunden werden kann, da keine Laborbedingungen vorherrschen. Die Tabelle veranschaulicht, dass lediglich zwei Baustellen ohne negative Bewertung in eine engere Auswahl gezogen werden

können und im Zuge der weiteren Arbeit die Randbedingungen der Baustelle berücksichtigt werden müssen. Es handelt sich dabei um die Baustellen auf der Äußeren Währinger Straße (vgl. Kapitel 3.2.3.6) und der Schönbrunner Schloßstraße (vgl. Kapitel 3.2.4.6). Daher werden die essenziellen Kriterien für die Ermittlung der Lernkurve der Autofahrer und der Elastizität des Verkehrsnetzes (vgl. Kapitel 1.2) verglichen. Der Sperrzeitraum, die Bauphasen und die Wiederherstellung der Ausgangsstrukturen werden bei dem Projekt der **Äußeren Währinger Straße** besser erfüllt, weshalb diese Baustelle ausgewählt wird.

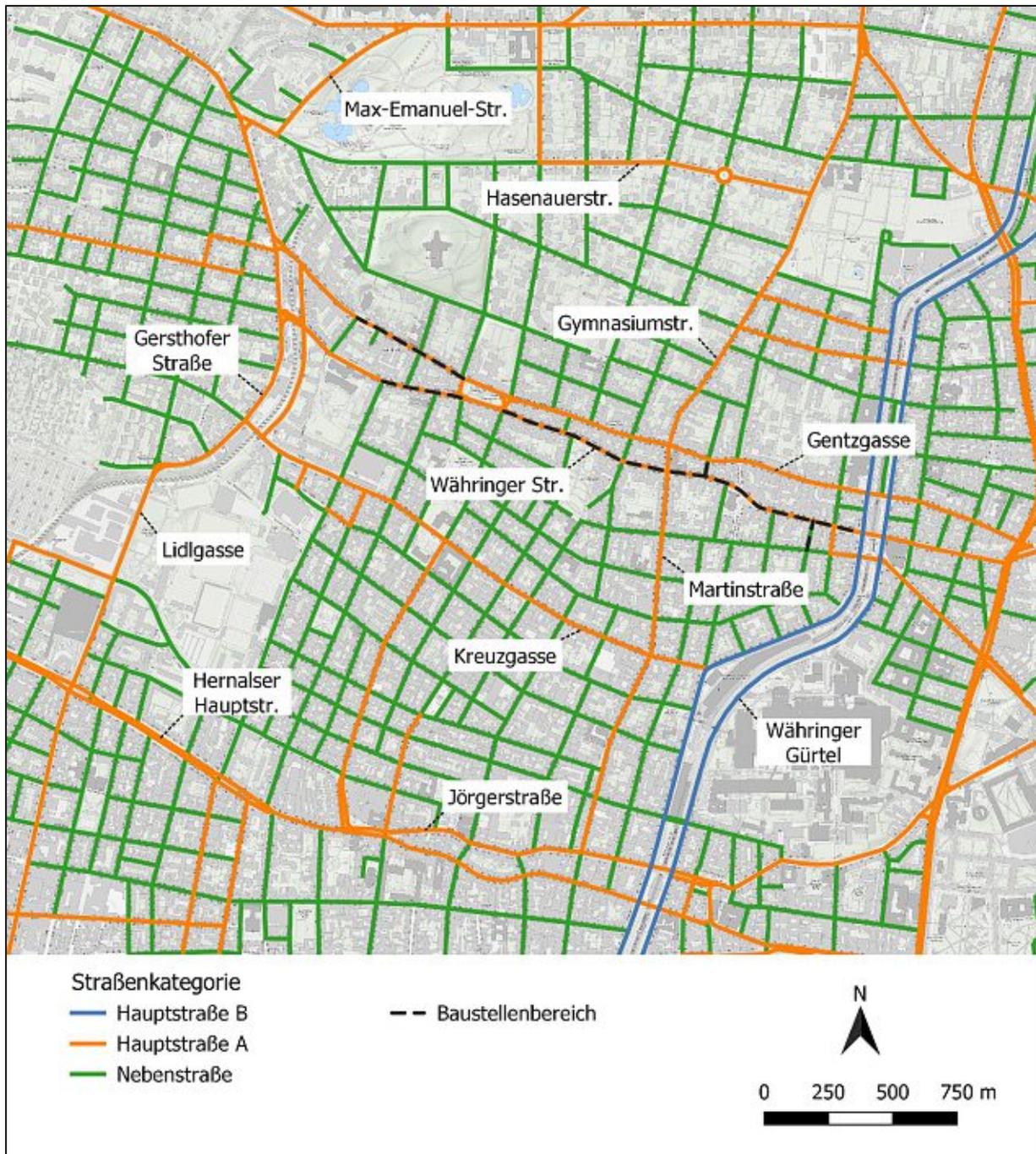


Abb. 3.1: Übersichtskarte der Baustelle in der Währinger Straße; M 1:25.000

Abb. 3.1. zeigt einen Überblick über den Bereich der ausgewählten Baustelle inkl. des in weiterer Folge (vgl. Kapitel 4.2) definierten Untersuchungsgebiets. Darüber hinaus werden die in diesem Ausschnitt anzutreffenden Straßenkategorien, die per Verordnung des Gemeinderates festgelegt sind (vgl. Kapitel 3.1), dargestellt.

4 Daten und Methodik

Für die im Rahmen der Arbeit durchgeführte Auswertung auf Basis der vorangegangenen Kapitel werden Daten aus verschiedenen Quellen einbezogen. Dabei handelt es sich um die Floating-Car-Daten des Austrian Institute of Technology (AIT), die OpenStreetMap (OSM) – wobei diese Daten ebenso über das AIT bezogen werden – und Open Government Data (OGD) der Stadt Wien, die öffentlich über das Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort zur Verfügung gestellt werden (vgl. Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort 2020). Folgende Daten der OGD, die in Form von .shp-Dateien vorliegen, dienen im Rahmen der Arbeit zur genaueren Beschreibung des Untersuchungsgebiets:

- *BEZIRKSGRENZEOGD*: Landes- sowie Bezirksgrenzen der Stadt Wien
- *STRASSENGRAPHOGD*: Der Straßengraph Wien beinhaltet alle Straßenkanten zwischen Kreuzungen, wobei ausschließlich öffentliche Verkehrsflächen miteinbezogen werden (Hauptstraße A, Hauptstraße B und Nebenstraßen).
- *STRASSENSPEEDOGD*: Der Verkehrsgraph Wien stellt die behördlich verordneten Geschwindigkeitsbeschränkungen (ausgenommen provisorische und baustellenbedingte Beschränkungen) sowie die Verkehrsführung für den motorisierten Individualverkehr dar.
- *DAUERZAEHLOGD*: Standorte der Verkehrszählstellen in Wien
- *BEGEGNUNGSZONEOGD*: Begegnungszonen in Wien
- *AMPELOGD*: Ampelstandorte ohne Akustikkennung in Wien
- *AKUSTISCHEAMPELOGD*: Ampelstandorte mit Akustikkennung in Wien
- *TAXIOGD*: Taxistandplätze in Wien
- *OEFFHALTESTOGD*: Haltestellen des öffentlichen Verkehrsnetzes in Wien

Darüber hinaus wurde eine Verwaltungsgrundkarte (basemap.at) auf WMTS-Basis für die Darstellung des Stadtplans herangezogen (vgl. Stadt Wien und Ämter der Landesregierung 2020).

4.1 Floating-Car-Daten des Austrian Institute of Technology

Das Austrian Institute of Technology (AIT) verfügt über ein Floating-Car-Daten-System (FLEET), das in Wien von ca. 3.000 Taxis gespeist wird. Die erhobenen Daten stammen aus dem Taxivermittlungssystem, das Berichtsintervalle von 40 bis 80 Sekunden aufweist. In Summe kann auf Messdaten aus der Region Wien von jährlich ca. 90 Mio. Kilometer zurückgegriffen werden. Dabei werden die Messdaten der Firma „Taxi 31300“ gesammelt und über eine laufende Verbindung alle fünf Minuten an das AIT übermittelt, wobei diese weder Geschwindigkeiten noch gefahrene Straßenkanten beinhalten. Es können lediglich die GPS-Koordinaten inkl. Zeitstempel und zu dem Fahrzeug gehörige Daten geliefert werden. Diese umfassen den Status des Fahrzeugs (z. B. Besetztfahrt mit Kunden, Fahrzeug am Standplatz) und die Trip-ID (diese ändert sich nach Änderung des Status). Mit Hilfe des implementierten Systems werden die Daten aufbereitet (u. a. Filterstufen, Map-Matching und Berechnung durchschnittlicher Geschwindigkeiten für einzelne Straßenkanten) und in einem weiteren Schritt aggregiert. Darauf basierend können

Verkehrsinformationen wie Reisezeiten ausgewertet oder Echtzeitanalysen (z. B. Detektion von Staus) zur Verfügung gestellt werden (vgl. Graser, Dragaschnig et al. 2012, S. 1f.; Graser, Koller et al. 2012, S. 451). Die Aufbereitung der Daten erfolgt von Seiten des AIT ausschließlich bei Besetztfahrten, wodurch im Zuge dieser Arbeit keine Untersuchung der Leerfahrten möglich ist.

Nach einer Erstfilterung (Plausibilisierung) der Messdaten erfolgt das Map-Matching (vgl. Kapitel 2.2.1.2) als erster Schritt der Aufbereitung, wobei eine statistische Methode angewendet wird, die auf dem Hidden Markov Model basiert. Dieses versucht die beiden Parameter, einerseits die Wahrscheinlichkeit der in Frage kommenden Straßenzüge für die einzelnen GPS-Koordinaten, andererseits die Umsetzbarkeit der Fahrt entlang des errechneten Pfads zu vereinen. Im Zuge der Berechnung werden für aufeinander folgende GPS-Positionen mögliche befahrende Straßen innerhalb eines vorher festgelegten Radius ermittelt. Von diesen ausgehend wird anschließend die Wahrscheinlichkeit für die übermittelte Position bei jeweiliger Befahrung der möglichen Straßen berechnet, wobei eine Abhängigkeit von GPS-Fehlern besteht. Darauf aufbauend wird eine Übergangswahrscheinlichkeit zwischen den in Frage kommenden Straßen der aufeinander folgenden GPS-Positionen bestimmt. Auf Basis der Wahrscheinlichkeiten wird von einem Algorithmus die plausibelste Route für die aufgezeichneten GPS-Koordinaten ausgegeben (vgl. Koller et al. 2015, S. 1f.). Dabei können einerseits Stichprobenfehler aufgrund der begrenzten Frequenz der Positionsmeldungen und andererseits Messfehler durch ungenaue GPS-Positionen auftreten, die sich beide durch ein falsches Matching an den Straßengraphen äußern (vgl. Kuhns et al. 2011, S. 110). Der Messfehler kann durch die Berechnung der Route mittels Wahrscheinlichkeitsmodell reduziert werden.

Auf Basis der berechneten Route und der daraus vorliegenden Distanz bzw. der Reisezeit (Zeitstempel) kann in der zweiten Aufbereitungsstufe die mittlere Reisegeschwindigkeit (vgl. Kapitel 2.3.2) der einzelnen befahrenen Straßenkanten berechnet werden. Diese Geschwindigkeit kann als der wichtigste Output aus dem FCD-System angesehen werden (vgl. Kuhns et al. 2011, S. 110). Sie entspricht jedoch nicht der Doppler-Geschwindigkeit (vgl. Kapitel 2.3.2), wodurch eine Berechnung erforderlich wird und die Ergebnisse aufgrund der ermittelten GPS-Positionen fehlerbehaftet sein können. Deshalb wird eine genaue Prüfung der Ausgabewerte erforderlich (vgl. Kapitel 5.2.).

4.2 Zeitliche und räumliche Abgrenzung

Im Zuge des Auswahlverfahrens der Baustelle in Kapitel 3.3 erfolgt eine zeitliche und räumliche Abgrenzung der Untersuchung. Für den zeitlichen Rahmen wird der Beginn in der 21. Kalenderwoche (Di, 22.05.) und die Fertigstellung zu Beginn der 36. Kalenderwoche (Mo, 03.09.) der Baustelle auf der Äußeren Währinger Straße (vgl. Kapitel 3.2.3.6) herangezogen, wobei vor Baubeginn mindestens zwei Wochen zur Beobachtung des Verkehrsverhaltens zur Verfügung stehen sollten. Aufgrund der Feiertage an Werktagen in der 18. Woche (Staatsfeiertag am Di, 01.05.) und 19. Woche (Christi Himmelfahrt am Do, 10.05.) (vgl. Startup Design 2018) wird der Beginn der Datenauswahl per Mo, 23.04.2018 (17. Kalenderwoche) festgelegt. Für das Ende der Datenauswertung wird die von Knoflacher (2007, 187f.) beschriebene Anpassung an die neuen Gegebenheiten etwa nach einem Monat (vgl. Kapitel 3.1) berücksichtigt und zur Beobachtung um weitere zwei Wochen ausgedehnt. Aufgrund dessen wird der Endzeitpunkt der Untersuchung mit dem So, 14.10.2018 (41. Kalenderwoche) definiert.

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über den 9., 16., 17., 18., und 19. Bezirk, wobei die räumliche Abgrenzung des Untersuchungsgebiets aufgrund der ebenso zu untersuchenden Zufahrtstrecken zur Äußeren Währinger Straße, wie unter anderem die Gersthofer Straße und der Währinger Gürtel, erfolgt. Darüber hinaus stellen die in Betracht gezogenen Ausweichrouten mit gleicher oder höherrangiger Straßenkategorie wie südlich die Kreuzgasse und die Hernalser

Hauptstraße Randbedingungen dar. Dies führt zur Auswahl eines rechteckigen Untersuchungsgebiets, das unter Verwendung des EPSG:3857¹³ wie folgt angegeben werden kann (vgl. **Abb. 3.1.**):

- x_{\min} : 1816638
- y_{\min} : 6142741
- x_{\max} : 1820653
- y_{\max} : 6146461

In dem gewählten Untersuchungsgebiet liegt eine dauerhafte Änderung im Straßennetz während dieser Zeit vor, die eine nicht näher bestimmte Auswirkung auf das Verhalten der Taxifahrer haben könnte (z. B. Nutzung anderer Umleitungsrouten), da durch die Veränderung von Strukturen auch Veränderungen im Verhalten zu beobachten sind. Dabei handelt es sich um die Umgestaltung der Schulgasse im Abschnitt von der Teschnergasse bis zur Leitermayergasse ab 09.07.2018 (vgl. Kapitel 3.2.3.6), die zur Fußgängerzone umgebaut wurde. Da ab diesem Zeitpunkt keine Durchfahrten mehr möglich waren, musste das dem Map-Matching zugrunde liegende Kartenmaterial angepasst werden, um eine möglichst realitätsnahe Auswertung zu gewährleisten. Daher wird die dem AIT zur Verfügung stehende OpenStreetMap mit Stand per 26.09.2017 für die Auswertung der GPS-Tracks von 23.04.2018 bis inkl. 08.07.2018 und eine weitere Karte der OpenStreetMap mit Stand per 08.10.2018 für die FC-Daten von 09.07.2018 bis 14.10.2018 herangezogen.

4.3 Datenstruktur

Um die Möglichkeiten bzw. auch die Grenzen der möglichen Auswertungen aufzuzeigen, werden in diesem Unterkapitel die für die weitere Auswertung vorliegenden Daten erörtert. Dabei handelt es sich um die Floating-Car-Daten, die OpenStreetMap als Basis für die berechneten Routen und eine SQLite-Datenbank, um eine Verbindung zwischen den beiden Datenbanken herstellen zu können und darüber hinaus weitere Informationen über die Straßenabschnitte zu erhalten.

4.3.1 Floating-Car-Daten

Die Floating-Car-Daten wurden seitens des AIT als .csv-Dateien übermittelt, wobei jeder Datensatz folgende Informationen enthält:

- `timestamp`
Zeitstempel mit der Lokalzeit von Wien im Datenformat
Jahr-Monat-Tag Stunde:Minute:Sekunde
- `road_id`
Identifikationsnummer (ID) der Straßenkante¹⁴
- `in_road_dir`
Fahrrichtung des Fahrzeuges in (true) oder gegen (false) die Digitalisierungsrichtung der Straßenkante, die auf die Geometrie in „the_geom“ bezogen wird.

¹³ Dabei handelt es sich um einen der EPSG-Codes, die ab 1986 von der European Petroleum Survey Group Geodesy zusammengestellt wurden. Sie dienen zur Kennzeichnung verschiedener Koordinatensysteme (vgl. Lange 2020, S. 177f.).

¹⁴ Eine Straßenkante umfasst dabei jeweils einen Abschnitt zwischen zwei Kreuzungen

- `trip_id`
Identifikationsnummer (ID) der Taxifahrt, die bei Änderung des Status (dieser wurde aufgrund der bereits aufbereiteten Daten seitens des AIT nicht übermittelt) des Fahrzeuges neu vergeben wird.
- `route_element_index`
Gibt die Reihenfolge der Routenelemente der jeweiligen Fahrt pro Zeitstempel im Format „Integer“ an.
- `speed`
Berechnete mittlere Reisegeschwindigkeit in km/h (vgl. Formel 21 in Kapitel 2.2.5.2) zwischen aufeinanderfolgenden Positionen im Format „Doppelte Genauigkeit“ (double precision), das einer Genauigkeit von ca. 16 Stellen entspricht. Dabei wird für die Wegstrecke S die im Zuge des Map-Matching Prozesses berechnete Route berücksichtigt.
- `the_geom`
Geometrie der Straßenkante als Linestring

4.3.2 OpenStreetMap

Für das Map-Matching (vgl. Kapitel 4.1) ist eine Kartengrundlage erforderlich, die aufgrund der zeitlichen und räumlichen Abgrenzung (vgl. Kapitel 4.2) nicht einheitlich ist. Diese Grundlage, die ebenfalls das AIT in Form der OpenStreetMap mit Stand 26.09.2017 und 08.10.2018 zur Verfügung stellte, wird für die weitere Bearbeitung der Aufgabenstellung herangezogen. Die OpenStreetMap wurde im Dateiformat `.osm.pbf` übermittelt und durch Konvertierung mittels `ogr2ogr` in eine `.db`-Datei umgewandelt. Die Linienelemente werden für das Untersuchungsgebiet ($n = 2.792$ der OSM 2017 sowie $n = 3.057$ der OSM 2018) importiert und enthalten folgende Attribute:

- `osm_id`
Identifikationsnummer (ID) der Straßenkante, die sich jedoch von jener der FC-Daten (vgl. Kapitel 4.3.1) unterscheidet.
- `name`
Straßenname der Straßenkante
- `highway`
Ausweisung einer Linie als Verkehrsweg und Kategorisierung in Abhängigkeit von der Verkehrsbedeutung. Diese Klassifizierung erfolgt detailreicher als jene der Stadt Wien (vgl. Kapitel 3.1), weshalb im Zuge der Datenaufbereitung (vgl. Kapitel 5.1) eine Modifikation durchgeführt wird.
- `other_tags`
Durch die Konvertierung werden alle nicht direkt zuordenbaren Attribute in einer Kategorie subsumiert. Diese enthält unter anderem Informationen über die Höchstgeschwindigkeit, Einbahnregelungen, den Straßenbelag und die Anzahl der Fahrstreifen.
- `geom`
Geometrie der Straßenkante als Linestring

Bereits im Zuge des Imports werden die leeren Spalten „aerialway“ (sie beinhaltet jegliche Art von Liften) und „waterway“ (Wasserläufe) entfernt. Darüber hinaus werden aufgrund der Irrelevanz für die Fragestellung der Untersuchung weitere Spalten bereinigt. Dabei handelt es sich um Informationen über Barrieren (z. B. Wände), die Menschen, Tiere und Fahrzeuge in der Bewegungsfreiheit einschränken („barrier“) und künstliche, vom Menschen erbaute Strukturen wie Türme („man_made“) sowie die Spalte „z_order“, die die Reihenfolge für Renderings enthält und aufgrund der durchgeführten Konvertierung eingefügt wird (OpenStreetMap Wiki 2020b; vgl. OpenStreetMap Wiki 2020c).

4.3.3 SQLite-Datenbank

Aufgrund der fehlenden Zuordnungsmöglichkeit der „road_id“ der FC-Rohdaten zur OpenStreetMap wurde eine weitere Tabelle einbezogen. Diese SQLite-Datenbank wird vom AIT im Datenformat .db zur Verfügung gestellt. Die Unterscheidung der „osm_id“ (OpenStreetMap) besteht im Vergleich zur „road_id“ (FC-Rohdaten) darin, dass die Straßenkanten weniger fein gegliedert sind. Dies führt dazu, dass die „osm_id“ für die Datenauswertung nicht weiter genutzt wird.

- **IDLink**
Identifikationsnummer (ID) der Straßenkante, die jener der „road_id“ in den FC-Daten (vgl. Kapitel 4.3.1) entspricht.
- **IDOSMWay**
Identifikationsnummer (ID) der Straßenkante, die jener der „osm_id“ der OpenStreetMap (vgl. Kapitel 4.3.3) entspricht.
- **StreetName**
Straßenname der Straßenkante
- **IsOneway**
Gibt das Vorliegen einer Einbahn (1) oder eine Straße mit Gegenverkehr (0) je Straßenkante an.
- **length_meters**
Länge der Straßenkante in Metern

Nicht weiter berücksichtigt werden die Spalten „IDJunctionFrom“ und „IDJunctinoTo“, die die möglichen Fahrtrouten zwischen den Straßenkanten beschreiben. Aufgrund der bereits aus der OpenStreetMap bekannten Straßenkategorie wurde die „FunctionalRoadClass“, die eine Kategorisierung mittels Zahlencode durchführt, ebenso wie die Geometrie (Spalte „wkt“ als Linestring; zusammengesetzt aus den weiteren Spalten „min_lon“, „max_lon“, „min_lat“, „max_lat“), die bereits durch die Rohdaten bekannt ist, nicht einbezogen. Darüber hinaus wird die Spalte „mots“ bereinigt, die Informationen zu den möglichen Verkehrsträgern der Straßenkarte enthält.

4.4 Rohdaten

Bevor die Daten aufbereitet werden können, erfolgt eine Voruntersuchung der Daten, wobei für Bewegungsdaten eine vierstufige Vorgehensweise auszumachen ist. Begonnen wird mit einer Visualisierung der Rohdaten, die einen Überblick verschaffen soll und mögliche Lücken zeitlicher und räumlicher Natur aufzeigt. Im nächsten Schritt sollen Informationen zwischen einzelnen Datensätzen (z. B. durchschnittliche räumliche Distanz der Datensätze pro Fahrt) ein Einfügen in den Kontext ermöglichen, wodurch zeitgleich Anwendungsgrenzen ausgelotet werden können. Durch die Betrachtung einzelner Trajektorien oder Orte können beispielhaft systematische Fehler erfasst werden, die aufgrund der großen Datenmenge in den vom AIT übermittelten FC-Daten keine Beachtung fänden. Letztendlich erfolgt eine Untersuchung auf erkennbare Muster und Ausreißer, die aus den GPS-Trajektorien detektiert werden müssen, wobei dies idealer Weise durch Gruppenbildung erfolgt. Darüber hinaus können vorab angestellte Vermutungen über die zur Verfügung stehenden Rohdaten unter Umständen in Frage gestellt werden, um die Untersuchung möglichst ergebnisoffen durchzuführen (vgl. Graser und Dragaschnig 2020, S. 4).

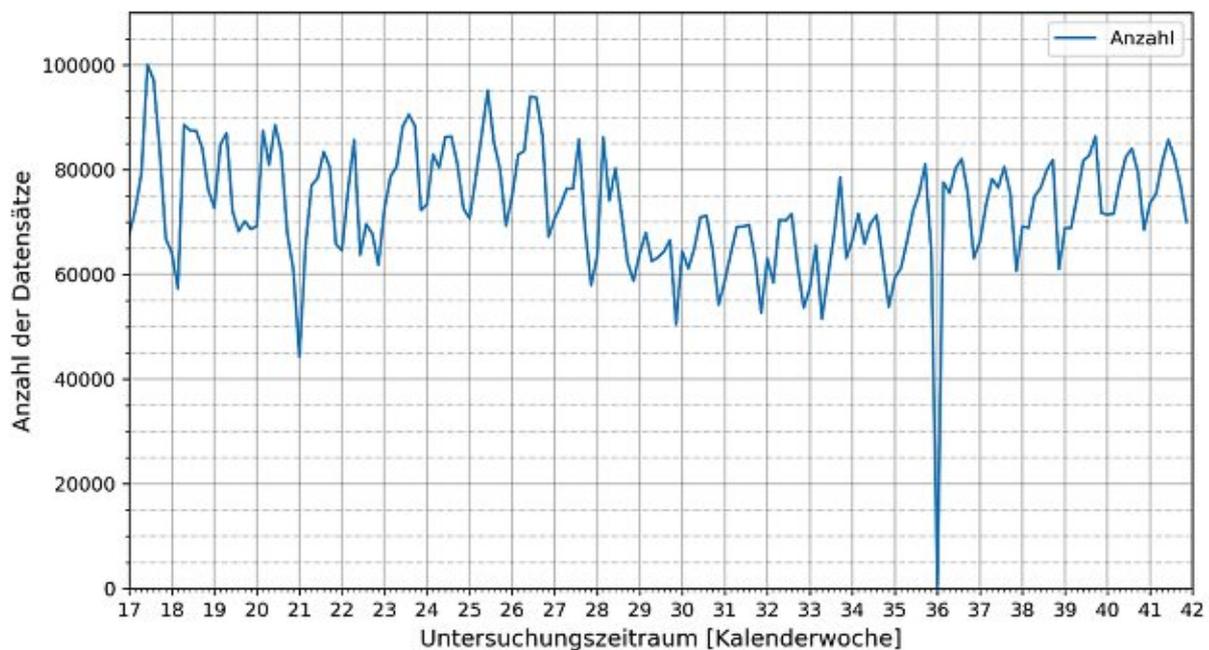


Abb. 4.1: Anzahl der Datensätze pro Tag während des Untersuchungszeitraums (KW 17 – 41)

In Summe wurden 12.712.416 (entspricht dem Stichprobenumfang n) FC-Datensätze der Taxiflotte 31300 über einen Zeitraum von 175 Tagen von 23.04.2018 bis 14.10.2018 (vgl. Kapitel 4.2) seitens des AIT zur Verfügung gestellt¹⁵. Durch eine erste Visualisierung der Rohdaten (vgl. **Abb. 4.1**) über den Untersuchungszeitraum zeigt sich, dass ein Datenausfall Anfang September vorliegt. Dabei handelt es sich um den Mo, 03.09.2018, an dem lt. AIT keine Daten abgelegt wurden, sodass dieser Tag im Rahmen dieser Arbeit nicht untersucht werden kann. Die 19 dennoch an diesem Tag vorliegenden Datensätze sind im Zusammenhang mit am 04.09.2018 stattfindenden Fahrten zu sehen, wodurch am Tag das Datenausfalls die Anzahl der Datensätze größer als Null ist. Darüber hinaus wird gezeigt, dass die Anzahl der Datensätze pro Tag zwischen minimal 44.293 (21.05.) und maximal 100.061 (26.04.) schwankt. Während der Ferienmonate Juli und August ist zeitweilig ein deutlicher Rückgang der Datensätze zu beobachten.

In weiterer Folge wird eine Visualisierung der Fahrten im Untersuchungsgebiet durchgeführt, um räumliche Datenausfälle ausschließen zu können. Aufgrund der unterschiedlichen

¹⁵ Die Zahl der Einzelfahrten kann auf Wunsch des Datenproviders nicht veröffentlicht werden.

Kartengrundlage (vgl. Kapitel 4.3.2) werden zwei Betrachtungszeiträume (77 bzw. 98 Tage) gewählt (vgl. **Abb. 10.1** und **Abb. 10.2** im Anhang); dabei zeigen sich Analogien bzgl. der Frequenz des Taxiverkehrs. Durch die Visualisierungen werden große Unterschiede zwischen einzelnen stark befahrenen Straßenkanten und vielen weiteren mit geringerer Taxidichte. Darüber hinaus wird bei einem Vergleich der OpenStreetMap erkennbar, dass alle offiziell befahrbaren Straßenkanten Fahrten im Untersuchungszeitraum aufweisen.

Aus den vom AIT vorliegenden multivariaten Daten sollen in weiterer Folge einzelne, für die Untersuchung relevante Merkmale, die jeweils in einer einzelnen Spalte vorliegen, untersucht werden. Dies ermöglicht es, sich Veranschaulichungsverfahren univariater Daten¹⁶ zu bedienen, um Unstimmigkeiten in den Daten feststellen zu können (vgl. Heiler und Michels 1994, S. 33). Im Speziellen soll dafür die Geschwindigkeit herangezogen werden, die nach der Berechnung des AIT nicht näher plausibilisiert wurde; es erfolgte lediglich eine Festsetzung der globalen Maximalgeschwindigkeit auf gerundet 151 km/h. Auf eine vollständige Überprüfung der GPS-Koordinaten wird im Rahmen dieser Arbeit verzichtet, da das AIT für die Berechnung der Fahrtrouten bereits vorab eine Filterung der von den Taxiunternehmen übermittelten Daten durchführte.

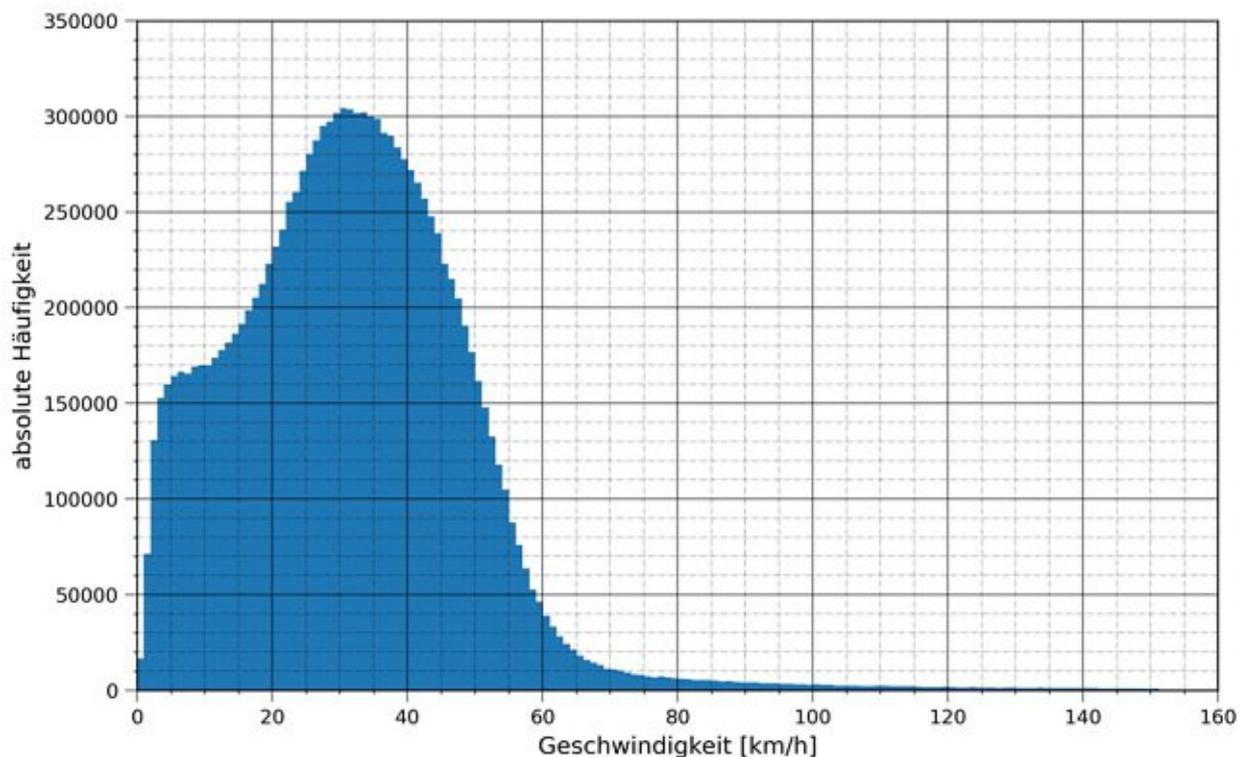


Abb. 4.2: Histogramm der Geschwindigkeiten im gesamten Untersuchungszeitraum

Das in **Abb. 4.2** gezeigte Histogramm beinhaltet die absoluten Häufigkeiten der mittleren Reisegeschwindigkeiten während des gesamten Untersuchungszeitraums, wobei eine Klassenbildung, die trotz Stetigkeit des Merkmals im Zuge der Datenanalyse zulässig ist (vgl. Heiler und Michels 1994, S. 34), mit einer Breite von 1 km/h angewendet wird. Analoge Darstellungen werden für jedes Monat des Untersuchungszeitraums analysiert und weisen keine grundlegenden Unterschiede bzgl. der Verteilungsform auf. Der große Anteil an niedrigen Geschwindigkeiten (rechtschiefe Verteilung; $g = 1,10$) erscheint auffällig, wobei dieser nicht zwingend auf eine ungenügende Datengrundlage zurückzuführen ist. Eine andere Ursache könnten anzutreffende Staus im Untersuchungsgebiet sein, die zu einer Reduktion der Geschwindigkeit führen. Des Weiteren

¹⁶ Daten mit nur einem einzigen Merkmal (vgl. Heiler und Michels 1994, S. 33f.).

stechen Werte im höheren Geschwindigkeitsbereich ins Auge, die erheblich von dem großen Anteil der Daten abweichen.

| | Anzahl | Mittelwert | Std.-abw. | Minimum | 25 % - Quantil | Median | 75 % - Quantil | Maximum |
|--------------|------------|------------|-----------|---------|----------------|--------|----------------|---------|
| | [-] | [km/h] | [km/h] | [km/h] | [km/h] | [km/h] | [km/h] | [km/h] |
| ges. | 12.712.416 | 31,67 | 17,42 | 0,00 | 19,53 | 31,18 | 42,19 | 151,19 |
| April | 631.607 | 30,91 | 17,01 | 0,09 | 18,67 | 30,43 | 41,62 | 151,07 |
| Mai | 2.328.036 | 31,30 | 17,21 | 0,00 | 19,11 | 30,87 | 41,89 | 151,19 |
| Juni | 2.414.932 | 30,94 | 17,07 | 0,00 | 18,82 | 30,42 | 41,45 | 151,17 |
| Juli | 2.086.745 | 32,06 | 17,45 | 0,01 | 20,20 | 31,46 | 42,44 | 151,18 |
| Aug. | 2.012.138 | 33,34 | 18,23 | 0,02 | 21,12 | 32,96 | 43,93 | 151,16 |
| Sept. | 2.158.057 | 31,59 | 17,40 | 0,00 | 19,44 | 31,10 | 42,09 | 151,18 |
| Okt. | 1.080.901 | 30,85 | 17,13 | 0,05 | 18,85 | 30,34 | 41,15 | 151,17 |

Tab. 4.1: Statistische Kennwerte der Geschwindigkeit der Rohdaten (n = 12.712.416)

In **Tab. 4.1** werden ebenfalls sehr hohe Geschwindigkeitsspitzen erkennbar, die in allen Untersuchungsmonaten auftreten. Jedoch zeigt sich ihre begrenzte Anzahl, da das 75 % - Quantil bereits ein deutlich niedrigeres Niveau annimmt. Für die Bewertung der intuitiv als Ausreißer titulierten Werte im oberen Geschwindigkeitsbereich reicht ein Vergleich zwischen dem arithmetischen Mittel (als Mittelwert bezeichnet) und dem Median (vgl. **Tab. 4.1**) nicht aus. Die Lagemaße unterscheiden sich aufgrund der hohen Stichprobengröße nur geringfügig voneinander, obwohl der Median im Gegensatz zum arithmetischen Mittel resistent gegenüber Ausreißern ist, da er die Summe der absoluten Abweichungen minimiert und nicht wie bei dem arithmetischen Mittel die Minimierung der Summe der quadrierten Abweichungen erfolgt (vgl. Heiler und Michels 1994, S. 99).

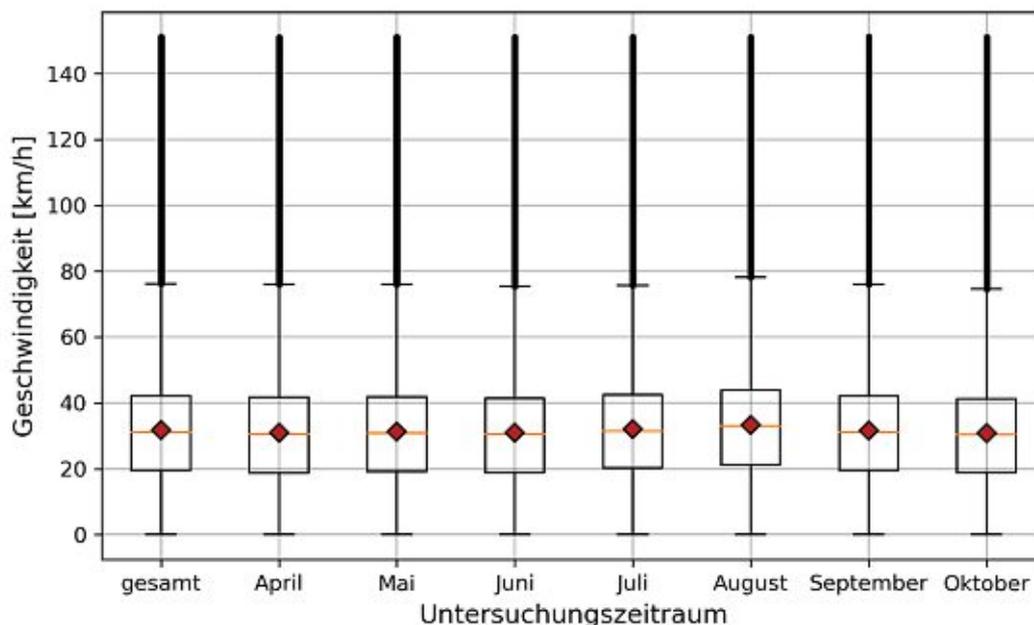


Abb. 4.3: Box-Plot der Geschwindigkeiten während des gesamten Untersuchungsgebiets

Die graphische Darstellung der in **Tab. 4.1** berechneten Werte erfolgt mittels Box-Plots (inkl. zusätzlicher Darstellung des arithmetischen Mittels in Form eines roten Rechtecks) in **Abb. 4.3**, wobei eine Unterscheidung zwischen Extremwerten, die mittels Barthaaren (whiskers) gekennzeichnet, und Ausreißern, die als Einzelpunkte außerhalb der Extremwerte dargestellt werden,

erfolgt (vgl. Heiler und Michels 1994, S. 129). Diese bleibt für die Betrachtung der Rohdaten vorerst unberücksichtigt, da eine detaillierte Behandlung im Kapitel 5.2.2 im Zuge der Datenaufbereitung erfolgt. Stichprobenartige Einzelfallprüfungen zeigen, dass ungewöhnlich hohen Geschwindigkeiten in der Hauptverkehrszeit beobachtet werden können, wodurch der Verdacht nahe liegt, dass diese Werte fehlerbehaftet sind (vgl. Kapitel 4.1). Aus **Abb. 4.3** kann jedoch direkt gezeigt werden, dass die Schwankungen zwischen den Untersuchungsmonaten gering ausfallen. Leicht ansteigende Geschwindigkeiten zeigen sich im Juli und August (Ferienmonate).

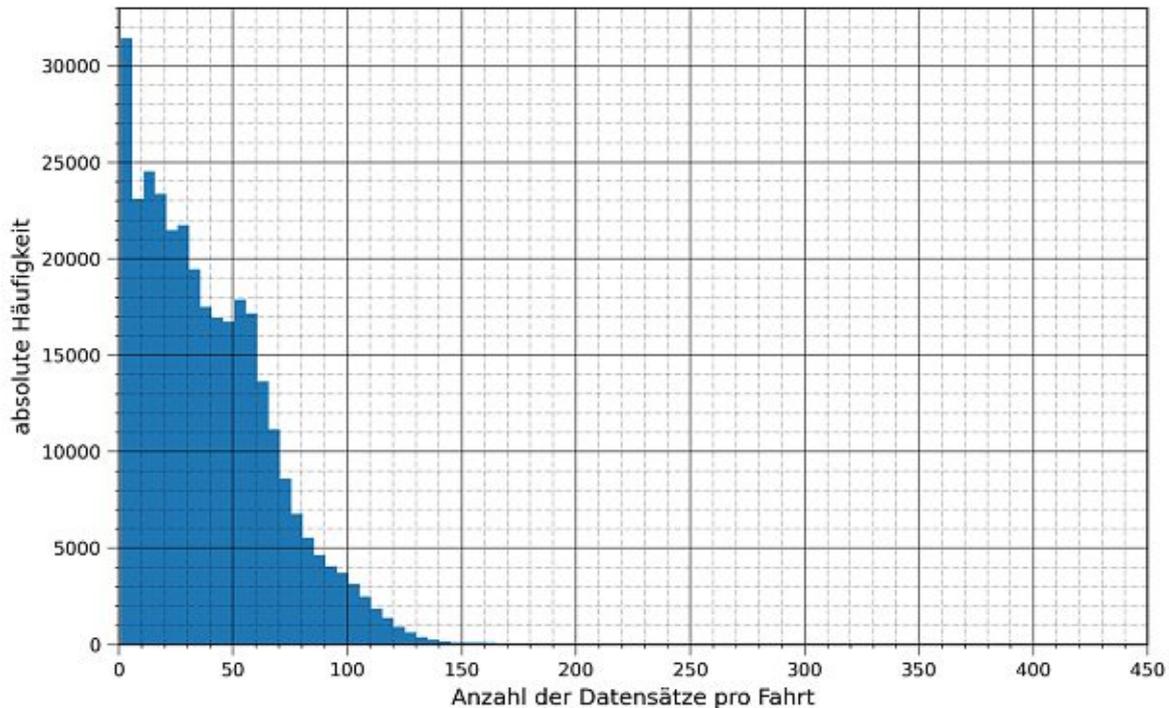


Abb. 4.4: Histogramm über die Anzahl der Datensätze pro Fahrt während des Untersuchungszeitraums

Anschließend wird eine Gruppierung der Trips nach der Anzahl der Datensätze pro Fahrt durchgeführt (vgl. **Abb. 4.4**). Die Klassenbildung erfolgte mit jeweils fünf Datensätzen, wobei die erste Klasse besonders hervorsticht. Eine ähnliche Situation belegt die **Abb. 10.3** im Anhang, die eine Häufung der gefahrenen Längen < 100 m zeigt. Da es sich um Datenfehler handeln könnte, wird dies mittels GIS-Analyse unter Betrachtung beider Parameter ausgeschlossen. Sie zeigt, dass diese kurzen Trips fast ausschließlich Fahrten beschreiben, die die Untersuchungsgebietsgrenzen überschreiten. Einzelne Extremwerte im oberen Wertebereich (maximale Anzahl = 448 Elemente, dazugehörige Länge entspricht $l_{\max} = 27,97$ km) können durch Einzelfallbetrachtungen ebenfalls geprüft und als plausibel klassifiziert werden, da es sich aufgrund der zeitlichen Komponente um mehrere Fahrten handelt, bei denen die trip_id nicht neu vergeben wurde. Bei Betrachtung des Medians ergibt sich eine durchschnittliche Anzahl von 34 Datensätzen und eine Länge von 1,87 km pro Fahrt im Untersuchungsgebiet. Somit kann bei einer durchschnittlichen Fahrt alle 55 m von einem Datensatz ausgegangen werden.

- Geschwindigkeitsentwicklung ausgewählter Straßenkanten

Die im Datensatz enthaltene mittlere Reisegeschwindigkeit \bar{v}_R (vgl. Kapitel 4.3.1) wird für Auswertungen in ausgewählten Straßenkanten im Baustellenbereich, auf Ausweichrouten – auf Basis der räumlichen Verteilung der Fahrten detektiert – sowie auf Zulaufstrecken ausgewertet.

Die Reisegeschwindigkeit steht in direktem Zusammenhang mit der Reisezeit ausgewählter Straßenkanten (vgl. Kapitel 2.2.5.2), für die nachgewiesen werden kann, dass sie Staus in Form von Reisezeitspitzen treffsicher detektieren, auch wenn es im Vergleich zur automatischer Nummernschilderkennung (ANPR) zu einer Unterschätzung der Reisezeit kommt. Bei freiem Verkehr wird die Reisezeit leicht überschätzt (vgl. Marcinek 2011, S. 48). In Untersuchungen – allerdings auf Autobahnen – konnte bei vorliegendem Baustellenverkehr gezeigt werden, dass ein Abfall der Verkehrsstärke mit einer Reduktion der mittleren Geschwindigkeit einhergeht und somit die Ganglinien ähnliche Verläufe zeigen (vgl. FGSV 2005, S. 24f.). Im Zuge der Auswertung werden Geschwindigkeitsganglinien erstellt und Anteile von Geschwindigkeitsklassen an der Geschwindigkeitsverteilung über den Untersuchungszeitraum ausgewertet, die beide als Indikatoren für Staubildung dienen. Bei der Auswahl sind dabei andere Einflussfaktoren wie Verkehrslichtsignalanlagen sowie Haltestellen des öffentlichen Verkehrs zu berücksichtigen, die für geringere Geschwindigkeiten unabhängig vom Verkehrsaufkommen sorgen könnten.

Auf die Auswertung des Beschleunigungsrauschens wird verzichtet, da dafür sehr hohe Durchschnittsgeschwindigkeiten vorliegen müssen (vgl. Kapitel 2.2.7).

Es besteht die Möglichkeit, Reisezeiten einzelner Straßenkanten (z. B. alle 15 Minuten) zu ermitteln und anschließend eine Aggregation der Reisezeiten für eine bestimmte Route vorzunehmen (vgl. Graser, Koller et al. 2012, S. 451). Dadurch wird eine Reduktion der Datensätze im Vergleich zur Analyse einzelner Straßenkanten verursacht, die als problematisch angesehen werden kann, sodass die Datenverfügbarkeit eine entscheidende Rolle für die mögliche Untersuchung spielt. Für diese Aggregation konnte von Marcinek (2011, S. 73) nachgewiesen werden, dass die Reisezeit im freien Verkehr überschätzt bzw. beim Auftreten von Staus unterschätzt wird. Die Autorin konnte weiters zeigen, dass – bei ausreichend großer Stichprobe – die Reisezeiten der Floating-Car-Daten mit jenen der erfassten Referenzreisezeit gut übereinstimmen. Diese Untersuchung wurde mit Aggregierungszeiträumen von 5 bzw. 15 Min. durchgeführt. Diese detaillierte Aggregation ist aufgrund der vorliegenden Stichprobengröße nicht möglich, da keine genügend große Anzahl an Einzelmessungen oder kein einziger Messwert in den Zeitintervallen vorliegt. Aufgrund dessen wird die mittlere Reisezeit \bar{t}_R nicht als Kenngröße zur Auswertung herangezogen.

Ähnliche zeitliche Parameter wie die Fahrzeit, die mit der Streckengeschwindigkeit (vgl. Kapitel 2.2.5.2) in Zusammenhang steht, und die Haltezeit, die beide ebenfalls zur Bestimmung von Staus herangezogen werden können (vgl. D'Este et al. 1999, S. 256), sind aufgrund der vorliegenden Datengrundlage nicht auswertbar. Angesichts der Beeinflussbarkeit des Congestion Index (vgl. Kapitel 2.2.8) bei der Bestimmung der theoretischen Reisezeit wird auf diese Kenngröße ebenfalls verzichtet.

Eine weitere Kenngröße stellt die mittlere, erwartete Rückstaulänge dar, die jedoch nur bei hinreichendem Ausstattungsgrad bestimmt werden kann (vgl. Kapitel 2.2.11.2). Aufgrund der zur Verfügung stehenden Anzahl der Datensätze im Untersuchungsgebiet (zu geringer Ausstattungsgrad bzw. zu niedriger Frequenz an Fahrten durch die zu untersuchenden Straßenzüge) kann diese Kenngröße nicht berücksichtigt werden.

4.6 Zur Datenauswertung eingesetzte Programme

Im Zuge der Untersuchung wird auf unterschiedliche Programme zurückgegriffen, die die große Datenmenge verwalten und für weiterführende Rechenoperationen verarbeiten können.

Für die Verwaltung der Datensätze erfolgt die Nutzung des SQL-basierenden objektrelationalen Datenbankmanagementsystem PostgreSQL 12.2, wobei als graphische Benutzeroberfläche die Software pgAdmin 4.19 eingesetzt wird. Darüber hinaus kommt die Erweiterung PostGIS 3.0.1 als Geodatenbank zum Einsatz, die eine Verbindung zu Geoinformationssystemen (GIS) herstellt.

Für die graphische Darstellung und Bearbeitung von räumlichen Daten findet das freie Geoinformationssystem QGIS 3.10 Verwendung. Eine Erweiterung stellt dabei OSGeo4W Shell dar, die auf GDAL 3.0.2 basiert und für die Datenkonvertierung der OpenStreetMap (vgl. Kapitel 4.3.2) erforderlich ist.

Die Berechnungen werden, neben einem gering auf Microsoft Excel entfallenden Anteil, mit der Programmiersprache Python 3.8 durchgeführt. Als web-basierte interaktive Umgebung diente dabei Jupyter Notebook 6.0.3, das die Möglichkeit bietet, Programmcode und Freitext einzugeben. Outputs sind in Form einzelne Rechenergebnisse, Tabellen und Plots möglich. Für eine den Ansprüchen der Untersuchung gerecht werdenden Funktionalität erfolgt die Implementierung folgender Erweiterungen:

- *Matplotlib 3.2.2*: Erstellung von Visualisierungen (z. B. Diagramme)
- *NumPy 1.19*: Bietet numerische u. mathematische Funktionen; im Speziellen für „big data“
- *Pandas 1.0.5*: Datenanalyse und -manipulation
- *Psycopg2 2.8.5*: Adaptierung von PostgreSQL Datenbanken für Python
- *SciPy 1.5.2*: Numerische Berechnungen – vor allem für statistische Auswertungen
- *SQLAlchemy 1.3.18*: SQL-Toolkit für die Verbindung zwischen Datenbanken und Python

5 Datenaufbereitung

Im Zuge der Datenaufbereitung sollen irrelevante und unbrauchbare Daten identifiziert werden. Dabei wird, aus Gründen der vom AIT bereits durchgeführten Datenverarbeitung (vgl. Kapitel 4.1), im Rahmen der Arbeit auf eine detaillierte Prüfung auf Messfehler, die durch die GPS-Koordinatenerfassung auftreten können, verzichtet.

Die für die Untersuchung nicht relevanten Straßenkategorien, die mangels Durchgängigkeit nicht als Umleitung dienen können, werden aus der Stichprobe entfernt. Darüber hinaus erfolgt eine Prüfung der vom AIT berechneten Geschwindigkeiten auf Plausibilität ($v > v_{\text{grenz}}$). Die Grenzggeschwindigkeit (obere Schranke) wird auf der Basis statistischer Methoden zur Ermittlung von Ausreißern bestimmt, eine untere Schranke wird nicht eingeführt, da bei Geschwindigkeiten von 0 km/h von möglichem Stau ausgegangen wird (vgl. Leerkamp 2019, S. 6).

5.1 OpenStreetMap

Im Zuge des Datenimports werden nicht erforderliche Informationen zu den Datensätzen zwar entfernt (vgl. Kapitel 4.3.2), jedoch bleiben alle Datensätze erhalten. Eine solche Reduktion der Klassen erfolgt in der Spalte „highway“, die 16 Kategorien in der OpenStreetMap 2017 (sowie 18 Kategorien in der OpenStreetMap 2018) beinhaltet. Es wird eine Vorauswahl der Daten durchgeführt, bei der unter anderem Kategorien wie „path“ (z. B. Wanderwege), „track“ (z. B. Wirtschaftsweg), „footway“ (Gehweg), „pedestrian“ (z. B. Fußgängerzone) und „service“ (Erschließungsweg) entfernt werden (vgl. OpenStreetMap Wiki 2020a). Im Anschluss erfolgt die Straßenkategorisierung nach der „Verordnung [V 001-115] des Gemeinderats betreffend Feststellung der Hauptstraßen und Nebenstraßen aus dem Jahr 2015“ (vgl. Rechtsinformation des Bundes 2015), wodurch die Straßenabschnitte in die Straßenkategorien Hauptstraße A, Hauptstraße B und Nebenstraßen eingeteilt werden. Auf die in der OpenStreetMap detailreicher ausgeführte Klassifizierung in „tertiary“ (weniger befahrene Vorrangstraßen), „residential“ (Straßen in Wohngebieten) und „living street“ (Wohnstraßen) (vgl. OpenStreetMap Wiki 2020a) wird verzichtet und in die Kategorie „Nebenstraßen“ subsumiert, um die Klassifizierung der Verordnung anzupassen. In einem nächsten Aufbereitungsschritt wird die Kategorisierung mit Open Government Data der Stadt Wien (StraßengraphODG) abgeglichen, wobei auch Datensätze, die fälschlicher Weise als „service“ definiert waren, richtiggestellt werden. Bei Ungleichheiten erfolgt eine Klassifizierung nach den Anlagen der Verordnung V 001-115. Anschließend werden die Daten der OpenStreetMap mittels der SQLite-Datenbank, die weitere Informationen zu den Straßenabschnitten (z. B. Einbahnregelungen) enthält (vgl. Kapitel 4.3.3), mit den FC-Rohdaten verknüpft. Dadurch kann ein Zusammenhang zwischen den kürzer definierten Straßenkanten in den FC-Daten des AIT und der OpenStreetMap hergestellt werden.

| Straßenkategorie | Anzahl der Datensätze (osm_id) | | Anzahl der Datensätze (road_id) | | Gesamtlänge | |
|------------------|--------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | absolut [-] | relativ [%] | absolut [-] | relativ [%] | absolut [m] | relativ [%] |
| Hauptstraße B | 31 | 3,95 | 96 | 4,87 | 5.596 | 4,85 |
| Hauptstraße A | 277 | 35,29 | 786 | 39,90 | 35.638 | 30,92 |
| Nebenstraße | 477 | 60,76 | 1.088 | 55,23 | 74.041 | 64,23 |
| Summe | 785 | 100,00 | 1.970 | 100,00 | 115.275 | 100,00 |

Tab. 5.1: Anzahl der Straßenkanten und Gesamtlänge je Straßenkategorie (OSM 2017)

Abschließend verbleiben in der OpenStreetMap 2017 785 Elemente der `osm_id` (analog 806 in OSM 2018), die aufgrund ihrer Geometrie 1.970 Elementen der `road_id` (analog 2.033 in OSM 2018) entsprechen. Die **Tab. 5.1** zeigt darüber hinaus eine Aufstellung über die Anteile der Straßenkategorien im Untersuchungsgebiet für die OpenStreetMap 2017 (eine analoge Tabelle für die OpenStreetMap aus dem Jahr 2018 stellt die **Tab. 10.1** im Anhang dar). Sie zeigen beide, dass das Untersuchungsgebiet von Nebenstraßen dominiert wird. Der Anteil der Kategorie Hauptstraße B ist sehr gering und wird in dem Untersuchungsgebiet ausschließlich durch den Hernalser, Währinger und Döblinger Gürtel repräsentiert. Für die Auswertungen werden ausschließlich die Abschnitte der `road_id` benutzt, da die Rohdaten für diese Elemente vorliegen und detaillierteren Aufschluss über das Verkehrsgeschehen liefern können.

Im Anschluss werden die Angaben zur höchst zulässigen Geschwindigkeit in den Straßenabschnitten aus der Spalte „`other_tags`“ extrahiert und zur weiteren Verwendung herangezogen. Es erfolgt ein Abgleich mit den Geschwindigkeitsangaben aus den Daten der Stadt Wien (StraßenspeedODG) und bei nicht vorhandenen Werten in der OpenStreetMap durch selbige ergänzt. Es ergeben sich drei Geschwindigkeitskategorien, wobei die Transformation der Angabe „Schrittgeschwindigkeit“ in eine höchste zulässige Geschwindigkeit von 5 km/h erfolgt.

| n = 1.970 (100 %) | v _{max} = 5 km/h | | v _{max} = 30 km/h | | v _{max} = 50 km/h | |
|-------------------|---------------------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|----------------|
| | absolut [-] | relativ [%] | absolut [-] | relativ [%] | absolut [-] | relativ [%] |
| Hauptstraße B | - | - | - | - | 96 | 4,87 |
| Hauptstraße A | - | - | 102 | 5,18 | 684 | 34,72 |
| Nebenstraße | 33 | 1,68 | 980 | 49,75 | 75 | 3,81 |
| Summe | 33 | 1,68 | 1.082 | 54,92 | 855 | 43,40 |

Tab. 5.2: Abs. und rel. Anteile nach Straßenkategorie und zul. Höchstgeschw.: 23.04.-08.07. (OSM 2017)

Zusammenfassend zeigt **Tab. 5.2** die Anzahl der Straßenelemente der `road_id` im Zusammenhang mit der OpenStreetMap 2017 (analog **Tab. 10.2** für die OpenStreetMap aus 2018 im Zeitraum 09.07.-18.07. im Anhang) und ihre relativen Anteile an den Straßenkategorien, wobei die Grundgesamtheit alle Straßen im Untersuchungsgebiet darstellt. Durch diese Betrachtung wird die Dominanz der Straßenkanten mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h sichtbar, wobei es in diesem Zeitraum kaum Hauptstraßen A mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h gibt.

| n = 2.033 (100 %) | v _{max} = 5 km/h | | v _{max} = 30 km/h | | v _{max} = 50 km/h | |
|-------------------|---------------------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|----------------|
| | absolut [-] | relativ [%] | absolut [-] | relativ [%] | absolut [-] | relativ [%] |
| Hauptstraße B | - | - | - | - | 92 | 4,53 |
| Hauptstraße A | - | - | 187 | 9,20 | 626 | 30,79 |
| Nebenstraße | 35 | 1,72 | 1.019 | 50,12 | 74 | 3,64 |
| Summe | 35 | 1,72 | 1.206 | 59,32 | 792 | 38,96 |

Tab. 5.3: Abs. und rel. Anteile nach Straßenkategorie und zul. Höchstgeschw.: 19.07.-14.10. (OSM 2018)

Darüber hinaus müssen die Geschwindigkeitsreduktion in den Martinstraße, der Gymnasiumstraße, der Gentzgasse zwischen dem Gürtel und dem Aumannplatz, der Währinger Straße zwischen dem Aumannplatz und der Gersthofer Straße, der Sternwartestraße und der Anastasius-Grün-Gasse (ausgenommen Schienenstraßen) von 50 km/h auf 30 km/h per 19.07. (vgl. Kocina 2018) berücksichtigt werden, woraus sich eine neue Verteilung ergibt, die in **Tab. 5.3** veranschaulicht wird.

Im Zuge der Datenaufbereitung wurden folgende Informationen je Datensatz ergänzt:

- highway_wien
Kategorisierung der Straßenkante mittels Verordnung [V 001-115] auf Basis von der bereits vorhandenen Spalte „highway“.
- maxspeed
zulässige Höchstgeschwindigkeit der Straßenkante in km/h
- maxspeed_vor_1907
Diese Ergänzung wird ausschließlich in der OpenStreetMap 2018 vollzogen, wobei sie die zulässige Höchstgeschwindigkeit der Straßenkante in km/h zwischen dem 09.07. und dem 18.07. beschreibt (vgl. Kapitel 4.2).

Abschließend wird ein Zusammenhang zwischen den Spalten „road_id“ der beiden Straßengraphen hergestellt, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse über den gesamten Betrachtungszeitraum zu gewährleisten. Als Grundlage werden dabei identische bzw. ähnliche Geometrien herangezogen, da die gleichen Straßenkanten nicht zwingend die gleiche „road_id“ aufweisen. Dabei tritt des Öfteren der Fall auf, dass idente Straßenkanten in einer der beiden Straßengraphen in mehrere (meist in zwei) kürzere Abschnitte unterteilt sind. Um einen Erhalt der Daten zu gewährleisten, werden ausschließlich die kürzeren Abschnitte für weitere Analysen herangezogen und für eine Zeitreihenbetrachtung die Anzahl der Fahrten des längeren Abschnitts den beiden kürzeren zugeordnet.

Darüber hinaus gilt es zu beachten, dass einige Straßenkanten, in den zur Verfügung stehenden OpenStreetMaps vom Jahr 2017 auf 2018, ihre Definition bzgl. des Vorliegens einer Einbahn änderten. Diese werden in der weiteren Darstellung als Straßen mit einer Zweirichtungsfahrbahn geführt und die Fahrten der Richtung entsprechend zugeordnet. Zum Zeitpunkt des Vorliegens einer Einbahn verbleiben beide Linienelemente, jedoch werden in der entgegengesetzten Richtung keine Fahrten angesetzt. Dadurch enthält das Untersuchungsgebiet 2.503 Straßenkanten (Einbahnen sowie Straßen mit einer Zweirichtungsfahrbahn), die in weiterer Folge im Kapitel 6 zur Auswertung herangezogen werden.

5.2 Floating-Car-Daten

Die Datenaufbereitung schließt an die bereits durchgeführte Voruntersuchung (vgl. Kapitel 4.4) an und die im nächsten Schritt durchgeführte Prüfung auf Duplikate liefert ein negatives Ergebnis. So kann eine Fokussierung auf zwei verschiedene Fragestellungen erfolgen, die im Rahmen zweier Filterstufen umgesetzt werden. Die erste befasst sich mit Daten, die für die Fragestellung nicht relevant sind und zweitens mit aufgetretenen Extremwerten der mittleren Reisegeschwindigkeit.

Die zweistufige Datenaufbereitung des AIT führt dazu, dass Fahrten eine plausible Route, aber unplausible Geschwindigkeiten enthalten können. Da jeder Straßenkante ein Geschwindigkeitswert zugeordnet wird, würde das Löschen von Datensätzen mit zu hoher Geschwindigkeit (Filterstufe 2) dazu führen, dass in der entsprechenden Route abschnittsweise „Löcher“, also fehlende Straßenkanten, auftreten würden. Um dies zu vermeiden, kommen aus den übermittelten Daten daher zwei Untergruppen für die Auswertungen zur Anwendung. Dies hat zur Folge, dass für die Analyse der räumlichen Verteilung der Fahrten die größere Untergruppe (Filterstufe 1) verwendet wird, um keine Lücken innerhalb einzelner Fahrten entstehen zu lassen und dadurch die Anzahl der Fahrten pro Straßenkante verfälscht. Für die Betrachtung der Geschwindigkeiten wären Ausreißer jedoch ein Hemmnis für die Interpretierbarkeit (z. B. Verzerrung der Lagemaße), da Taxis ohnehin nur als „Indikator-Flotte“ für den motorisierten Individualverkehr dienen können

und folglich nur eine sehr kleine Stichprobe für einzelne Straßenkanten vorliegen. Durch den Einsatz der Filterstufe 2 kann diese Auswirkung der Ausreißer vermieden werden.

5.2.1 Filterstufe 1

In der ersten Filterstufe wird die Kategorisierung durch Verknüpfung des Floating-Car-Daten mit der OpenStreetMap in den definierten Kategorien (Straßenkategorie und zulässige Höchstgeschwindigkeit aus Kapitel 5.1) geprüft und Einträge in drei weiteren Straßenkategorien detektiert. Dabei handelt es sich um die Records in den Kategorien „footway“ (n = 126), „pedestrian“ (n = 143) und „service“ (n = 160.650). Die ersten beiden gestatten jedoch nur die Benutzung durch Fußgänger, wobei in Fußgängerzonen eine zeitlich begrenzte Zufahrt für Kraftfahrzeuge gestattet werden kann. Bei der Kategorie „service“ werden Erschließungswege (z. B. zu Sportstätten) definiert, die meist als Privatstraßen mit Fahrverboten gekennzeichnet sind. Darüber hinaus werden auch Parkplätze, Hauszufahrten und Zufahrten zu Mistplätzen in der Open-StreetMap mit dieser Kategorie versehen (vgl. OpenStreetMap Wiki 2020a). Für die durchzuführende Untersuchung sind diese Kategorien nicht relevant, was zu einer Reduktion der zur Verfügung stehenden Daten um 160.919 auf 12.551.497 Records mit sich zieht.

| Straßenkategorie | | Haupt- straße B | Hauptstraße A | | | Nebenstraße | | |
|-------------------------|--------|--------------------|---------------|-----------|---------|-------------|--------|--|
| zul. Höchst- geschw. | [km/h] | 50 | 50 | 30 | 50 | 30 | 5 | |
| Anzahl | [-] | 3.022.778 | 6.904.870 | 1.113.130 | 112.359 | 1.386.255 | 12.105 | |
| Mittelwert | [km/h] | 38,96 | 30,49 | 27,83 | 22,78 | 25,20 | 31,63 | |
| Standardabw. | [km/h] | 19,01 | 16,64 | 14,20 | 17,05 | 13,19 | 23,80 | |
| Minimum | [km/h] | 0,08 | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,00 | 0,08 | |
| 25 % - Quantil | [km/h] | 26,95 | 18,63 | 19,05 | 9,16 | 17,65 | 14,03 | |
| Median | [km/h] | 41,37 | 30,73 | 27,83 | 20,73 | 24,70 | 25,65 | |
| 75 % - Quantil | [km/h] | 50,01 | 40,53 | 35,43 | 32,50 | 31,02 | 45,65 | |
| Maximum | [km/h] | 151,18 | 151,19 | 151,16 | 149,03 | 151,06 | 151,18 | |

Tab. 5.4: Statistische Kennwerte der Geschwindigkeiten nach Straßenkategorie und zul. Höchstgeschw.; n = 12.551.497

Dabei zeigt **Tab. 5.4**, dass bei der vorliegenden Teilstichprobe nach der Filterstufe 1 bei allen Straßenkategorien ähnliche Maximalwerte der Geschwindigkeit beobachtet werden können, was aufgrund der unterschiedlichen Verkehrsinfrastruktur zu wenig plausiblen Verteilungen (vgl. **Abb. 10.4** bis **Abb. 10.9** im Anhang) in den höheren Geschwindigkeitsbereichen führt. Begründet werden kann diese Tatsache mit der vom AIT gesetzten globalen Maximalgeschwindigkeit von gerundet 151 km/h (vgl. Kapitel 4.4). Dies zeigt deutlich, wieso eine weitere Datenaufbereitung von Nöten ist.

5.2.2 Filterstufe 2

Durch die in Kapitel 5.2.1 festgestellte Notwendigkeit zur Eliminierung der Ausreißer in den Verteilungen der Geschwindigkeit erfolgt vorab eine Definition selbiger. In der Literatur sind jedoch verschiedene Definitionen zu finden, da es kein objektives Kriterium gibt, anhand dessen man einen Ausreißer eindeutig identifizieren könnte. Zweckmäßig erscheint es dabei Ausreißer als „Werte zu bezeichnen, die mit der Masse der übrigen Werte unvereinbar erscheinen“ (vgl. Buttler 1996, S. 4). Darüber hinaus gilt es den Begriff „Extremwerte“ zu definieren, die in jeder Verteilung zwangsläufig vorhanden sein müssen und die Randwerte der geordneten Merkmale bezeichnen.

Daraus folgt, dass Extremwerte Ausreißer sein können, aber nicht müssen (vgl. Buttler 1996, S. 3f.).

Eine wissenschaftliche anerkannte Methode zur rechnerischen Bestimmung von Ausreißern in der deskriptiven Statistik erfolgt dabei über die Betrachtung der Box-Plots. Dabei erfolgt die rechnerische Bestimmung der Extremwerte, die mittels Barthaaren (whiskers) über den 1,5-fachen Interquartilsabstand (IQR) gekennzeichnet werden. Dieser wiederum bezeichnet den Abstand zwischen dem 1. Quartil ($Q_{0,25}$) und dem 3. Quartil ($Q_{0,75}$). Alle darüber (bzw. darunterliegenden Werte) sind definitionsgemäß Ausreißer (Heiler und Michels 1994, S. 106f., S. 129). Im Zuge der Aufbereitung wird speziell die obere Grenze untersucht, da Extremwerte im unteren Geschwindigkeitsbereich auf einen Stau hindeuten können und nicht treffsicher als Ausreißer identifiziert werden können. Dabei wird die Grenzgeschwindigkeit v_{grenz} wie folgt definiert:

$$v_{\text{grenz}} = Q_{0,75} + 1,5 \cdot (Q_{0,75} - Q_{0,25}) \quad [\text{km/h}] \quad (38)$$

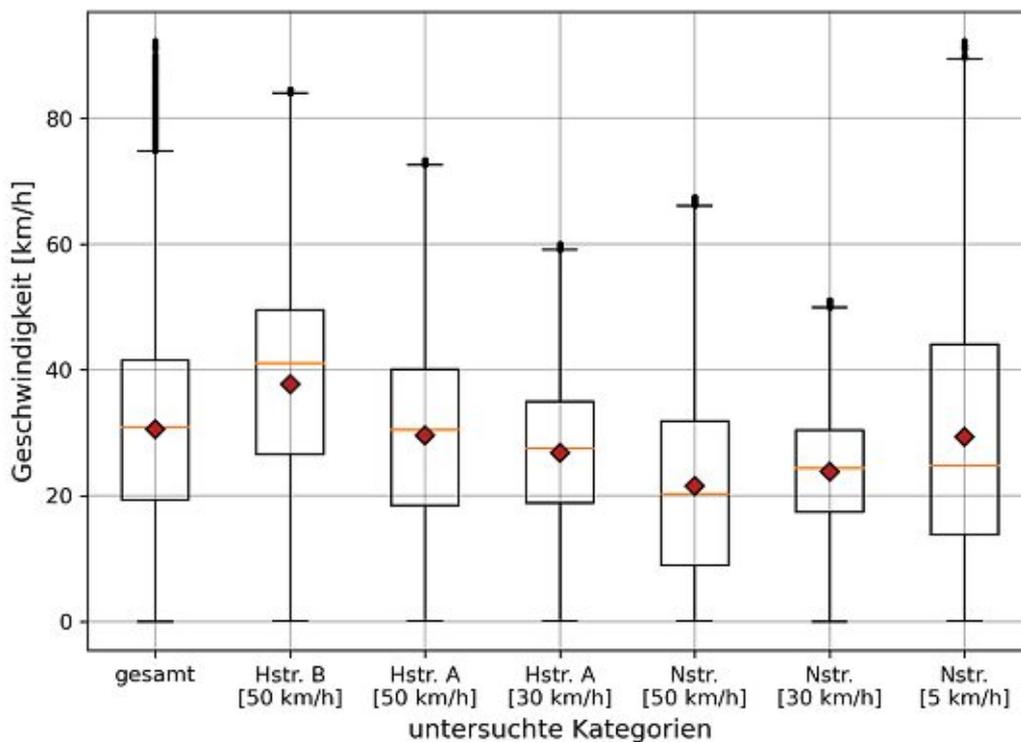


Abb. 5.1: Box-Plots der Geschwindigkeiten nach Straßenkategorie und zul. Höchstgeschwindigkeit (Filterstufe 2)

Durch die Umsetzung der Filterstufe 2 werden 211.894 Ausreißer aus der vorliegenden Teilstichprobe entfernt, was 1,69 % der vorhandenen Werte nach der Filterstufe 1 entspricht. Die Kennzeichnung der Werte erfolgte in einer separaten Spalte mittels logischer Operatoren (true oder false). **Abb. 5.1** zeigt Box-Plots nach der Anwendung der Filterstufe, wodurch sich neuerlich Ausreißer ergeben. Diese Anzahl ist jedoch äußerst gering, weshalb keine weitere Reduktion der Datensätze vorgenommen wird. Eine Prüfung der einzelnen Straßenkategorien über den Zeitverlauf zeigt keine Auffälligkeiten in Form von einzelnen stark differierenden Monaten (vgl. **Abb. 10.10** bis **Abb. 10.15**). Alle Kategorien zeigen jedoch Anstiege der Durchschnittsgeschwindigkeiten in den Sommermonaten Juli und August. Darüber hinaus können der **Abb. 5.1** die durchaus unterschiedlichen Streuungen der gruppierten Daten entnommen werden. Auffällig erscheint dabei die Kategorie „Nebenstraßen“ mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 5 km/h, bei der, ebenso wie das zugehörige Histogramm (vgl. **Abb. 10.9** im Anhang), auf eine geringe Datensicherheit hinweist, wodurch die Analyse der Geschwindigkeit in einer solchen Straße vermieden werden sollte.

| Straßenkategorie | | Haupt- straße B | Hauptstraße A | | Nebenstraße | | |
|-------------------------|--------|--------------------|---------------|-----------|-------------|-----------|--------|
| zul. Höchst- geschw. | [km/h] | 50 | 50 | 30 | 50 | 30 | 5 |
| Anzahl | [-] | 2.968.574 | 6.808.838 | 1.092.766 | 110.343 | 1.347.304 | 11.778 |
| Mittelwert | [km/h] | 37,68 | 29,55 | 26,83 | 21,51 | 23,81 | 29,35 |
| Standardabw. | [km/h] | 16,43 | 14,54 | 11,92 | 14,13 | 9,87 | 19,63 |
| Minimum | [km/h] | 0,08 | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,00 | 0,08 |
| 25 % - Quantil | [km/h] | 26,57 | 18,43 | 18,83 | 8,95 | 17,38 | 13,77 |
| Median | [km/h] | 41,01 | 30,45 | 27,57 | 20,30 | 24,37 | 24,79 |
| 75 % - Quantil | [km/h] | 49,55 | 40,10 | 34,94 | 31,82 | 30,40 | 44,08 |
| 85 % - Quantil | [km/h] | 53,23 | 44,67 | 38,93 | 37,18 | 33,69 | 51,06 |
| Maximum | [km/h] | 84,58 | 73,39 | 59,99 | 67,49 | 51,08 | 92,34 |

Tab. 5.5: Statistische Kennwerte der Geschwindigkeiten nach Straßenkategorie und zul. Höchstgeschw.;
n = 12.339.603

Erkennbar wird diese Problematik ebenfalls bei der Betrachtung der **Tab. 5.5**, da die Standardabweichung im Vergleich zum Mittelwert sehr hoch ist. Dies könnte eventuell durch fehlerhafte Verortungen und anschließender Routenberechnung in Zusammenhang gebracht werden.

Prinzipiell erscheinen unterschiedliche Geschwindigkeitswerte in den gruppierten Daten (vgl. **Tab. 5.5**), aufgrund der verschiedenen Straßenkategorien und der daraus resultierenden baulichen Gegebenheiten sowie der höchst zulässigen Geschwindigkeit, plausibel. Unter der Berücksichtigung, dass die mittlere Reisegeschwindigkeit unter den vorliegenden Voraussetzungen (vgl. Kapitel 2.2.5.2) als mittlere momentane Geschwindigkeit interpretiert werden kann, erfolgt ebenfalls die Betrachtung der Geschwindigkeit V_{85} . Sie gibt die mittlere momentane Geschwindigkeit an, die von 85 % der Fahrer nicht überschritten und als Kenngröße für die Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit eingesetzt wird (vgl. Höfler 2006, S. 16). Im konkreten Fall zeigt sich, dass vor allem in 30er-Zonen der Kategorie Hauptstraßen A die Höchstgeschwindigkeit nicht ausreichend eingehalten wird.

| Datenreduktion | vorhandene Datensätze | | entfernte Datensätze | |
|----------------|-----------------------|-------------|----------------------|-------------|
| | absolut [-] | relativ [%] | absolut [-] | relativ [%] |
| Rohdaten | 12.712.416 | 100,00 | 0 | 0,00 |
| Filterstufe 1 | 12.551.497 | 98,73 | 160.919 | 1,27 |
| Filterstufe 2 | 12.339.603 | 97,07 | 372.813 | 2,93 |

Tab. 5.6: Reduktion der Datensätze im Zuge der Datenaufbereitung

Zusammenfassend soll die **Tab. 5.6** Aufschluss über die durchgeführte Datenaufbereitung geben. Dabei wird erneut deutlich, dass durch die Heranziehung der Filterstufe 1 für die Auswertung der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Taxifahrten eine größere Stichprobe zum Einsatz kommen kann und dadurch treffsicherere Aussagen getroffen werden können. Um eine Verzerrung der Geschwindigkeiten durch Ausreißer zu verhindern, muss für die Geschwindigkeitsuntersuchungen ausgewählter Straßenkanten jedoch auf die reduzierte Stichprobe der Filterstufe 2 mit einer Datenreduktion um 2,93 % im Vergleich zu den gelieferten Rohdaten zurückgegriffen werden.

6 Ergebnisse der Datenanalyse

6.1 Räumliche und zeitliche Verteilung der Taxifahrten

Durch die Auswertung der Anzahl der Taxifahrten pro Straßenkante (Taxiaufkommen) sollen Informationen über die räumliche und zeitliche Entwicklung während der Baustellendauer und darüber hinaus gewonnen, sowie ein Vergleich mit dem Taxiaufkommen vor der Verkehrseinschränkung durchgeführt werden (vgl. Kapitel 4.5). Hierfür erfolgt eine Aggregation der Daten aus der Filterstufe 1 (vgl. Kapitel 5.2.1) pro Woche und Straßenkante, wobei für diese die in Kapitel 5.1 eingeführte Definition (road_id) verwendet wird, um die Vergleichbarkeit trotz unterschiedlicher Straßengraphen zu gewährleisten. Duplikate in der „trip_id“ und der „road_id“, die aufgrund zweier Geschwindigkeitswerte in der Straßenkante vorliegen können, werden nur einfach gezählt, um keine Verzerrung der Anzahl der Fahrten durch die vorliegende Datengrundlage zu verursachen. Dies liefert für jede Straßenkante einen Wert pro Woche und Fahrtrichtung, wodurch ein Vergleich miteinander und über die Zeitdauer der Untersuchung möglich wird.

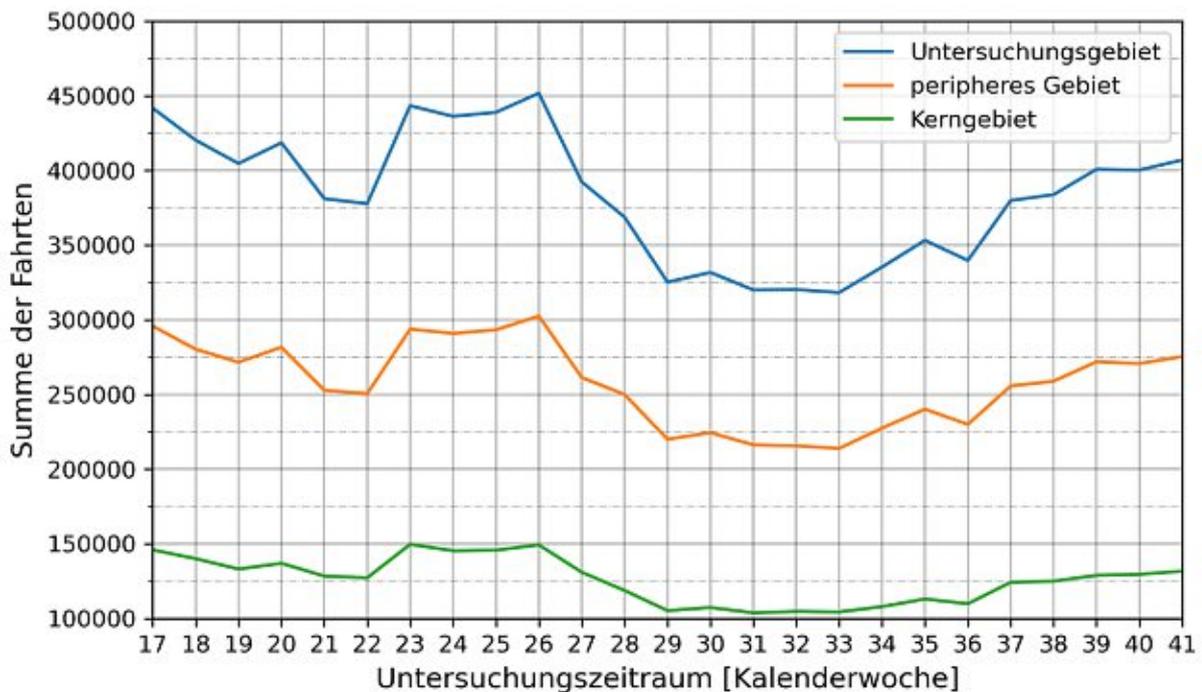


Abb. 6.1: Summe der Fahrten aller Straßenkanten im Untersuchungsgebiet (inkl. Gebietsteilung¹⁷)

Eine weitere Aggregation der Daten erfolgt durch Summierung der Fahrten aller Straßenkanten im Untersuchungsgebiet, wie sie in **Abb. 6.1** gezeigt wird. Dadurch wird deutlich, dass Taxifahrten ähnlichen Jahresganglinien, wie den von Lohse und Schnabel (2011b, 68ff.) beschriebenen Jahresganglinien des motorisierten Individualverkehrs, unterliegen. Es werden ebenso verkehrsschwächere Wochen wie die KW 18 (Staatsfeiertag am Di, 01.05.), KW 19, (Christi Himmelfahrt am Do, 10.05.), KW 21 (Pfingstmontag am 21.05.) und KW 22 (Fronleichnam am Do, 31.05.), die durch Feiertage auftreten, erkennbar. Besonders deutlich wird der Rückgang ab der KW 27, die die erste Schulferienwoche für Wien, Niederösterreich und das Burgenland darstellt. Das

¹⁷ Vgl. Seite 75

geringste Taxiaufkommen zeigt sich aufgrund des Feiertages Maria Himmelfahrt am Mittwoch, 15.08. in der KW 33. Anschließend ist der neuerliche Anstieg der Taxifahrten zu beobachten, wobei die erste Schulwoche auf der KW 36 (Wien, Niederösterreich und das Burgenland) und auf die KW 37 (alle übrigen Bundesländer) fiel (vgl. Moser 2018; Startup Design 2018). Der erkennbare Rückgang in der KW 36 könnte in diesem Zusammenhang als Widerspruch interpretiert werden. Diese Abnahme ist jedoch dem Datenausfall am Mo, 03.09. (vgl. Kapitel 4.4) geschuldet, wodurch eine Interpretation bei diesem Aggregierungsgrad keine gesicherten Ergebnisse liefern würde. Das Ausgangsniveau wird bis zum festgelegten Ende der Untersuchung Mitte Oktober nicht wiederhergestellt. Einer Untersuchung von Lohse und Schnabel (2011b, 68ff.) zur Jahressganglinie des motorisierten Individualverkehrs in Dresden liefert bzgl. des Anstiegs des Aufkommens in der zweiten Jahreshälfte ähnliche Ergebnisse.

| KW | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 - 41 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|
| Baustelle Währinger Straße | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| Baustelle Schulgasse | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| Feiertags- woche | | x | x | | x | x | | | | | | | | | | | | | | |
| Ferien- woche | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |

Tab. 6.1: Übersicht der Strukturveränderungen und Randbedingungen im Erhebungszeitraum

Für eine Verdeutlichung der im Rahmen der Untersuchung relevanten Zeiträume, werden in **Tab. 6.1** Strukturveränderungen und Randbedingungen im Erhebungszeitraum dargestellt. Neben der temporären Strukturveränderung durch die Baustelle in der Währinger Straße gilt es die dauerhafte Strukturveränderung in der Schulgasse (Errichtung einer Fußgängerzone im Bereich der Leitemayergasse) zu berücksichtigen, die beide zu Veränderungen im Verhalten der Taxifahrer führen (vgl. Kapitel 3.2.3.6). Generelle Veränderungen des Verkehrsaufkommens werden durch Feiertage und Schulferien hervorgerufen, sodass sie nicht für alle Auswertungen herangezogen werden können.

Für die weitere Betrachtung des Verhaltens im Untersuchungszeitraum soll eine standardisierte Ausgangswoche vor Baustellenbeginn definiert werden. Die KW 18 und 19 werden aufgrund der auf einen Werktag fallenden Feiertage (vgl. Kapitel 4.2) nicht berücksichtigt. Zunächst wird ein Vergleich der beiden Verteilungen der übrigen zu Verfügung stehenden Wochen (KW 17 und 20) vor Baustellenbeginn mittels Mann-Whitney-U-Tests¹⁸ durchgeführt, der bei einem Signifikanzniveau α von 0,05 keine signifikanten Unterschiede zeigt (U-Statistik = 3.066.635; P-Wert = 0,099). Daher erfolgt für die Berechnung der Anzahl der Fahrten je Straßenkante und Fahrtrichtung eine Mittelwertbildung der KW 17 und 20, die eine bessere Schätzung der Verkehrssituation ermöglicht. Dieses Maß wird in weiterer Folge als Ausgangslage bzw. Referenzwert bezeichnet.

¹⁸ Der Mann-Whitney-U-Test ermöglicht den Vergleich von zwei unabhängigen, rangskalierten Verteilungen und kann den nichtparametrischen Verfahren zugeordnet werden (vgl. Bortz und Schuster 2010, S. 582).

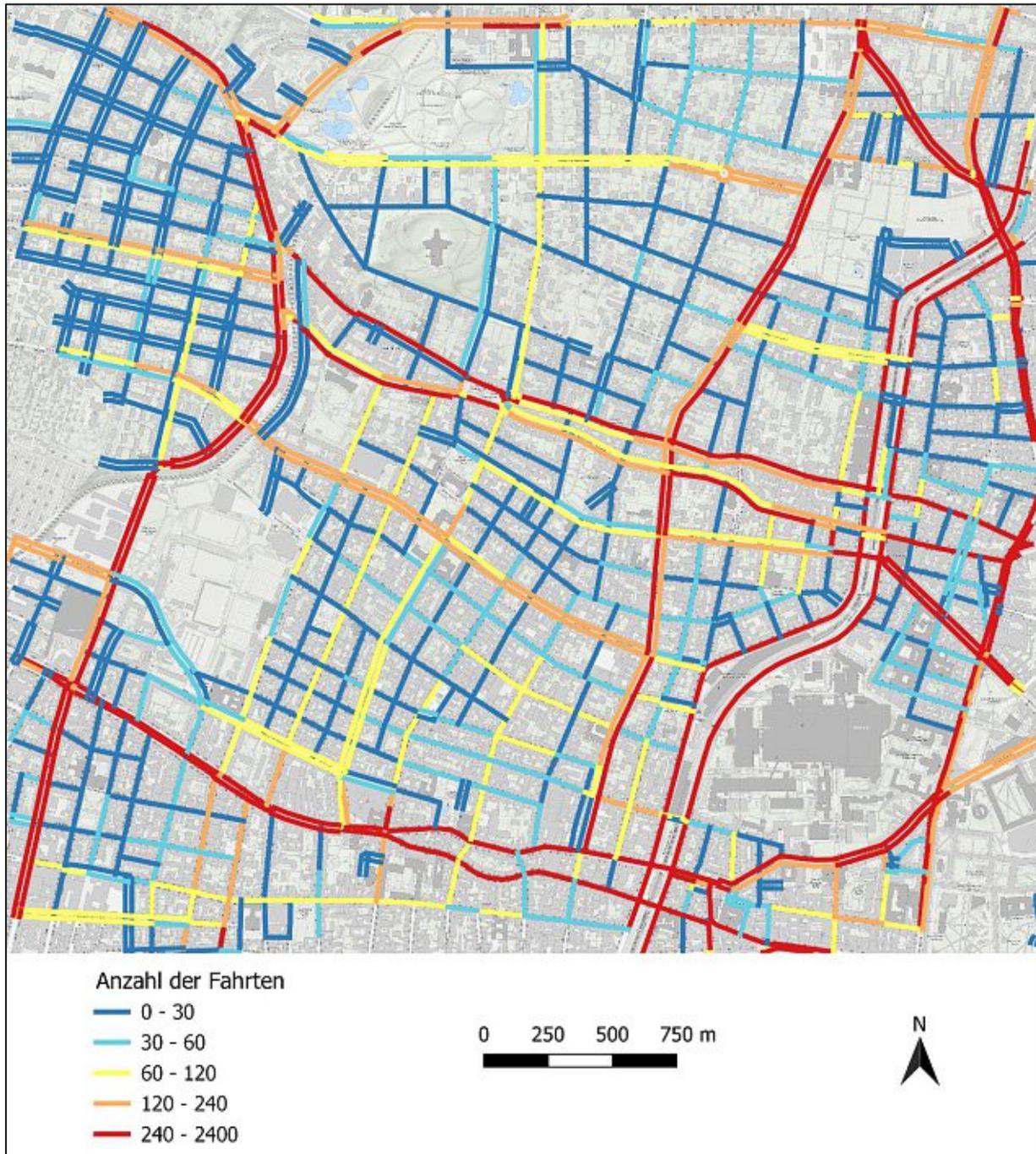


Abb. 6.2: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante (Ausgangslage); M 1:25.000

Abb. 6.2 zeigt dabei die räumliche Verteilung der Fahrten in der Ausgangslage, wobei deutlich wird, dass die Mehrheit der Fahrten im Untersuchungsgebiet auf einer geringen Anzahl von Straßenkanten abgewickelt wird.

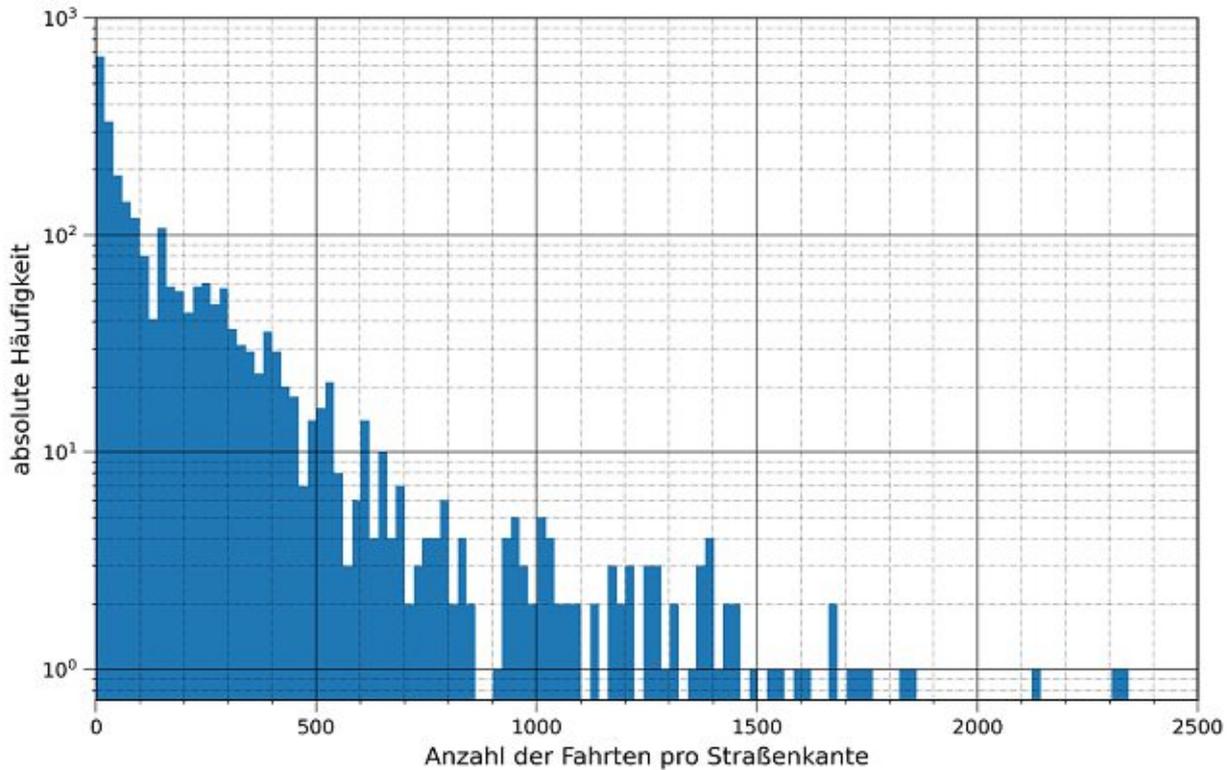


Abb. 6.3: Histogramm der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante (Ausgangslage)

Verdeutlicht wird diese Tatsache durch **Abb. 6.3**, die die Häufigkeitsverteilung der Fahrten pro Straßenkante ($n = 2.503$) in der Ausgangslage zeigt, wobei eine Klassenbreite von 20 Fahrten festgelegt wird. Es zeigen sich große Diskrepanzen bei der Befahrung zwischen einzelnen Kanten, wobei die oberen Extremwerte durch die vorliegenden Abschnitte des Gürtels zu Stande kommen. Untere Extremwerte zeigen die große Anzahl an Nebenstraßen, die ein äußerst geringes Aufkommen an Taxifahrten aufweisen.

| Woche | U-Statistik | P-Wert |
|-------|-------------|----------|
| KW 21 | 2.981.019 | 0,0015 |
| KW 22 | 2.937.992 | 0,0001 |
| KW 23 | 3.127.712 | 0,4627 |
| KW 24 | 3.104.233 | 0,2902 |
| KW 25 | 3.101.577 | 0,2726 |
| KW 26 | 3.113.002 | 0,3514 |
| KW 27 | 3.025.043 | 0,0178 |
| KW 28 | 2.935.926 | 0,0001 |
| KW 29 | 2.791.534 | < 0,0001 |
| KW 30 | 2.809.203 | < 0,0001 |
| KW 31 | 2.776.094 | < 0,0001 |

| Woche | U-Statistik | P-Wert |
|-------|-------------|----------|
| KW 32 | 2.741.287 | < 0,0001 |
| KW 33 | 2.685.006 | < 0,0001 |
| KW 34 | 2.778.934 | < 0,0001 |
| KW 35 | 2.875.358 | < 0,0001 |
| KW 36 | 2.820.332 | < 0,0001 |
| KW 37 | 2.927.447 | < 0,0001 |
| KW 38 | 2.958.554 | 0,0003 |
| KW 39 | 2.999.058 | 0,0045 |
| KW 40 | 2.998.529 | 0,0044 |
| KW 41 | 3.023.598 | 0,0166 |

Tab. 6.2: Vergleich zwischen der Ausgangslage und KW 21-41 (gesamtes Untersuchungsgebiet) mittels Mann-Whitney-U-Test

Die Durchführung eines Kruskal-Wallis-Tests¹⁹ für den Vergleich der Anzahl der Fahrten der Ausgangslage mit den im Untersuchungszeitraum verbleibenden Wochen (KW 21 – 41) zeigt eine signifikante Änderung (H-Statistik = 313,73; P-Wert < 0,001). In weiterer Folge wird daher ein Post-hoc-Test in Form von paarweisen Vergleichen mittels Mann-Whitney-U-Tests für die auswertbaren Kalenderwochen während bzw. nach der Bauphase, bezogen auf die Ausgangslage durchgeführt (vgl. **Tab. 6.2**). Nach Durchführung der Bonferroni-Korrektur (vgl. Bortz und Schuster 2010, S. 229ff.) und daraus resultierenden Veränderung des Signifikanzniveaus α auf 0,0024 zeigt sich, dass vor Beginn der Sommerferien (KW 27) keine signifikanten Unterschiede²⁰ der Verteilungen des Taxiaufkommens im Untersuchungsgebiet – mit Ausnahme der KW 21 und 22, die Feiertage enthalten – vorliegen. Dies legt für das gesamte Untersuchungsgebiet, wie bereits **Abb. 6.1** zeigt, ein ähnliches Taxiaufkommen nach Baustellenbeginn bei Vergleich der Normalwochen²¹ (KW 23 – 26) mit der Ausgangslage nahe. Darüber hinaus können aus der **Abb. 6.1** erste Hinweise gewonnen werden, dass die vermutete Verkehrsabnahme (vgl. Kapitel 1.1) im ausgewählten Untersuchungsgebiet dadurch nicht belegt werden. Weiters werden signifikante Unterschiede zwischen dem Referenzwert und den Kalenderwochen 36 bis 38 (die Bauarbeiten wurden bereits Ende der KW 35 abgeschlossen) deutlich, die im Rahmen von Detailuntersuchungen beachtet werden müssen (für die im Rahmen von Kapitel 6.2 durchgeführten Rangvarianzanalysen werden daher die KW 40 und 41 als Daten nach dem Abschluss der Baustelle herangezogen). Dieses Ergebnis legt die Vermutung nahe, dass die Unterschiede zwischen den Wochen in **Tab. 6.2** nicht aufgrund der Baustelle, sondern durch die Jahresganglinie des Taxiaufkommens zu Stande kommen. Die Kausalität kann jedoch auf Basis eines Signifikanztests nicht bestimmt werden.

Um die Auswirkungen der Baustelle räumlich weiter eingrenzen zu können, sollen nun einzelne Straßen identifiziert werden, die im Untersuchungszeitraum ein verändertes Taxiaufkommen aufweisen. Um diese Analyse zu vereinfachen, erfolgt jeweils eine Differenzenbildung der Kalenderwochen 21 bis 41 zu der bereits bestimmten Ausgangslage. In die graphische Darstellung geht die Ausgangslage in Form der Strichdicke²² ein, um die Differenzen, die mittels Farbskala beschrieben werden, einordnen zu können. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Klasseneinteilung gelegt, um relevante Änderungen treffsicher zu erkennen. In erster Linie gilt es dabei die Kategorie „keine Veränderung“ plausibel zu definieren. Diese wird auf eine Anzahl der Fahrten pro Straßenkante von +/-10 festgelegt, die einer durchschnittlichen Änderung von zwei Fahrten pro Werktag entspricht und als zufällige Schwankung betrachtet werden kann.

¹⁹ Der Kruskal-Wallis-Test ist ein Signifikanztest und kann den nichtparametrischen Verfahren zugeordnet werden. Er stellt eine Verallgemeinerung des Wilcoxon-Rangsummentests dar und ist für mehr als zwei Stichproben anwendbar. Dabei beschreibt er den Lageunterschied zwischen den Stichproben, wobei er mindestens ein ordinales Messniveau voraussetzt (vgl. Krämer et al. 2008, S. 228).

²⁰ Die Kennzeichnung signifikanter Ergebnisse erfolgt durch farbliche Unterlegung.

²¹ Wochen außerhalb von Schulferien sowie ohne Feiertage werden als Normalwochen definiert (vgl. FGSV 2012, S. 27).

²² Dies erscheint für die Interpretation relevant, da eine verhältnismäßig „große“ Differenz in einer stark befahrenen Straße eine wesentlich geringere Relevanz aufweist als dieselbe Änderung in einer wenig befahrenen Nebenstraße.

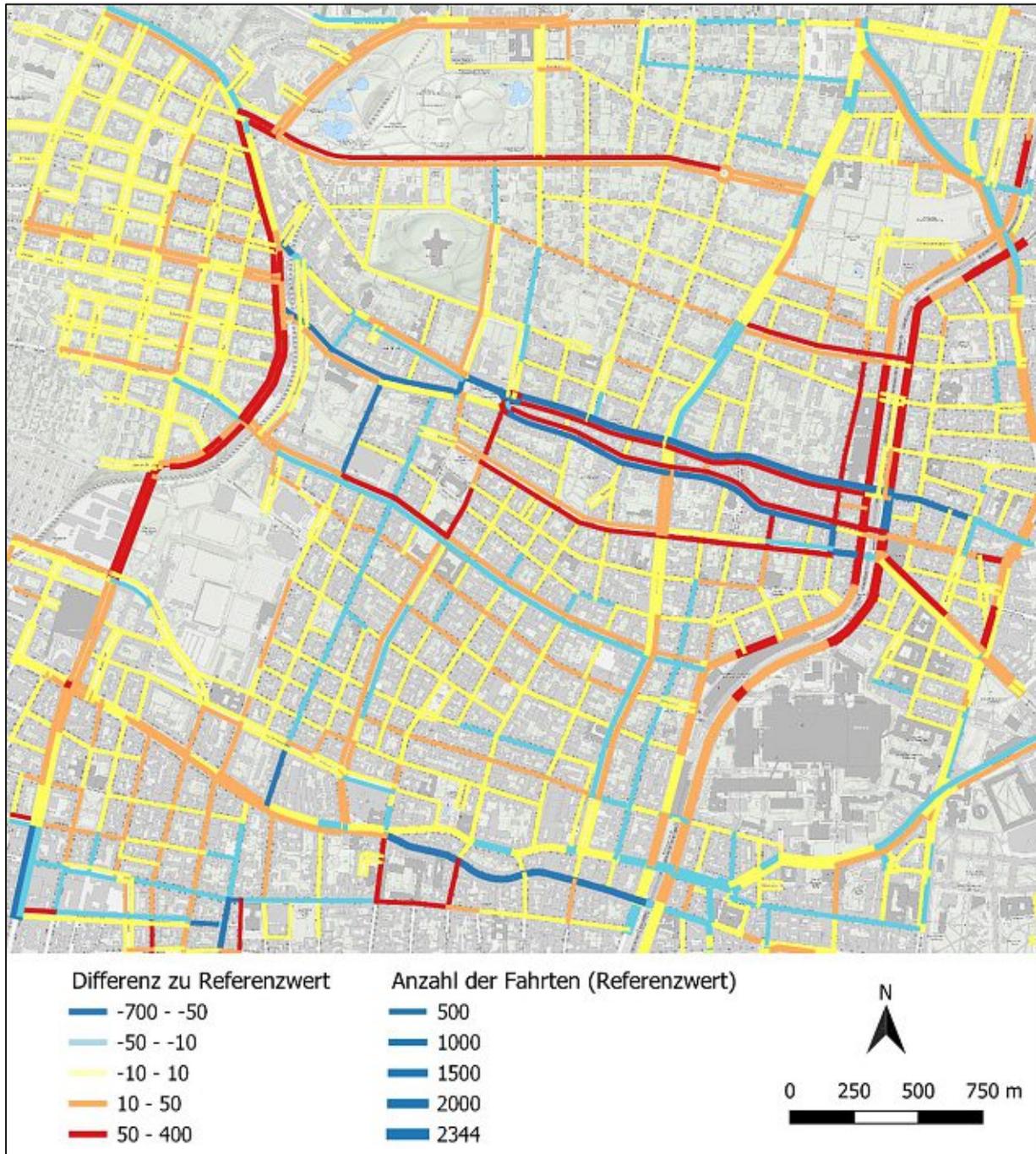


Abb. 6.4: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 23 zur Ausgangslage; M 1:25.000

Beispielhaft für die Visualisierung des Untersuchungsgebiets dient die **Abb. 6.4**, die die Änderungen der KW 23 (Normalwoche) zu den Referenzwerten zeigt. Alle übrigen Untersuchungswochen (KW 21 – 41; exkl. 23) sind in Form von **Abb. 10.16** bis **Abb. 10.35** dem Anhang zu entnehmen. In weiterer Folge werden die KW 21 bis 26 (insbesondere der Normalwochen 23 – 26) näher analysiert, um die direkten Einflüsse nach dem Baustellenbeginn und keine zusätzlichen Effekte durch den Ferienbeginn zu erfassen. Bei der Analyse von Veränderungen der Straßenkanten wird eine Differenzierung in parallel und normal zur Baustelle vorgenommen, um mögliche Fahrtrou-ten identifizieren zu können. Parallel zur Baustelle können folgende Straßenkanten, über die

direkt von der Baustelle beeinflusste Währinger Straße und Gentzgasse zwischen Währinger Gürtel und Gersthofer Straße hinaus, identifiziert werden (geordnet von Nord nach Süd):

- Hasenauerstraße: Gymnasiumstraße bis Gersthofer Straße
- Mollgasse (Einbahn FR stadtauswärts): Weitlofgasse bis Gymnasiumstraße
- Anastasius-Grün-Gasse (Einbahn FR stadtauswärts): Semperstraße bis Weitlofgasse
- Pulverturm-gasse (FR stadtauswärts): Innerer Währinger Gürtel bis Sternwartestraße
- Sternwartestraße: Währinger Gürtel bis Gymnasiumstraße
- Sternwartestraße (Einbahn FR stadtauswärts): Gymnasiumstraße bis Türkenschanzstraße
- Krütznergasse (Einbahn FR stadtauswärts): Währinger Gürtel bis Semperstraße
- Schulgasse (Einbahn FR stadteinwärts): Währinger Gürtel bis Semperstraße
- Schulgasse: Semperstraße bis Klostersgasse
- Schopenhauerstraße (Einbahn FR stadtauswärts): Hans-Sachs-Gasse bis Martinstraße
- Kreuzgassenbrücke: Simonygasse bis Gersthofer Straße
- Kreuzgasse: Währinger Gürtel bis Simonygasse
- Antonigasse (Einbahn FR stadteinwärts): Martinstraße bis Händelgasse

Ein interessanter Aspekt dieser Auswertung ist, dass die Straßenkategorie eine untergeordnete Rolle für die prinzipielle Auswahl der Ausweichrouten spielt. Bei den aufgezählten Straßen handelt es sich nur bei der Hasenauerstraße im Unterabschnitt von der Gymnasiumstraße bis zur Gregor-Mendel-Straße, bei der Sternwartestraße im Unterabschnitt vom Währinger Gürtel bis zur Gymnasiumstraße und bei der Kreuzgasse um eine Hauptstraße der Kategorie A. Alle übrigen Straßen sind als Nebenstraßen klassifiziert; Hauptstraßen B liegen parallel zur Währinger Straße nicht vor. Eine großräumige Umfahrung des Baustellengebiets über die Hernalser Hauptstraße (Straßenkategorie: Hauptstraße A) kann nicht beobachtet werden. Diese zeigt lediglich durch die Baustelle von 02.07. bis 31.08. auf dem Elterleinplatz (vgl. Kapitel 3.2.3.5) starke Veränderungen im Taxiaufkommen, wobei besonders die ausgeschilderte Umleitung im ersten Bauabschnitt deutlich als meist genutzte Route erkennbar wird (vgl. **Abb. 10.21** – **Abb. 10.25** im Anhang).

Normal zur Baustelle auf der Äußeren Währinger Straße können folgende stärker genutzte Straßenkanten detektiert werden (geordnet von Ost nach West):

- Währinger Gürtel (FR Norden): Gentzgasse bis Pulverturm-gasse
- Währinger Gürtel (FR Süden): Gentzgasse bis Währinger Straße
- Semperstraße (Einbahn FR Süden): Gentzgasse bis Währinger Straße
- Semperstraße (Einbahn FR Norden): Anastasius-Grün-Gasse bis Währinger Straße
- Weitlofgasse (Einbahn FR Norden): Anastasius-Grün-Gasse bis Mollgasse
- Hans-Sachs-Gasse (Einbahn FR Süden): Währinger Straße bis Schopenhauerstraße
- Gymnasiumstraße (insbesondere FR Norden): Hasenauerstraße bis Mollgasse
- Martinstraße: Währinger Straße bis Antonigasse
- Vinzenzgasse (Einbahn FR Süden): Aumannplatz bis Kreuzgasse
- Klostersgasse (Einbahn FR Süden): Aumannplatz bis Schulgasse
- Türkenschanzstraße (Einbahn FR Süden): Sternwartestraße bis Aumannplatz
- Händelgasse (FR Süden): Kreuzgasse bis Antonigasse
- Gersthofer Straße (insbesondere FR Süden): Türkenschanzplatz bis Gentzgasse

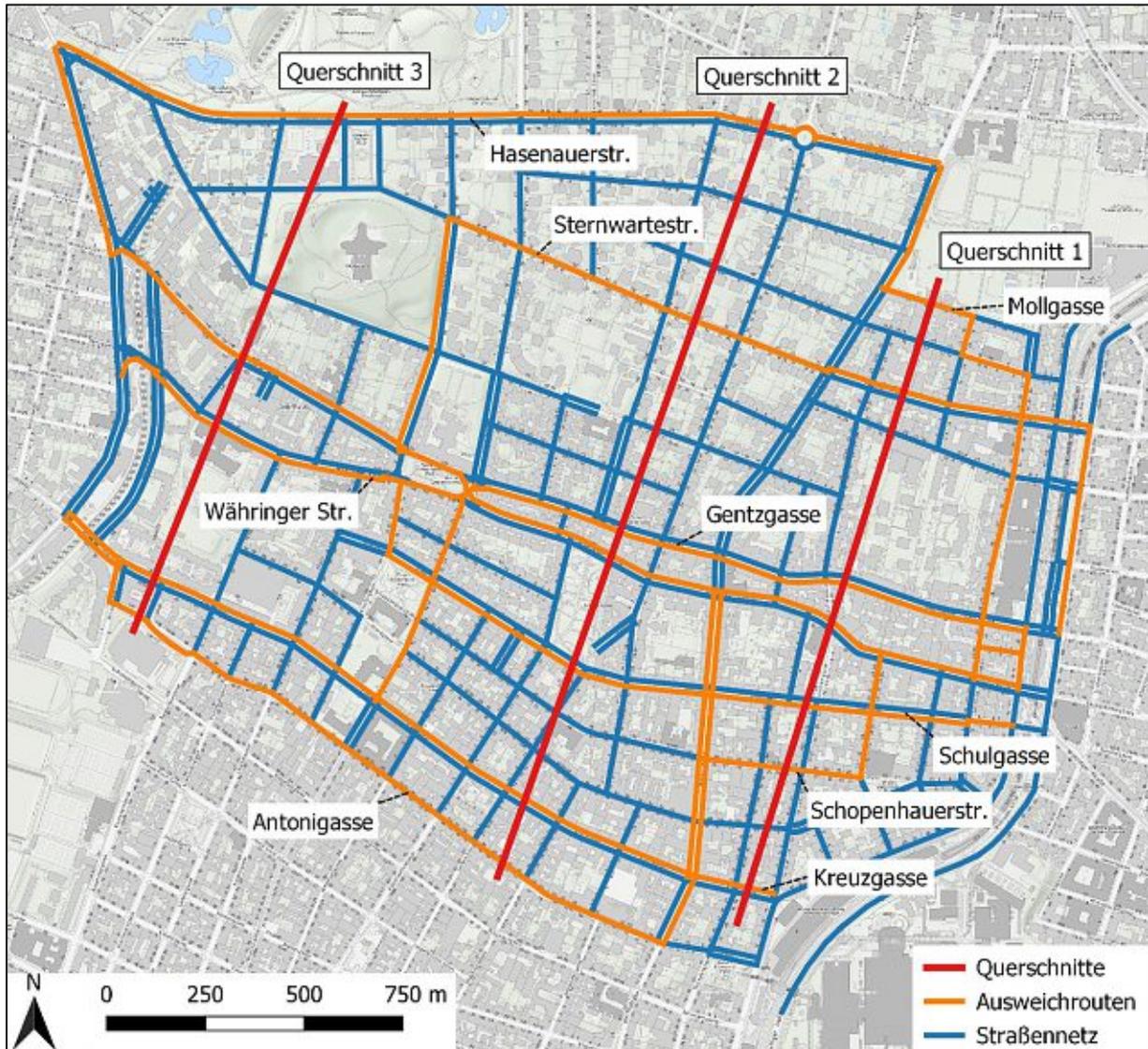


Abb. 6.5: Beobachtete Ausweichrouten inkl. Lage der Querschnitte; M 1:18.000

Diese identifizierten Straßen, die in **Abb. 6.5** als Ausweichrouten dargestellt werden, erlauben eine weitere Eingrenzung des Untersuchungsgebiets, um in diesem Bereich Einflüsse der zu untersuchenden Baustelle feststellen zu können. Diese Eingrenzung wird dabei als „Kerngebiet“ bezeichnet und erfolgt auf Basis der oben aufgezählten Straßen, die als Umhüllende dienen, wie der **Abb. 6.5** zu entnehmen ist. Dies ermöglicht einen Vergleich mit den übrigen Straßenkanten des Untersuchungsgebiets, die als peripheres Gebiet bezeichnet werden. In diesem Zusammenhang wird erneut auf die **Abb. 6.1** (Seite 68) eingegangen. Sie veranschaulicht über die Wochenganglinie des gesamten Untersuchungsgebiets hinaus Ganglinien der genannten Aggregationen. Die Betrachtung zeigt, dass die beiden Verläufe über die Zeit gleichsinnig verlaufen, wodurch der Schluss nahe liegt, dass auch im Kerngebiet keine Abnahme der Fahrten durch die Baustelle erfolgt.

Für die noch detailliertere Untersuchung der Hypothese, ob im Zuge der Baustelle eine Abnahme des motorisierten Individualverkehrs (im Rahmen der Untersuchung mit als „Indikator-Flotte“ dienenden Taxidaten) stattgefunden hat (vgl. Kapitel 1.1), werden drei Schnitte durch das Kerngebiet gelegt, um die vorangegangene taxative Aufzählung der veränderten Straßenkanten durch vorhandene Messergebnisse zu konkretisieren. Die Schnitte, deren konkrete Lage der **Abb. 6.5** zu entnehmen sind, werden jeweils normal zur Baustellenachse zwischen neuralgische Punkte bzw. Straßenkanten gelegt, um die Verkehrssituation möglichst differenziert zu erfassen.

Im Anwendungsfall handelt es sich dabei um den Aumannplatz – aufgrund der Auskreuzung der Umleitungsrouten – und die Martinstraße, in der in beiden Fahrtrichtungen eine Zunahme der Fahrten beobachtet werden kann. Beide legen daher parallel zur Baustelle eine Änderung im Taxiaufkommen nahe. Für eine umfangreiche Untersuchung erfolgt eine Betrachtung aller Schnitte in jeweils beide Fahrtrichtungen, wobei die Anzahl der miteinbezogenen Straßen aufgrund der Einbahnregelungen variieren kann. Darüber hinaus unterscheiden sich die Anzahl der untersuchten Straßen pro Schnitt durch geographische Gegebenheiten und die vorab beobachteten Ausweichstrecken der Taxifahrer. Nichtsdestotrotz werden die in eine Fahrtrichtung als relevant identifizierte Straßenkanten in beide Richtungen untersucht, um das fahrtrichtungsabhängige Verhalten der Taxifahrer zu beschreiben.

Die vorliegenden Randsummen pro Querschnitt und Fahrtrichtung werden vor (Referenzwert) und während der Baustelle²³ (KW 23 – 26) mittels eindimensionalem Chi-Quadrat-Test²⁴ auf Gleichverteilung geprüft. Da – bis auf eine Ausnahme²⁵ – keine signifikanten Ergebnisse vorliegen (vgl. **Tab. 10.3** im Anhang), kann während der Baustellenphase im Vergleich zu den Referenzzeiträumen keine Veränderung in Form geringeren Taxiaufkommens pro untersuchtem Querschnitt gezeigt werden. Daraus folgt, dass die Taxifahrten eins zu eins in die Umgebung verlagert werden, was in den folgenden Unterkapiteln detailliert analysiert wird.

6.1.1 Querschnitt 1: Bereich zw. Währinger Gürtel und Martin- / Gymnasiumstraße

Im Bereich zwischen dem Währinger Gürtel und dem Aumannplatz erfolgt in der Baustellenphase für den motorisierten Individualverkehr eine Einbahnführung der Gentzgasse in Fahrtrichtung stadteinwärts bzw. der Währinger Straße in Fahrtrichtung stadtauswärts. Aufgrund dieser Strukturveränderung zeigt sich eine veränderte Nutzung der zur Verfügung stehenden Straßenkanten. Im Querschnitt 1 werden nördlich der Gentzgasse in Fahrtrichtung stadtauswärts zwei befahrene Umleitungsrouten erkennbar, wobei es sich einerseits um die Sternwartestraße, andererseits um eine geringer frequentierte Route über die Einbahnen Semperstraße, Anastasius-Grün-Gasse, Weitlofgasse und Mollgasse handelt. Südlich der Baustelle werden Umfahrungen via Hans-Sachs-Gasse (Einbahn) und Schopenhauerstraße (Einbahn) sowie über die Kreuzgasse gewählt; die Schulgasse spielt – im Kontrast zur im Anschluss behandelten Gegenrichtung – in diese Fahrtrichtung eine untergeordnete Rolle.

²³ Auf die Miteinbeziehung der KW 21 und 22 wird in diesem Zusammenhang verzichtet, da das Taxiaufkommen aufgrund der vorliegenden Feiertagswochen von Normalwochen abweicht und durch die starke Kumulierung diesen Effekt verstärkt.

²⁴ Der eindimensionale Chi-Quadrat-Test ermöglicht die Prüfung von Merkmalshäufigkeiten gegen eine bestimmte Verteilungsfunktion (z. B. Gleichverteilung) im Rahmen einer Signifikanzprüfung (vgl. Bortz und Schuster 2010, 580).

²⁵ Dabei handelt es sich um den Querschnitt 3 in Fahrtrichtung stadteinwärts, bei dem allerdings eine Zunahme des Verkehrs während der Baustelle zu beobachten ist.

- Fahrtrichtung stadtauswärts

| Schnitt 1 stadtausw. | Mollgasse | Sternwartestr. | Gentzgasse | Währ. Straße | Schulgasse | Schopenhauerstr. | Kreuzgasse | Summe |
|----------------------|-----------|----------------|------------|--------------|------------|------------------|------------|-------|
| Referenzwert | 12 | 99 | 452 | 96 | 62 | 28 | 8 | 755 |
| KW 21 | 16 | 173 | 32 | 284 | 62 | 26 | 12 | 605 |
| KW 22 | 29 | 160 | 0 | 331 | 57 | 20 | 11 | 608 |
| KW 23 | 23 | 193 | 1 | 386 | 62 | 43 | 20 | 728 |
| KW 24 | 17 | 204 | 4 | 399 | 67 | 37 | 16 | 744 |
| KW 25 | 22 | 204 | 0 | 363 | 72 | 47 | 22 | 730 |
| KW 26 | 27 | 208 | 1 | 433 | 60 | 45 | 25 | 799 |
| KW 27 | 21 | 180 | 3 | 247 | 78 | 31 | 27 | 587 |
| KW 28 | 18 | 138 | 3 | 251 | 62 | 30 | 27 | 529 |
| KW 29 | 13 | 148 | 0 | 214 | 56 | 27 | 20 | 478 |
| KW 30 | 21 | 121 | 1 | 242 | 44 | 34 | 24 | 487 |
| KW 31 | 8 | 119 | 0 | 238 | 41 | 24 | 21 | 451 |
| KW 32 | 2 | 116 | 3 | 232 | 35 | 34 | 19 | 441 |
| KW 33 | 8 | 126 | 0 | 218 | 32 | 25 | 18 | 427 |
| KW 34 | 16 | 130 | 1 | 276 | 44 | 31 | 12 | 510 |
| KW 35 | 19 | 131 | 105 | 239 | 36 | 37 | 17 | 584 |
| KW 36 | 14 | 93 | 276 | 105 | 48 | 22 | 15 | 573 |
| KW 37 | 14 | 93 | 389 | 86 | 54 | 42 | 17 | 695 |
| KW 38 | 18 | 78 | 385 | 74 | 51 | 49 | 13 | 668 |
| KW 39 | 17 | 108 | 447 | 95 | 43 | 41 | 12 | 763 |
| KW 40 | 17 | 98 | 445 | 91 | 49 | 28 | 15 | 743 |
| KW 41 | 16 | 104 | 410 | 98 | 46 | 40 | 9 | 723 |

Tab. 6.3: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante (Querschnitt 1, stadtauswärts)

Tab. 6.3 zeigt die zeitliche Entwicklung der absoluten Anzahl der Fahrten pro Straßenkante. Auf Basis des Referenzwerts vor Baustellenbeginn wird die Zu- oder Abnahme mittels abgestufter Farbskala²⁶ je Spalte sichtbar gemacht. Eine wesentliche Kenngröße stellt die Summe der Fahrten im Querschnitt (= Randsumme) dar, um eine mögliche Abnahme der Fahrten zu detektieren. Besonderes Augenmerk ist dabei auf die KW 23 bis 26 zu legen, da es sich um Wochen ohne Feiertage (Normalwochen) vor Ferienbeginn handelt. Dabei wird erkennbar, dass bei Vergleich des Taxiaufkommens mit dem Referenzwert, entgegen der Beobachtung von vorangegangenen Untersuchungen (vgl. Kapitel 1.1), keine Veränderung der Randsummen aufgrund der Baustelle auftritt. Auf einzelnen Straßenkanten sind jedoch deutliche Zunahmen (Sternwartestraße und Währinger Straße; zweitens stellt die ausgeschilderte Umleitung dar) sowie Abnahmen (Gentzgasse, die aufgrund der Baustelle in diesem Abschnitt als Einbahn in Fahrtrichtung stadteinwärts geführt wird) erkennbar. Darüber hinaus lässt sich durch die Anordnung der Spalten (von Nord nach Süd) ablesen, dass ein Großteil der Taxifahrer die am nächsten gelegene Ausweichroute nutzt. Nach Beendigung der Bauarbeiten zu Schulbeginn am Mo, 03.09. (KW 36) kann eine Rückverlagerung des Verkehrs beobachtet werden, wobei die Ausgangslage nahezu vollständig erreicht wird (vgl. KW 39 – 41 vs. Referenzwert). Dies deckt sich mit den bereits für das gesamte Untersuchungsgebiet ausgeführten Beobachtungen; auch hier wird erst in der KW 39 das Verkehrsaufkommen der Ausgangslage erreicht (vgl. Tab. 6.2). Lediglich in der Schulgasse, in der im Untersuchungszeitraum

²⁶ In der abgestuften Farbskala entspricht Grün einem geringem und Rot einem hohen Taxiaufkommen.

ab KW 28 dauerhafte Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung getroffen wurden (vgl. Kapitel 3.2.3.6), zeigt eine leichte Abnahme des Taxiaufkommens zu Lasten der Schopenhauerstraße.

| <i>Schnitt 1 stadtausw.</i> | Moll- gasse | Stern- wartestr. | Gentz- gasse | Währ. Straße | Schul- gasse | Schopen- hauerstr. | Kreuz- gasse |
|---------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Referenz- wert | 1,52 | 13,12 | 59,84 | 12,66 | 8,15 | 3,64 | 1,06 |
| KW 21 | 2,64 | 28,60 | 5,29 | 46,94 | 10,25 | 4,30 | 1,98 |
| KW 22 | 4,77 | 26,32 | 0,00 | 54,44 | 9,38 | 3,29 | 1,81 |
| KW 23 | 3,16 | 26,51 | 0,14 | 53,02 | 8,52 | 5,91 | 2,75 |
| KW 24 | 2,28 | 27,42 | 0,54 | 53,63 | 9,01 | 4,97 | 2,15 |
| KW 25 | 3,01 | 27,95 | 0,00 | 49,73 | 9,86 | 6,44 | 3,01 |
| KW 26 | 3,38 | 26,03 | 0,13 | 54,19 | 7,51 | 5,63 | 3,13 |
| KW 27 | 3,58 | 30,66 | 0,51 | 42,08 | 13,29 | 5,28 | 4,60 |
| KW 28 | 3,40 | 26,09 | 0,57 | 47,45 | 11,72 | 5,67 | 5,10 |
| KW 29 | 2,72 | 30,96 | 0,00 | 44,77 | 11,72 | 5,65 | 4,18 |
| KW 30 | 4,31 | 24,85 | 0,21 | 49,69 | 9,03 | 6,98 | 4,93 |
| KW 31 | 1,77 | 26,39 | 0,00 | 52,77 | 9,09 | 5,32 | 4,66 |
| KW 32 | 0,45 | 26,30 | 0,68 | 52,61 | 7,94 | 7,71 | 4,31 |
| KW 33 | 1,87 | 29,51 | 0,00 | 51,05 | 7,49 | 5,85 | 4,22 |
| KW 34 | 3,14 | 25,49 | 0,20 | 54,12 | 8,63 | 6,08 | 2,35 |
| KW 35 | 3,25 | 22,43 | 17,98 | 40,92 | 6,16 | 6,34 | 2,91 |
| KW 36 | 2,44 | 16,23 | 48,17 | 18,32 | 8,38 | 3,84 | 2,62 |
| KW 37 | 2,01 | 13,38 | 55,97 | 12,37 | 7,77 | 6,04 | 2,45 |
| KW 38 | 2,69 | 11,68 | 57,63 | 11,08 | 7,63 | 7,34 | 1,95 |
| KW 39 | 2,23 | 14,15 | 58,58 | 12,45 | 5,64 | 5,37 | 1,57 |
| KW 40 | 2,29 | 13,19 | 59,89 | 12,25 | 6,59 | 3,77 | 2,02 |
| KW 41 | 2,21 | 14,38 | 56,71 | 13,55 | 6,36 | 5,53 | 1,24 |

Tab. 6.4: Anteil der Fahrten pro Woche und Straßenkante am Taxiaufkommen; Zeilenprozent (Querschnitt 1, stadtausw.)

Für den unmittelbaren räumlichen Vergleich zwischen den gewählten Straßenkanten über die Zeit eignet sich eine relative Auswertung der Fahrten pro Straßenkante durch Analyse der Zeilenprozent (100% entspricht der Summe der einzelnen Zeilen), wie sie **Tab. 6.4** zeigt. Die prozentuelle Verteilung wird mittels abgestufter Farbskala von einem geringen (Grün) zu einem hohen Anteil (Rot) gekennzeichnet. Neben den bereits in **Tab. 6.3** identifizierten Umlagerungen des Taxiverkehrs auf die Sternwartestraße und die Währinger Straße, werden andere Veränderungen, wie über die Baustelle hinaus gehenden Maßnahmen der Verkehrsplanung, erkennbar. Dabei sei die Einführung einer flächendeckenden 30er-Zone im 18. Bezirk (ausgenommen Schienenstraßen) erwähnt (vgl. Kapitel 3.2.3.6), die per Do, 19.07. (KW 29) umgesetzt wurde. Durch die Umstellung von 50 auf 30 km/h sind in **Tab. 6.4** die Sternwartestraße und die Gentzgasse betroffen, wobei in der Sternwartestraße ein leichter Rückgang der Taxifahrten in den anschließenden Wochen beobachtet werden kann. Dauerhaft ist jedoch kein Effekt in Bezug auf das Taxiaufkommen festzustellen. Dieselbe Geschwindigkeitsreduktion führt in der Gentzgasse (eine Beurteilung ist erst nach Beendigung der Bauarbeiten möglich) zu keiner Veränderung des Taxiaufkommens, da der Anteil vor und nach der Baustelle nahezu gleich bleibt.

Die Auswirkungen auf die in fahrtrichtungsabhängigen Querschnitten untersuchten Straßenkanten über den Zeitverlauf sollen durch einen Chi-Quadrat-Test²⁷ quantifiziert werden. Ein signifikantes Ergebnis zeigt dabei eine Veränderung der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante unter der Gleichheitshypothese. Dafür erfolgt eine weitere Aggregation der Daten auf einen Zustand vor Baustellenbeginn (KW 17 und 20), während der Baustelle (KW 21 – 26) und nach Abschluss der Arbeiten (KW 36 – 41). Aufgrund des im gesamten Untersuchungsgebiets stattfindenden Taxirückgangs im Zeitraum der Sommerferien (KW 27 – 35) wird diese Kategorie nicht weiter miteinbezogen. Beobachtete Signifikanzen des Chi-Quadrat-Tests können nicht in direkten Zusammenhang mit der Baustelle gebracht werden und sind in **Tab. 10.4** im Anhang abgebildet. Bei Vorliegen eines signifikanten Ergebnisses wird daher ein Post-hoc-Test durchgeführt, der prüfen soll, welche Elemente den größten Einfluss auf die Signifikanzen haben. In diesem Zusammenhang werden korrigierte Residuen (engl.: adjusted [standardized] residuals) inkl. zugehöriger Wahrscheinlichkeiten (P-Wert) berechnet. Nach einer durchgeführten Bonferroni-Korrektur kann eine Aussage über die Signifikanz des Einzelergebnisses getroffen werden (vgl. Sharpe 2015, S. 2f.).

| Schnitt 1 stadtausw. | KW 17 und 20 | | KW 21-26 | | KW 36-41 | |
|-------------------------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|
| | korr. Residuen | P-Wert | korr. Residuen | P-Wert | korr. Residuen | P-Wert |
| Mollgasse | -2,765 | 0,003 | 3,372 | < 0,001 | -1,363 | 0,086 |
| Stern- wartestr. | -6,660 | < 0,001 | 16,795 | < 0,001 | -11,971 | < 0,001 |
| Gentz- gasse | 23,762 | < 0,001 | -58,915 | < 0,001 | 41,700 | < 0,001 |
| Währinger Straße | -15,733 | < 0,001 | 42,049 | < 0,001 | -30,655 | < 0,001 |
| Schul- gasse | 0,188 | 0,425 | 3,114 | 0,001 | -3,256 | 0,001 |
| Schopen- hauerstr. | -2,634 | 0,004 | 0,657 | 0,256 | 1,261 | 0,104 |
| Kreuz- gasse | -2,954 | 0,002 | 2,795 | 0,003 | -0,647 | 0,259 |

Tab. 6.5: Post-hoc-Test der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante (Querschnitt 1, stadtauswärts);
 $\alpha = 0,0024$

In dem untersuchten Querschnitt 1 in Fahrtrichtung stadtauswärts liegt eine signifikante Veränderung in den Untersuchungskategorien vor (vgl. **Tab. 10.4** im Anhang), wodurch eine detailliertere Untersuchung möglich wird, deren Ergebnisse **Tab. 6.5**²⁸ zeigt. Es können die bereits getroffenen Beobachtungen belegt werden, dass im Baustellenzeitraum das Taxiaufkommen besonders in der Währinger Straße zunimmt. Ebenso große Veränderungen werden in der Sternwartestraße detektiert. Mit zunehmender Entfernung von der Ausweichstrecke wird der Einfluss der Baustelle geringer (vgl. korr. Residuen in **Tab. 6.5**), wobei in der Schopenhauerstraße keine Zu- oder Abnahme des Taxiaufkommens über den Zufall hinaus nachgewiesen werden kann. Alle übrigen Straßenkanten zeigen signifikante Zunahmen der Taxiaufkommens in der Bauphase, wodurch sich der Einfluss der Arbeiten statistisch belegen lässt.

²⁷ Bei Vorliegen mehrerer Kategorien werden zur Analyse von Häufigkeiten Chi-Quadrat-Methoden angewendet. Diese beschränken sich nicht nur auf Nominalskalen, sondern sie können auch für ein höheres Skalenniveau eingesetzt werden. Der Test auf Unabhängigkeit ermöglicht die Feststellung eines Zusammenhangs zwischen den untersuchten Merkmalen. Die Nullhypothese lautet dabei, dass die Merkmale voneinander unabhängig sind (vgl. Bortz und Schuster 2010, S. 137ff.).

²⁸ Die Kennzeichnung signifikanter Ergebnisse erfolgt durch farbliche Unterlegung.

- Fahrtrichtung stadteinwärts

Stadteinwärts können im Querschnitt 1 Ausweichrouten über die Sternwartestraße im Norden sowie deutlich ausgeprägt über die Schulgasse im Süden festgestellt werden. Eher geringe Bedeutung zeigt die – in die Gegenrichtung noch stärker genutzte – Kreuzgasse.

Tab. 10.5 im Anhang zeigt bei nahezu konstanten Summen in den Kalenderwochen 23 bis 26 der untersuchten Straßenkanten Zuwächse in der Sternwartestraße, in der Gentsgasse (ausgeschilderte Umleitung) und in der Schulgasse. Letztere wird jedoch nur bis zur KW 27 intensiv genutzt, da ab Mo, 09.07. (KW 28) auf Höhe des Querschnitts 2 die Umsetzung eine Fußgängerzone inkl. umliegender Verkehrsberuhigung erfolgt (vgl. Kapitel 3.2.3.6) und bereits im Zuge der Bauarbeiten die Durchfahrt blockiert wird. Durch die nicht mehr vorhandene Durchgängigkeit der Schulgasse wird sie nicht weiter als Umleitungsrouten in Betracht gezogen und weist auch nach Abschluss der Bauarbeiten bis Fr, 31.08. (KW 35) einen geringeren Anteil als das Ausgangsniveau an der Verteilung des Taxiverkehrs auf (vgl. **Tab. 10.6** im Anhang). Darüber hinaus erreicht die Summe der Fahrten den Referenzwert trotz steigender Tendenz nicht vollständig. Ob dies aus geändertem Verkehrsverhalten durch Änderungen in der Schulgasse zu Tage tritt, kann aufgrund der nicht weiter vorhandenen Datenreihe nicht geklärt werden. In der zuvor genannten **Tab. 10.6** wird darüber hinaus erkennbar, dass durch die Veränderung in der Schulgasse die nächstmögliche Umfahrung in Form der Gentsgasse gewählt wird und dadurch ein Anteil von 53,25 % am Taxiaufkommen in der KW 30 erreicht wird. Diese Konzentration des Verkehrs wird in der Ausgangslage vermieden; als maximaler Anteil der Währinger Straße werden 38,78 % im Querschnitt 1 beobachtet. Nach Abschluss der Bauarbeiten auf der Währinger Straße kann hier – analog zur Fahrtrichtung stadtauswärts – eine Rückverlagerung der Taxifahrten auf das Ausgangsniveau (ausgenommen die Schulgasse mit daraus resultierenden leichten Zunahmen der Sternwartestraße und der Gentsgasse) beobachtet werden.

Inferenzstatistisch kann eine Änderung im Untersuchungsquerschnitt in Form einer Unterschreitung des Signifikanzniveaus gezeigt werden (vgl. **Tab. 10.4** im Anhang), die eine weitere Analyse in **Tab. 10.7** im Anhang ermöglicht. Die größten Zunahmen während der Baustelle erleben die Gentsgasse und die Schulgasse; keine signifikante Änderung tritt in der Kreuzgasse auf. Dadurch lässt sich bestätigen, dass die Kreuzgasse in diesem Querschnitt nur in Fahrtrichtung stadtauswärts als Ausweichroute genutzt wird. Des Weiteren zeigt sich die nur geringe Änderung in der Sternwartestraße, die – ebenso wie die Kreuzgasse – bereits eine zu große Entfernung zur Baustelle aufweist, um eine attraktive Alternative darzustellen.

6.1.2 Querschnitt 2: Bereich zw. Martin- / Gymnasiumstraße und Aumannplatz

- Fahrtrichtung stadtauswärts

Bei der Untersuchung des Querschnitts 2 tritt eine zu Querschnitt 1 analoge Verkehrssituation auf. Nördlich der Baustelle werden in Fahrtrichtung stadtauswärts die Hasenauerstraße und die in diesem Bereich als Einbahn geführte Sternwartestraße, sowie südlich die Schulgasse und die Kreuzgasse als Ausweichrouten detektiert. Analog zu Querschnitt 1 bleibt die Summe der Fahrten der KW 23 bis 26 im Vergleich zu dem Referenzwert in etwa konstant (vgl. **Tab. 10.8** im Anhang), wie auch der Gleichverteilungstest in **Tab. 10.3** im Anhang nahe legt. Größte Zuwächse verzeichnet die ausgeschilderte Umleitungsrouten (Währinger Straße), wie **Tab. 10.9** im Anhang zeigt. Aufgrund der ab KW 27 stattfindenden Baustelle und dadurch auf null sinkende Anzahl an Fahrten in der Schulgasse (vgl. Kapitel 3.2.3.6), verzeichnet die Kreuzgasse ab diesem Zeitpunkt weitere Zuwächse, worin sich erneut das sehr lokale Ausweichverhalten der Taxifahrer widerspiegelt.

Nach Beendigung der Bauarbeiten in der Währinger Straße kann eine Rückverlagerung auf das fast vollständig erreichte Ausgangsniveau beobachtet werden, wobei die im Zuge der Einführung einer flächendeckenden 30er-Zone stattfindenden Geschwindigkeitsreduktionen in der Hasenauerstraße und der Gentsgasse nicht durch eine veränderte Nutzung der Straßenkanten ersichtlich

wird (gleiches Taxiaufkommen). Die baulichen Veränderungen in der Schulgasse zeigen jedoch dauerhafte Verschiebungen in Richtung Währinger Straße und Kreuzgasse.

Nach Durchführung des Chi-Quadrat-Tests (vgl. **Tab. 10.4** im Anhang; unterschreitet das Signifikanzniveau) kommt erneut ein Post-hoc-Test zum Einsatz (vgl. **Tab. 10.10**). Er bestätigt den Verdacht der qualitativen Analyse, dass in allen Straßenkanten signifikante Änderungen durch den Baustelleneinfluss auftreten. Die größten Zunahmen finden sich in der Währinger Straße, gefolgt von der Schulgasse, der Sternwartestraße und der Hasenauerstraße. Dies macht erneut deutlich, dass eine geringere Entfernung der Straßenkante zur Baustelle als Indikator für eine wahrscheinlichere Nutzung als Ausweichroute angesehen werden kann. In der Schulgasse wird darüber hinaus die Abnahme des Taxiaufkommens nach der Baustelle erkennbar, die mit der Umgestaltung in eine Fußgängerzone in Zusammenhang gebracht werden kann.

- Fahrtrichtung stadteinwärts

In die Gegenrichtung werden dieselben Straßen wie stadtauswärts untersucht, wobei berücksichtigt wird, dass die Sternwartestraße aufgrund der Einbahnführung nicht in Frage kommt, hingegen die Antonigasse (Einbahn in Fahrtrichtung stadteinwärts) in Betracht gezogen und auch geringfügig genutzt wird. Als Zulauf zu den südlich parallel zur Währinger Straße verlaufenden Ausweichrouten werden die Vinzenzgasse und die Klostersgasse (beides Einbahnen in Fahrtrichtung Süden) befahren, wobei letztere einen kleineren Anteil aufnimmt.

| <i>Schnitt 2 stadteinw.</i> | Hasenauerstr. | Gentzgasse | Währ. Straße | Schulgasse | Kreuzgasse | Antonigasse | Summe |
|-----------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Referenzwert | 170 | 108 | 215 | 78 | 160 | 43 | 773 |
| KW 21 | 166 | 165 | 24 | 135 | 147 | 37 | 674 |
| KW 22 | 146 | 190 | 4 | 144 | 123 | 40 | 647 |
| KW 23 | 189 | 192 | 5 | 201 | 132 | 56 | 775 |
| KW 24 | 172 | 201 | 4 | 159 | 155 | 56 | 747 |
| KW 25 | 196 | 177 | 5 | 183 | 142 | 60 | 763 |
| KW 26 | 177 | 189 | 2 | 172 | 140 | 38 | 718 |
| KW 27 | 150 | 176 | 3 | 152 | 136 | 37 | 654 |
| KW 28 | 127 | 189 | 8 | 0 | 166 | 40 | 530 |
| KW 29 | 109 | 182 | 6 | 0 | 146 | 45 | 488 |
| KW 30 | 134 | 209 | 3 | 0 | 164 | 26 | 536 |
| KW 31 | 116 | 200 | 0 | 0 | 120 | 32 | 468 |
| KW 32 | 129 | 197 | 0 | 0 | 146 | 24 | 496 |
| KW 33 | 138 | 178 | 0 | 0 | 141 | 21 | 478 |
| KW 34 | 116 | 218 | 2 | 0 | 164 | 29 | 529 |
| KW 35 | 107 | 138 | 82 | 0 | 161 | 43 | 531 |
| KW 36 | 126 | 74 | 176 | 0 | 126 | 34 | 536 |
| KW 37 | 158 | 99 | 212 | 0 | 152 | 41 | 662 |
| KW 38 | 163 | 115 | 168 | 0 | 157 | 31 | 634 |
| KW 39 | 150 | 108 | 199 | 0 | 134 | 43 | 634 |
| KW 40 | 151 | 109 | 242 | 0 | 147 | 21 | 670 |
| KW 41 | 157 | 100 | 260 | 0 | 139 | 31 | 687 |

Tab. 6.6: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante (Querschnitt 2, stadteinwärts)

Die Analyse der **Tab. 6.6** macht deutlich, dass die Gentzgasse – die für diese Fahrtrichtung in diesem Bereich die ausgeschilderte Umleitung darstellt – die meistbefahrene Ausweichstrecke ist

und die Randsummen der KW 23 bis 26 im Vergleich zur Ausgangslage weitgehend konstant bleiben. Der Vergleich zu **Tab. 10.8** im Anhang vermittelt, dass Routen wie die Hasenauerstraße und die Kreuzgasse, die in Fahrtrichtung stadtauswärts eine wesentliche Rolle spielen, in die Gegenrichtung seitens der Taxifahrer kaum Bedeutung zugemessen wird und daher keine zusätzliche Nutzung nachgewiesen werden kann (vgl. insbesondere KW 23 – 26 in **Tab. 6.6**). Erst durch die Sperrung der Schulgasse in der KW 28 kommt es zu einer weiteren absoluten Steigerung der Fahrten in der Gentzgasse (trotz in Summe abnehmenden Verkehrs) und einer starken Verkehrszunahme an Taxis in der Kreuzgasse. Die Hasenauerstraße wiederum wird aufgrund der geographischen Lage (großer Umweg) nicht genutzt.

Wie auch bereits im Querschnitt 1 gezeigt werden konnte, lässt sich im Vorher-Nachher-Vergleich der Baustelle auf der Währinger Straße kaum eine Veränderung der Anzahl der Fahrten je Straßenkante nachweisen, wobei in den Randsummen der Referenzwert nicht erreicht wird. Auffallend ist jedoch die Zunahme der Fahrten in der Währinger Straße über das Ausgangsniveau, die in Verbindung mit der Schulgasse zu sehen ist.

| <i>Schnitt 2 stadteinw.</i> | Hasenauer- straße | Gentz- gasse | Währinger Straße | Schul- gasse | Kreuz- gasse | Antoni- gasse |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Referenz- wert | 22,01 | 13,92 | 27,77 | 10,03 | 20,71 | 5,57 |
| KW 21 | 24,63 | 24,48 | 3,56 | 20,03 | 21,81 | 5,49 |
| KW 22 | 22,57 | 29,37 | 0,62 | 22,26 | 19,01 | 6,18 |
| KW 23 | 24,39 | 24,77 | 0,65 | 25,94 | 17,03 | 7,23 |
| KW 24 | 23,03 | 26,91 | 0,54 | 21,29 | 20,75 | 7,50 |
| KW 25 | 25,69 | 23,20 | 0,66 | 23,98 | 18,61 | 7,86 |
| KW 26 | 24,65 | 26,32 | 0,28 | 23,96 | 19,50 | 5,29 |
| KW 27 | 22,94 | 26,91 | 0,46 | 23,24 | 20,80 | 5,66 |
| KW 28 | 23,96 | 35,66 | 1,51 | 0,00 | 31,32 | 7,55 |
| KW 29 | 22,34 | 37,30 | 1,23 | 0,00 | 29,92 | 9,22 |
| KW 30 | 25,00 | 38,99 | 0,56 | 0,00 | 30,60 | 4,85 |
| KW 31 | 24,79 | 42,74 | 0,00 | 0,00 | 25,64 | 6,84 |
| KW 32 | 26,01 | 39,72 | 0,00 | 0,00 | 29,44 | 4,84 |
| KW 33 | 28,87 | 37,24 | 0,00 | 0,00 | 29,50 | 4,39 |
| KW 34 | 21,93 | 41,21 | 0,38 | 0,00 | 31,00 | 5,48 |
| KW 35 | 20,15 | 25,99 | 15,44 | 0,00 | 30,32 | 8,10 |
| KW 36 | 23,51 | 13,81 | 32,84 | 0,00 | 23,51 | 6,34 |
| KW 37 | 23,87 | 14,95 | 32,02 | 0,00 | 22,96 | 6,19 |
| KW 38 | 25,71 | 18,14 | 26,50 | 0,00 | 24,76 | 4,89 |
| KW 39 | 23,66 | 17,03 | 31,39 | 0,00 | 21,14 | 6,78 |
| KW 40 | 22,54 | 16,27 | 36,12 | 0,00 | 21,94 | 3,13 |
| KW 41 | 22,85 | 14,56 | 37,85 | 0,00 | 20,23 | 4,51 |

Tab. 6.7: Anteil der Fahrten pro Woche und Straßenkante am Taxiaufkommen; Zeilenprozent (Querschnitt 2, stadteinw.)

Ein noch deutlicheres Bild bzgl. der Zunahmen in der Gentzgasse zeigt die **Tab. 6.7**. Sie macht deutlich, dass sich der Taxiverkehr nach Baustellenbeginn (v. a. in den Normalwochen) nahezu verdoppelt. Anschließend wird die weitere Zunahme ab der KW 28 durch den Baubeginn in der Schulgasse sichtbar, der darüber hinaus zu einer Umlagerung der Fahrten von selbiger in die Kreuzgasse führt.

Nach Abschluss der Baustelle ab KW 36 erreichen die Straßenkanten zunehmend ihr Ausgangsniveau. Die Verschiebungen in der KW 38 zu Gunsten der Währinger Straße können auf das

jährliche Straßenfest zurückgeführt werden, bei dem die neu gestaltete Einkaufsstraße feierlich eröffnet wurde (vgl. Kapitel 3.2.3.6). Gegen Ende der Datenreihe (KW 40 und 41) wird erkennbar, dass der relative Anteil der Fahrten der Schulgasse nahezu vollständig in die Währinger Straße verlagert werden dürfte, wodurch sich der aus **Tab. 6.6** abgeleitete Verdacht erhärtet.

Im Rahmen des Chi-Quadrat-Tests kann eine signifikante Veränderung in der betrachteten Matrix gezeigt werden (vgl. **Tab. 10.4** im Anhang). Der im Anschluss durchgeführte Post-hoc-Test (vgl. **Tab. 10.11** im Anhang) bestätigt, die bereits gezeigten Veränderungen, dass die Hasenauerstraße und die Antonigasse trotz leichter Zunahme der Fahrten nicht als Ausweichroute genutzt werden, da sie das Bonferroni-korrigierte Signifikanzniveau nicht unterschreiten. Ebenso nicht als Umleitung herangezogen wird die Kreuzgasse, da zwar eine signifikante Veränderung, jedoch eine Abnahme des Verkehrs in der Bauphase beobachtet werden kann. Die stärksten Zuwächse verzeichnet die Schulgasse, gefolgt von der Gentzgasse. Erstere wird zu Schulbeginn zu Lasten der Währinger Straße durch die Umgestaltung zur Fußgängerzone von den Taxifahrern nicht mehr genutzt.

6.1.3 Querschnitt 3: Bereich zw. Aumannplatz und Gersthofer Straße

Aufgrund der geänderten Rahmenbedingungen zeigt sich in dem nun untersuchten Querschnitt ein anderes Verhalten der Taxifahrer als in den vorigen Kapiteln beschrieben. Unter Verhältnissen ohne Baustelleneinfluss, werden die Gentzgasse und die Währinger Straße nicht gleichmäßig in dieselbe Fahrtrichtung genutzt; dies erweist sich in allen Querschnitten. Dabei kann die Tendenz festgestellt werden, dass die Gentzgasse eher für die Fahrten stadtauswärts und die Währinger Straße für jene stadteinwärts genutzt wird. Im Bereich vom Währinger Gürtel bis zum Aumannplatz wird jeweils die Fahrtrichtung der Straße für den motorisierten Individualverkehr gesperrt, die von den Taxifahrern priorisiert wird, wodurch starke Verlagerungen beobachtet werden können. Im Bereich des Aumannplatz werden die Einbahnen der Umleitung ausgekreuzt, um den Straßenbahnbetrieb in Fahrtrichtung stadtauswärts aufrechterhalten zu können (vgl. Kapitel 3.2.3.6), wodurch im Querschnitt 3 die Hauptlastrichtung befahren wird. Dennoch kommt es zu – wenn auch geringeren – Umlagerungen des Taxiverkehrs, da die Gentzgasse als Einbahn in Fahrtrichtung stadtauswärts und die Währinger Straße als Einbahn in Fahrtrichtung stadteinwärts geführt wird. Dabei können stadtauswärts Alternativstrecken über die Hasenauerstraße und die Kreuzgasse sowie stadteinwärts über die Hasenauerstraße und die Antonigasse beobachtet werden. Die Rückführung der über die Hasenauerstraße umgeleiteten Fahrten erfolgt über die Gersthofer Straße, wobei dort ein sehr hohes Taxiaufkommen herrscht und die verhältnismäßig geringe Zunahme durch die Umleitungsrouten nicht deutlich ausgeprägt ist. Nichtsdestotrotz ist eine steigende Anzahl der Fahrten auf der Gersthofer Straße in Fahrtrichtung Süden anzutreffen.

- Fahrtrichtung stadtauswärts

Bei Betrachtung der absoluten Werte (vgl. **Tab. 10.12** im Anhang) in Fahrtrichtung stadtauswärts zeigt sich die Zunahme der Taxifahrten in der Hasenauerstraße deutlicher als in Querschnitt 2. Ein interessanter Aspekt in diesem Zusammenhang ist, dass die Anzahl der Fahrten in der Gentzgasse trotz der räumlichen Nähe nicht zunehmen (vgl. KW 23 – 26), wodurch eine Verteilung der Fahrten der Währinger Straße auf die Hasenauerstraße und die Kreuzgasse detektiert wird. Dabei handelt es sich erneut um eine reine Verschiebung der Fahrten, da die Randsummen der KW 23 bis 26 im Vergleich zum Referenzwert unverändert bleiben, was in **Tab. 10.3** im Anhang auch mittels Signifikanztests belegt werden kann.

In Bezug auf die Rückverlagerung nach Abschluss der Baustelle, die in **Tab. 10.13** im Anhang deutlich erkennbar wird, sticht die Tatsache ins Auge, dass in der Hasenauerstraße eine „Normalisierung“ des Taxiverkehrs bereits in der KW 36 auftritt. Hingegen kann in der Währinger Straße ein relativer Anstieg der Fahrten erst ab KW 38 und 39 zu Gunsten der Gentzgasse und der Kreuzgasse beobachtet werden. Ob dies durch die Einführung der 30er-Zone ab der KW 29 in diesem

Abschnitt der Währinger Straße oder durch nicht öffentlich dokumentierte Restarbeiten an der Baustelle zu Stande kommt, kann nicht beantwortet werden. Mit Ende des Untersuchungszeitraums wird die Verteilung der Fahrten jedoch auf die Ausgangslage zurückgeführt.

- Fahrtrichtung stadteinwärts

In die Gegenrichtung wird erneut deutlich, dass statt der Kreuzgasse die Antonigasse als Umleitungsrouten herangezogen wird. Sie ist trotz der geringeren zulässigen Höchstgeschwindigkeit (30 km/h) beliebter in der Routenwahl als die Kreuzgasse (Schienenstraße; daher während des gesamten Untersuchungszeitraums 50 km/h). Darüber hinaus werden vereinzelte Fahrten über die Hasenauerstraße beobachtet. Im Rahmen der im Anschluss durchgeführten inferenzstatistischen Analyse, die mittels Chi-Quadrat-Tests eine signifikante Veränderung während der Bauphase in dem Querschnitt für die Fahrtrichtung stadtauswärts erkennen lässt (vgl. **Tab. 10.4** im Anhang), belegt der Post-hoc-Test die Zunahme des Taxiaufkommens sowohl in der Hasenauerstraße als auch in der Kreuzgasse während der Baustelle durch die vorliegenden positiven korrigierten Residuen, die das Bonferroni-korrigierte Signifikanzniveau unterschreiten (vgl. **Tab. 10.14** im Anhang). Hingegen weist die Gentzgasse einen leichten, aber signifikanten Rückgang des Taxiaufkommens auf. Ob die verstärkte Auswahl der Hasenauerstraße bei größerer Distanz zum Stadtzentrum auf die Akzeptanz größerer Umwege bei längeren Fahrdistanzen oder auf freie Kapazitäten oder Straßenkanten zurückgeführt werden kann, lässt sich im Rahmen der Untersuchung aufgrund der analysierten „Indikator-Flotte“ nicht kausal zurückführen. Darüber hinaus übersteigen solche Bewertungen die Aussagekraft jener durchgeführten Signifikanztests.

| <i>Schnitt 3 stadteinw.</i> | Hasenauerstraße | Gentzgasse | Währinger Straße | Kreuzgasse | Antonigasse | Summe |
|-----------------------------|------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Referenzwert | 79 | 12 | 283 | 154 | 17 | 545 |
| KW 21 | 92 | 5 | 245 | 133 | 23 | 498 |
| KW 22 | 84 | 1 | 277 | 132 | 26 | 520 |
| KW 23 | 108 | 1 | 323 | 142 | 38 | 612 |
| KW 24 | 95 | 5 | 312 | 163 | 36 | 611 |
| KW 25 | 107 | 4 | 307 | 155 | 48 | 621 |
| KW 26 | 94 | 3 | 323 | 142 | 38 | 600 |
| KW 27 | 105 | 6 | 276 | 148 | 16 | 551 |
| KW 28 | 82 | 1 | 251 | 153 | 27 | 514 |
| KW 29 | 56 | 3 | 209 | 117 | 21 | 406 |
| KW 30 | 63 | 2 | 232 | 97 | 20 | 414 |
| KW 31 | 62 | 0 | 222 | 106 | 23 | 413 |
| KW 32 | 63 | 0 | 243 | 103 | 16 | 425 |
| KW 33 | 65 | 0 | 222 | 100 | 12 | 399 |
| KW 34 | 63 | 4 | 233 | 113 | 21 | 434 |
| KW 35 | 62 | 1 | 235 | 119 | 17 | 434 |
| KW 36 | 62 | 5 | 216 | 118 | 16 | 417 |
| KW 37 | 226 | 2 | 266 | 110 | 21 | 625 |
| KW 38 | 155 | 6 | 253 | 129 | 23 | 566 |
| KW 39 | 79 | 6 | 232 | 103 | 27 | 447 |
| KW 40 | 80 | 5 | 242 | 123 | 17 | 467 |
| KW 41 | 102 | 6 | 268 | 119 | 20 | 515 |

Tab. 6.8: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante (Querschnitt 3, stadteinwärts)

Tab. 6.8 bildet die Situation des Taxiaufkommens in Fahrtrichtung stadteinwärts ab und illustriert, dass die Gentzgasse kaum von Taxis befahren wird, wodurch ihre Sperre in diesem Bereich zu äußerst geringen Verlagerungen führt. Somit zeigt sich dieser Querschnitt für die Fahrtrichtung stadteinwärts von der Baustelle nahezu unbeeinflusst. Die Zuwächse in der Währinger Straße können durch die Gesamtzunahme des Taxiverkehrs in der KW 23 bis 26 begründet werden. Unklar bleibt, wieso in der KW 37 eine Zunahme in der Hasenauerstraße (keine Auffälligkeiten in der Gegenrichtung) auftritt. Denkbar wäre eine einzelne Veranstaltung, die einen solchen Ausreißer verursacht und spezifisch für den Taxiverkehr ist. Analog zu bereits gezeigten Querschnitten ist auch in diesem Fall nur eine langsame Zunahme der Fahrten im Herbst erkennbar, wodurch die Referenzwert der Randsummen nicht erreicht wird.

| <i>Schnitt 3 stadteinw.</i> | Hasenauer- straße | Gentz- gasse | Währinger Straße | Kreuz- gasse | Antoni- gasse |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Referenz- wert | 14,51 | 2,20 | 51,97 | 28,28 | 3,03 |
| KW 21 | 18,47 | 1,00 | 49,20 | 26,71 | 4,62 |
| KW 22 | 16,15 | 0,19 | 53,27 | 25,38 | 5,00 |
| KW 23 | 17,65 | 0,16 | 52,78 | 23,20 | 6,21 |
| KW 24 | 15,55 | 0,82 | 51,06 | 26,68 | 5,89 |
| KW 25 | 17,23 | 0,64 | 49,44 | 24,96 | 7,73 |
| KW 26 | 15,67 | 0,50 | 53,83 | 23,67 | 6,33 |
| KW 27 | 19,06 | 1,09 | 50,09 | 26,86 | 2,90 |
| KW 28 | 15,95 | 0,19 | 48,83 | 29,77 | 5,25 |
| KW 29 | 13,79 | 0,74 | 51,48 | 28,82 | 5,17 |
| KW 30 | 15,22 | 0,48 | 56,04 | 23,43 | 4,83 |
| KW 31 | 15,01 | 0,00 | 53,75 | 25,67 | 5,57 |
| KW 32 | 14,82 | 0,00 | 57,18 | 24,24 | 3,76 |
| KW 33 | 16,29 | 0,00 | 55,64 | 25,06 | 3,01 |
| KW 34 | 14,52 | 0,92 | 53,69 | 26,04 | 4,84 |
| KW 35 | 14,29 | 0,23 | 54,15 | 27,42 | 3,92 |
| KW 36 | 14,87 | 1,20 | 51,80 | 28,30 | 3,84 |
| KW 37 | 36,16 | 0,32 | 42,56 | 17,60 | 3,36 |
| KW 38 | 27,39 | 1,06 | 44,70 | 22,79 | 4,06 |
| KW 39 | 17,67 | 1,34 | 51,90 | 23,04 | 6,04 |
| KW 40 | 17,13 | 1,07 | 51,82 | 26,34 | 3,64 |
| KW 41 | 19,81 | 1,17 | 52,04 | 23,11 | 3,88 |

Tab. 6.9: Anteil der Fahrten pro Woche und Straßenkante am Taxiaufkommen; Zeilenprozent (Querschnitt 3, stadteinw.)

Für diesen Fall der Verkehrszunahme in den Wochen der Baustelle erweist sich die Betrachtung der **Tab. 6.9** günstig, die zeigt, dass nur sehr geringe Veränderungen in der Verteilung der Fahrten auftreten. Die festgestellten Zuwächse in der Antonigasse können jedoch nicht der ebenso beobachtbaren Abnahme des Taxiverkehrs sein, wie die anschließenden Signifikanztests zeigen. Durch den geringen absoluten Anteil der Gentzgasse kann nicht mit Sicherheit geschlossen werden, dass sie nach Abschluss der Baustelle einen geringeren Anteil an der Verteilung ausmacht, obwohl in der KW 41 ca. eine Halbierung im Vergleich zum Referenzwert auftritt.

Der im Anschluss durchgeführte Chi-Quadrat-Tests (vgl. **Tab. 10.4** im Anhang) unterschreitet das Signifikanzniveau, wodurch ein Post-hoc-Test (vgl. **Tab. 10.15**) zur detaillierteren Analyse zum Einsatz kommt. Dieser zeigt mit einer Ausnahme signifikante Änderungen in den untersuchten Straßen. Dabei handelt es sich um die Währinger Straße, die aufgrund der Anzahl der Fahrten

als Hauptroute in diesem Querschnitt betrachtet werden kann. Möglicherweise wird durch das hohe Verkehrsaufkommen die Kapazitätsgrenze erreicht und die Taxilenker weichen auf andere Routen aus; besonders beeinträchtigt ist in diesem Bereich ist Antonigasse. Durch das Vorliegen eines Ausreißers in der KW 37 wird die Interpretation der Hasenauerstraße erschwert, da der Post-hoc-Test eine Abnahme der Fahrten während der Baustellenphase suggeriert, jedoch damit im Kontrast zu den oben gezeigten Tabellen steht. Sowohl die absoluten als auch die relativen Häufigkeiten verzeichnen Zuwächse während der Bauphase. Im Vergleich zu den bereits betrachteten Querschnitten können auch in der inferenzstatistischen Analyse nur geringe Veränderungen des Taxiaufkommens durch die Baustelle festgestellt werden.

6.2 Geschwindigkeitsuntersuchung ausgewählter Straßenkanten

Als zweite Kenngröße soll die Geschwindigkeit unter Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung ausgewählter Straßenkanten (vgl. Kapitel 4.5) ausgewertet werden, bei der die Stichprobe aus der Filterstufe 2 (vgl. Kapitel 5.2.2) zur Anwendung kommt. Dabei liegt die Vermutung nahe, dass der Einfluss des in näherer Umgebung der Taxis verkehrenden motorisierten Individualverkehrs größer ist als bei der Auswertung der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Fahrten, die im Kapitel 6.1 vorgenommen wurde. Die Analyse erfolgt durch Aggregation der Daten in unterschiedlichen zeitlichen Eingrenzungen, wobei Betrachtungen für folgende Zeiträume durchgeführt werden (vgl. Steierwald et al. 2005, S. 85f.):

- Tages- u. Nachtverkehr: 0 – 24 Uhr
- Tagesverkehr: 6 – 22 Uhr
- Hauptverkehrszeit: 6 – 10 Uhr (Vormittagsverkehr) und
15 – 19 Uhr (Nachmittagsverkehr)

Es ist davon auszugehen, dass untermittags eher mit Kapazitätsengpässen zu rechnen ist und die Geschwindigkeitsschwankungen durch die Baustelle ausgeprägter auftreten, da nachts durch das geringere Verkehrsaufkommen meist höhere Höchstgeschwindigkeiten erreicht werden können. Diese haben wiederum zur Folge, dass sie die 24-Stunden-Mittelwerte verzerren, weil speziell in der Nacht die Anzahl der Taxifahrten im Vergleich zum motorisierten Individualverkehr sehr hoch ist.

Für die Auswahl der Straßenkanten werden jene herangezogen, die in Kapitel 6.1 als genutzte Ausweichrouten identifiziert werden und um Zulaufstrecken zur Baustelle erweitert. Weiters wird die Auswahl in Abhängigkeit von Verkehrslichtsignalanlagen und Haltestellen des öffentlichen Verkehrs getroffen, um eine räumliche Distanz der Straßenkanten zu jenen zu schaffen, wodurch mögliche Einflüsse auf die Untersuchungsergebnisse vermieden werden können. Dies führt dazu, dass die Lage der Straßenkanten von den in Kapitel 6.1 untersuchten Querschnitten abweicht (vgl. **Abb. 6.6**). Dabei werden ausschließlich Haltestellen berücksichtigt, die nicht auf eigenen Gleiskörpern (z. B. U6 und S45) bzw. in längeren Streckenabschnitten auf eigenen Fahrspuren liegen, da sie keine Beeinflussung des motorisierten Individualverkehrs zur Folge haben und daher für die Auswahl keinerlei Relevanz haben; zusätzlich dient es einer besseren Übersichtlichkeit. Darüber hinaus werden Haltestellen des Nachtbusnetzes nicht berücksichtigt, da es nur zu sehr unregelmäßigen und kurzen Beeinträchtigungen des Nachtverkehrs kommt. Des Weiteren wird auf die Auswahl von Straßenkanten Wert gelegt, die in den Straßenkarten aus dem Jahr 2017 und dem Jahr 2018 die gleiche Länge aufweisen, um eine zeitliche Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Wäre dies nicht der Fall, würden durch die durchgeführte Mittelung der Geschwindigkeit über den Raum (vgl. Kapitel 4.1) systematisch andere Beträge der Fehler auftreten.

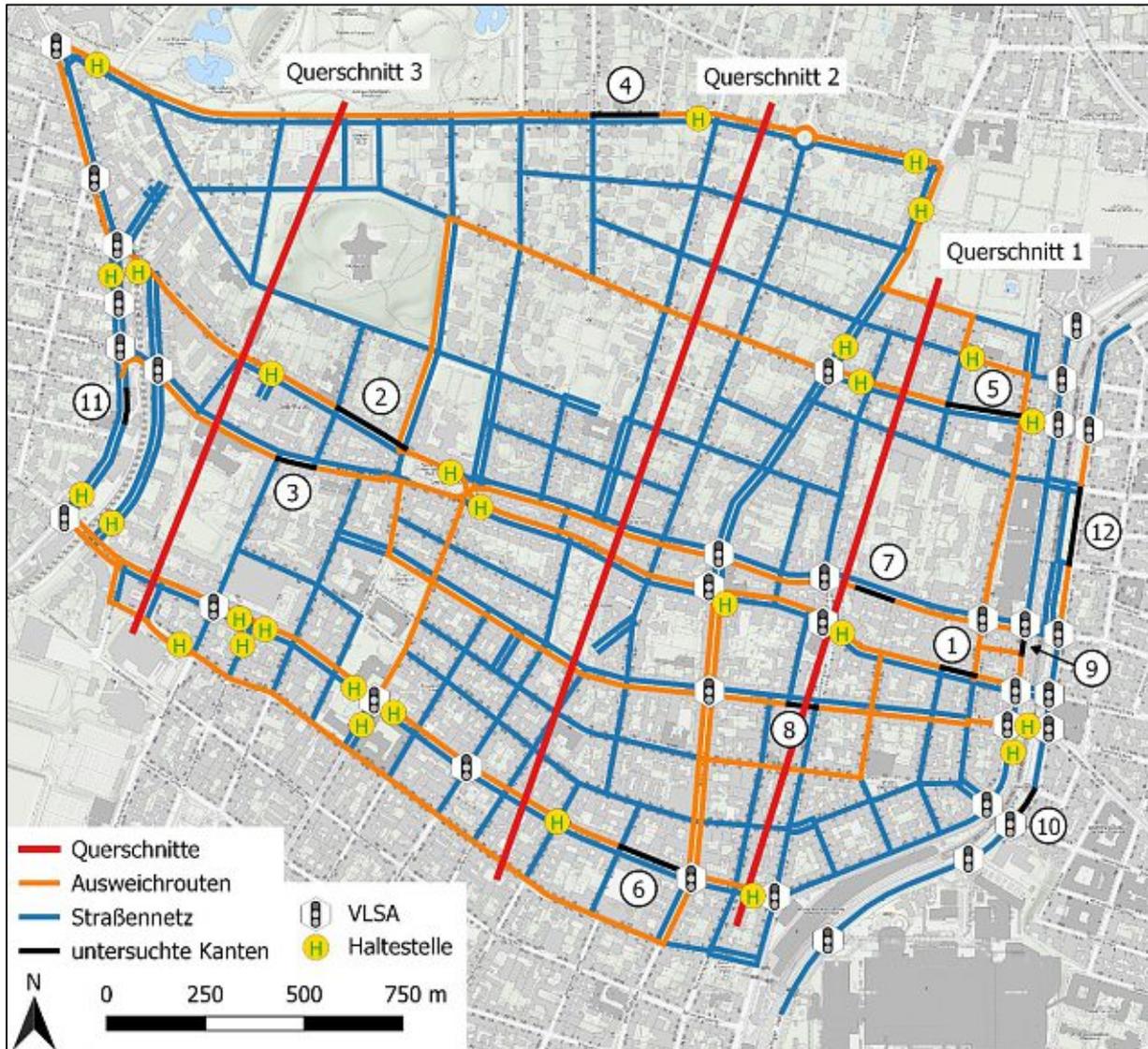


Abb. 6.6: Auswahl der untersuchten Straßenkanten; M 1:18.000

Schließlich erfolgt eine Auswertung in Abhängigkeit der Lage der Straßenkante (vgl. **Abb. 6.6**), wobei zwischen dem Baustellenbereich, den Ausweichstrecken und den Zulaufstrecken unterschieden wird. Als Kenngrößen der Geschwindigkeiten werden dafür Mittelwerte und Perzentilwerte herangezogen, die je Wochentag ermittelt und als Ganglinie dargestellt werden. Um die Anteile der gefahrenen Geschwindigkeiten pro Tag beurteilen zu können, wird eine Klassifizierung in drei Kategorien vorgenommen:

- Stau: $\bar{v}_R < 10 \text{ km/h}$
- Stockender Verkehr: $10 \text{ km/h} \leq \bar{v}_R \leq 20 \text{ km/h}$
- Stabiler Verkehrsfluss: $\bar{v}_R > 20 \text{ km/h}$

Als Grundlage dienen dabei die Definitionen des Schweizer Bundesamtes für Straßen, die die Grenze des Staus bei einer Geschwindigkeit von kleiner als 10 km/h für über eine Minute vorsieht (vgl. Bundesamt für Strassen ASTRA 2020), und die für Wien bekannte Durchschnittsgeschwindigkeit für den motorisierten Individualverkehr von 25 km/h (vgl. VIENNA.AT 2013). Tritt der Fall auf, dass in einer Kategorie für einzelne Tage keine Werte vorliegen, werden sie als 0 interpretiert. Dies steht im Kontrast zum Umgang mit Datenausfällen, die in allen Betrachtungen als

„Not a Number“ (kein Wert) gehandhabt werden, da ein – wenn auch unbekannter Verkehr – stattgefunden hat.

Für die Vergleichbarkeit mit bereits ähnlich durchgeführten Studien (vgl. Leth 2020) werden manche Abbildungen in Anlehnung an diese erstellt. Über die Auswertung der Anteile der Geschwindigkeitsbereiche und die Geschwindigkeitsganglinien hinaus wird die Anzahl der Datensätze pro Tag in Form einer Ganglinie dargestellt, um Aufschluss über die Datenlage (Anzahl und daraus folgend Aussagekraft der Messwerte) zu geben. Im Rahmen dieser Auswertungen mittels deskriptiver Statistik werden sowohl Tages- und Nachtverkehr als auch der Tagesverkehr analysiert. Weiters werden Histogramme erstellt, die Informationen über die Verteilung der Geschwindigkeiten im Untersuchungszeitraum generieren sollen. Besonders im Fokus der Interpretation liegt der Zeitraum der Baustelle außerhalb der Ferienwochen (KW 21 bis 26, wobei KW 23 bis 26 Normalwochen darstellen), um Einflüsse durch diesen Verkehrsrückgang hintanzuhalten.

Für inferenzstatistische Aussagen über die Geschwindigkeitsanteile werden die bereits aus Kapitel 6.1 bekannten Chi-Quadrat-Methoden angewendet und sollen in direktem Zusammenhang mit den erstellten Diagrammen zu sehen sein. Zur inferenzstatistischen Untersuchung der Geschwindigkeitsganglinien soll ein varianzanalytisches Verfahren angewendet werden. Um ein parametrisches Verfahren (einfaktorielle Varianzanalyse) wählen – genauer: um anschließend einen Signifikanztest durchführen – zu können, müssen die Voraussetzungen Unabhängigkeit, Normalverteilung für jede Treatmentstufe und Varianzhomogenität vorliegen. Die Prüfung auf Normalverteilung erfolgt mittels mehrerer Verfahren – nach Shapiro-Wilk, D’Agostino-Pearson und Anderson-Darling – da jedes einzelne Stärken und Schwächen aufweist (vgl. Yap und Sim 2011, 2141ff.). Für diese Untersuchung liefern sie eindeutige Ergebnisse, da die Nullhypothese in den meisten Fällen zurückgewiesen wird und daher keine Normalverteilung vorliegt (vgl. Bortz und Schuster 2010, S. 129f.). Durch die unterschiedlichen Stichprobengrößen und teilweise durch die Verletzungen der Berechnungsvoraussetzungen einer einfaktoriellen Varianzanalyse, wird auf den verteilungsfreien Kruskal-Wallis-Test (Rangvarianzanalyse) zurückgegriffen, sodass ein einheitliches Berechnungsverfahren gewährleistet ist (vgl. Bortz und Schuster 2010, S. 212ff.). Im Rahmen dieser Auswertung wird der Fokus auf den Tagesverkehr gelegt, bei dem mit größeren Veränderungen als im Tages- und Nachtverkehr zu rechnen ist. Darüber hinaus wird eine Analyse der Hauptverkehrszeit an Werktagen durchgeführt, wofür der Vormittags- und der Nachmittagsverkehr aggregiert werden. Diese wird herausgegriffen, um die Zeiten der Tage zu untersuchen, die das höchste Verkehrsaufkommen aufweisen und demnach mit den stärksten Auswirkungen zu rechnen ist.

6.2.1 Baustellenbereich

Direkt durch die Baustelle betroffene Bereiche sind die Äußere Währinger Straße im Abschnitt zwischen dem Währinger Gürtel und der Paulinengasse (ausgenommen Aumannplatz), die Gatzgasse im Abschnitt vom Aumannplatz bis zur Weinhauser Gasse, die Canongasse zwischen der Währinger Straße und der Schulgasse, sowie die Riglergasse zwischen der Währinger Straße und der Gatzgasse (vgl. Kapitel 3.2.3.6). Im Kapitel 6.1 konnte bereits gezeigt werden, dass in der Canongasse und der Riglergasse keine Beeinträchtigungen durch die Baustelle detektiert werden können, weshalb diese nicht weiter analysiert werden. Aufgrund der gewählten Einbahnführung der Umleitung wird die Währinger Straße durch den Aumannplatz in zwei Abschnitte unterteilt, wobei diese unterschiedliche Fahrtrichtungen aufweisen. Daher wird eine Betrachtung beider Bereiche erforderlich und führt zu drei Untersuchungsabschnitten, die fahrtrichtungsabhängig abgehandelt werden (vgl. **Abb. 6.6**):

- Abschnitt 1: Währinger Straße zwischen Semperstraße und Canongasse FR stadtauswärts
- Abschnitt 2: Gatzgasse zwischen Türkenschanzstraße und Köhlergasse FR stadtauswärts
- Abschnitt 3: Währinger Straße zwischen Paulinengasse und Köhlergasse FR stadteinwärts

Um eine bessere Einschätzung der Ergebnisse im Vergleich zueinander zu gewährleisten, sei festgehalten, dass es sich bei allen drei Straßenkanten um Hauptstraßen der Kategorie A mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h handelt. Im Abschnitt 3 erfolgt jedoch ab dem Do, 19.07. (KW 29) eine Reduktion jener auf 30 km/h.

6.2.1.1 Abschnitt 1: Währinger Straße zwischen Semperstraße und Canongasse

Begonnen wird mit der Analyse in Fahrtrichtung stadtauswärts. Wie bereits in Kapitel 6.1.1 deutlich wurde, wird die Währinger Straße zwischen dem Währinger Gürtel und dem Aumannplatz als meistbefahrene Route im Kerngebiet detektiert. Dies wird durch den nahe des Querschnitts 1 liegenden Abschnitt 1 in Form der **Abb. 10.36** im Anhang untermauert, die die Anzahl der Datensätze pro Tag visualisiert. Es wird ein geringes Taxiaufkommen vor Baustellenbeginn und anschließend eine starke Zunahme durch die ausgeschilderte Baustellenumleitung erkennbar. Dieses Niveau wird bis zu Ferienbeginn gehalten, ehe es aufgrund des geringeren Taxiaufkommens – analog zum Verkehrsaufkommen – zu einem Absinken der Anzahl der Datensätze kommt. Entgegen der Beobachtung im gesamten Untersuchungsgebiet tritt im Abschnitt 1 kein spezieller Rückgang der Taxifahrten im August auf (vgl. **Abb. 6.1**). Nach Abschluss der Bauarbeiten zu Beginn der KW 36 wird die Ausgangslage wieder erreicht. Wie bereits in Kapitel 4.4 erläutert, zeigt sich, wie auch in den Folgeabbildungen, dass am Mo, 03.09. (KW 36) ein Datenausfall vorliegt.

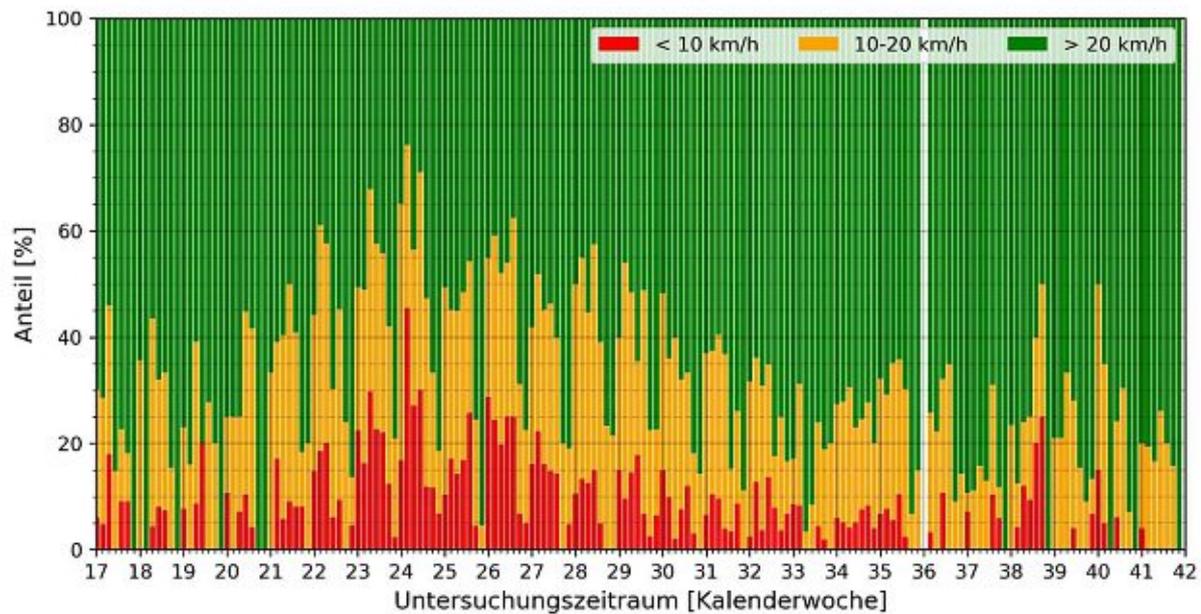


Abb. 6.7: Abschnitt 1; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr

Abb. 6.7 zeigt den Anteil der gefahrenen Geschwindigkeiten pro Tag für den Tagesverkehr (analog **Abb. 10.40** im Anhang für den Tages- und Nachtverkehr) in den bereits im Kapitel 6.2 erörterten Kategorien. Dabei wird deutlich, dass nach Baustellenbeginn in der KW 21 eine Zunahme des Anteils der beiden niedrigeren Geschwindigkeitskategorien auftritt. In den ersten beiden Wochen (KW 21 und 22) fällt diese geringer aus, da es sich um Feiertagswochen handelt. Die maximalen Anteile des Staus werden in den KW 23 und 24 erreicht, eher – trotz unveränderter Strukturen – ein flüssigerer Verkehrsfluss beobachtet werden kann. Ab der KW 27 kann der weitere Rückgang des Staus nicht in Zusammenhang mit der Lernfähigkeit der Autofahrer gesehen werden, da es sich um die erste Ferienwoche handelt und, wie bereits oben gezeigt, eine Reduktion des Taxiaufkommens eintritt. Nach Ende der Baustelle zeichnet sich ein vollständiger Rückgang des Staus auf das Ausgangsniveau ab. Die vermehrt auftretenden geringen Geschwindigkeiten in der KW 38 können vermutlich auf das am 19.09. und am 21.09. durchgeführte Straßenfest (Einzelereignis) zurückgeführt werden. Aufgrund dessen wurde die Währinger Straße im

Abschnitt zwischen dem Währinger Gürtel und dem Aumannplatz in beide Fahrtrichtungen von 12.00 bis 22.00 gesperrt (vgl. Kapitel 3.2.3.6).

Diese Beobachtungen sollen durch ein inferenzstatistisches Verfahren geprüft werden. Für die Prüfung auf Unabhängigkeit der Merkmale wird ein Chi-Quadrat-Test durchgeführt, dessen Ergebnisse am Ende des Kapitels für alle betrachteten Abschnitte in **Tab. 6.10** (Tages- und Nachtverkehr) sowie in **Tab. 10.16** (Tagesverkehr) im Anhang zusammengefasst werden. Durch das Vorliegen eines signifikanten Ergebnisses wird gezeigt, dass eine Veränderung der Anteile der Fahrzeuge in den eingeführten Geschwindigkeitskategorien (vgl. Kapitel 6.2) durch die Baustelle auftritt. Dabei erfolgt eine weitere Aggregation der Daten auf einen Zustand vor Baustellenbeginn (23.04. – 21.05.), während der Baustelle (22.05. – 01.07.) und nach Abschluss der Arbeiten (03.09. – 14.10.). Aufgrund der absoluten Betrachtungsweise werden die Ferien mit geringerem Taxiaufkommen (vgl. **Abb. 6.1**) nicht in den Test miteinbezogen, um eine Verzerrung des Ergebnisses zu verhindern. Dabei zeigt der Vergleich vor und nach Baustellenbeginn, dass in Abschnitt 1 sowohl im Tages- und Nachtverkehr als auch im Tagesverkehr signifikante Unterschiede zu beobachten sind. Sie treten unter der Gleichheitshypothese durch die überproportionale Zunahme der Kategorien < 10 km/h und 10-20 km/h auf. Die Testung, die zwischen der Stichprobe vor und nach der Baustelle durchgeführt wird, ist ausschließlich im Tagesverkehr signifikant, wobei in diesem Fall eine Abnahme des Staus auftritt und dies unabhängig von der Baustelle zu sehen ist.

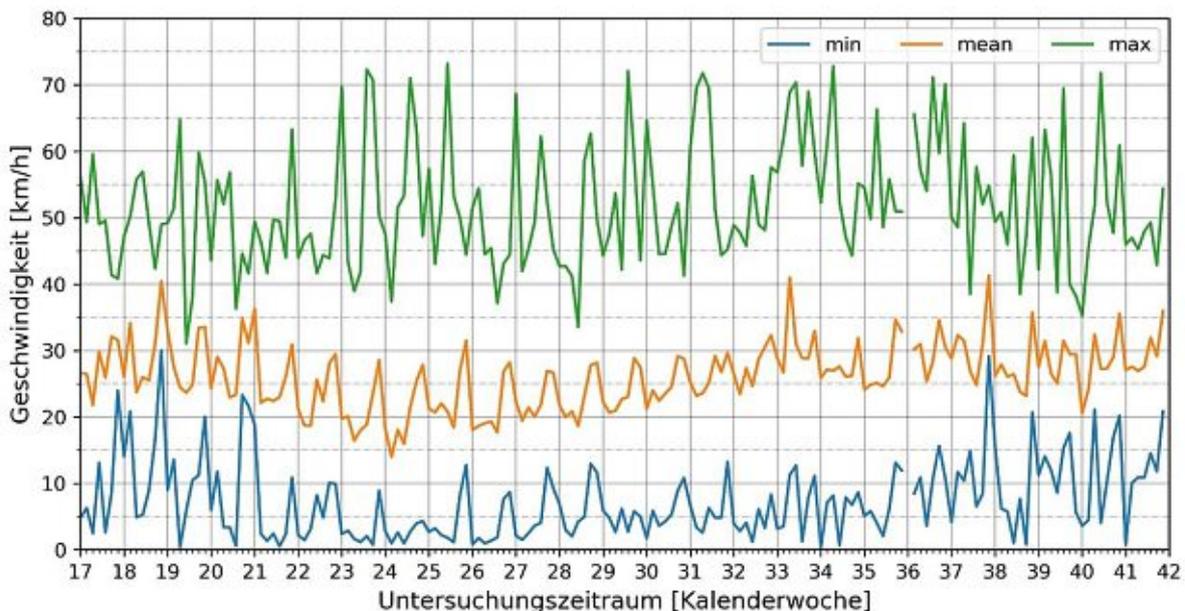


Abb. 6.8: Abschnitt 1; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

Die anschließende Betrachtung der Ganglinien in **Abb. 6.8** für den Tagesverkehr zeigt, dass sowohl die Mittelwerte (vgl. auch **Abb. 10.41** [Tages- und Nachtverkehr] im Anhang) als auch die Mediane, wie in **Abb. 10.42** im Anhang erkennbar (vgl. auch **Abb. 10.43** [Tages- und Nachtverkehr] im Anhang), ab der KW 21 gesunken sind. Jedoch wird eine erneute Zunahme der Geschwindigkeiten die KW 25 und 26 (d.h. vor Ferienbeginn) sichtbar und stimmen mit den bereits ermittelten Ergebnissen überein. Selbiges Bild ergibt die V_{85} , die ebenfalls einen Anstieg der Geschwindigkeit über die Dauer der Baustelle verzeichnet und das Ausgangsniveau bereits in den Sommerferien erreicht, obwohl ein höheres Taxiaufkommen als in der Ausgangslage vorliegt.

Im Rahmen einer Varianzanalyse erfolgt die Aggregation der Daten vor (KW 17 und 20), während (KW 23 – 26) und nach (KW 40 und 41) der Baustelle, wobei die Auswahl so gelegt wird, dass keine Feiertags- und Ferienwochen miterfasst werden. Für die Bewertung der Situation nach der Baustelle werden die beiden Wochen herangezogen, deren Taxiaufkommen dem der Wochen vor der Baustelle am meisten ähnelt. Der Kruskal-Wallis-Test liefert für den Abschnitt 1 im

Tagesverkehr ein signifikantes Ergebnis (vgl. **Tab. 10.19** im Anhang), weshalb im Anschluss als Post-hoc-Tests paarweise Vergleiche durchgeführt werden. Sie zeigen unter Einbeziehung der Bonferroni-Korrektur, dass die Geschwindigkeit während der Baustelle statistisch signifikant von den anderen beiden Gruppen abweicht (Abnahme), die sich wiederum nicht voneinander unterscheiden (vgl. **Tab. 10.20** im Anhang). Gleiches Vorgehen wird für die Auswertung der Daten an Werktagen in der Hauptverkehrszeit angewendet, bei denen ebenso eine signifikante Abweichung der Rangvarianzanalyse auftritt (vgl. **Tab. 10.19** im Anhang). Die anschließenden paarweisen Vergleiche (vgl. **Tab. 10.21** im Anhang) zeigen eine signifikante Abnahme der Geschwindigkeiten während der Bauphase und eine Beschleunigung des Verkehrs nach Abschluss der Bauarbeiten im Vergleich zu der Verkehrssituation vor der Baustelle.

In weiterer Folge soll überprüft werden, ob es während der Baustellenphase (exkl. Ferienwochen) zu einer Veränderung der Geschwindigkeit kommt. Hierfür werden die sechs Wochen, die von der Verkehrseinschränkungen betroffen sind, im Rahmen einer Rangvarianzanalyse miteinander verglichen und im anschließenden paarweisen Vergleichen ausgewertet. Dies ermöglichte die Erfassung einer Geschwindigkeitserhöhung, die den zu untersuchenden Lerneffekt (vgl. Kapitel 1.2) der Verkehrsteilnehmer widerspiegeln könnte. Im Tagesverkehr zeigt sich für den Abschnitt 1 ein signifikanter Kruskal-Wallis-Test (vgl. **Tab. 10.26** im Anhang), wobei in weiterer Folge der Post-hoc-Tests (vgl. **Tab. 10.27** im Anhang) die KW 21, 22 (Feiertagswochen) und 25 deutlich von den übrigen Wochen abweichen. Relevant erscheint in diesem Zusammenhang ausschließlich letztere, in der eine Geschwindigkeitszunahme trotz gleicher Verkehrsverhältnisse detektiert werden kann. Bei Untersuchung der ebenfalls für Hauptverkehrszeiten an Werktagen signifikanten Rangvarianzanalyse (vgl. **Tab. 10.26** im Anhang) im Rahmen der paarweisen Vergleiche (vgl. **Tab. 10.28** im Anhang) wird die Abweichung der KW 21 (Feiertagswoche) von den übrigen Baustellenwochen sichtbar. Die Verbesserung der Situation in KW 25 relativiert sich ebenso, da sie nur von KW 24 statistisch signifikant abweicht. Dies ermöglicht die Schlussfolgerung, dass im Zuge der Baustellenphase keine systematische Erhöhung der Geschwindigkeit vorliegt.

6.2.1.2 Abschnitt 2: Gentzgasse zwischen Türkenschanzstraße und Köhlergasse

Andere Bedingungen werden im Abschnitt 2 vorgefunden, da die Gentzgasse im Bereich zwischen dem Aumannplatz und der Gersthofer Straße von den Taxifahrern als Hauptroute in Fahrtrichtung stadtauswärts angesehen wird (vgl. Kapitel 6.1.3). Daher kommt es, absolut betrachtet, zu einer sehr geringen Zunahme der Datensätze, wie sich in **Abb. 10.44** und **Abb. 10.45** im Anhang widerspiegelt. Nichtsdestotrotz wird ein signifikanter Anstieg der Kategorien < 10 km/h und 10-20 km/h festgestellt, die auf vermehrten Stau hindeuten. Auch über das Baustellende hinaus kann in **Tab. 6.10** sowie in **Tab. 10.16** im Anhang eine signifikante Zunahme des Staus im Vergleich zu den Anteilen der Geschwindigkeitsbereiche vor Baustellenbeginn entnommen werden. Jedoch lassen **Abb. 10.48** und **Abb. 10.49** im Anhang vermuten, dass die Änderungen aufgrund der KW 36 und 37 auftreten, in denen öffentlich nicht bekannte Restarbeiten durchgeführt wurden oder sich die Taxifahrer erst auf die veränderte Verkehrssituation einstellen mussten. Dies kann rechnerisch bestätigt werden, da bei Vergleich der KW 38 bis 41 mit dem Zustand vor der Baustelle keine Signifikanzen vorliegen (Tages- und Nachtverkehr: $\chi^2 = 1,054$; P-Wert = 0,590 / Tagesverkehr: $\chi^2 = 1,025$; P-Wert = 0,599). In diesem Zusammenhang ist allerdings zu beachten, dass die Kategorie > 20 km/h vor Baustellenbeginn sowohl im Tages- und Nachtverkehr als auch im Tagesverkehr einen Anteil von mehr als 95 % einnimmt und es daher sehr rasch zu signifikanten Ergebnissen kommt. Selbst während der Baustelle treten kaum Fälle mit einer Geschwindigkeit von weniger als 10 km/h auf und sie machen mit der Kategorie 10-20 km/h immer einen kleineren Anteil als 25 % im Tages- und Nachtverkehr (< 30 % im Tagesverkehr) aus.

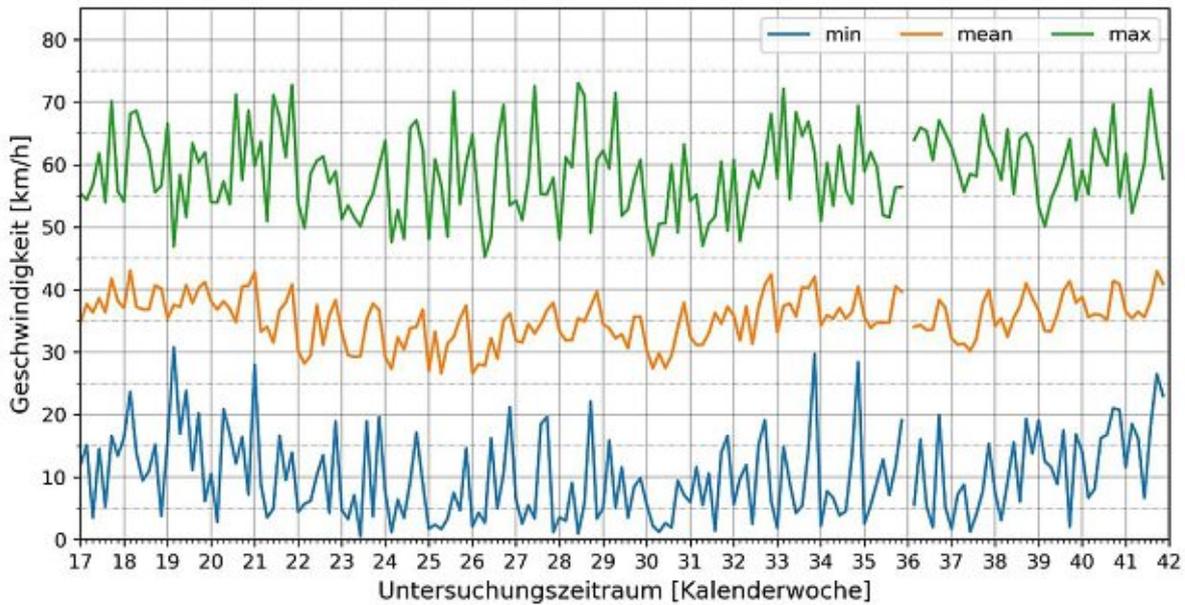


Abb. 6.9: Abschnitt 2; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

Im Kontrast zur Anzahl der Datensätze pro Tag, bei der während der Bauphase keine signifikante Zunahme auftritt, stehen in diesem Abschnitt die Geschwindigkeitsganglinien. Sie zeigen zu Baustellenbeginn einen Rückgang des Mittelwerts (vgl. **Abb. 6.9** und auch **Abb. 10.41** im Anhang) und des Medians (vgl. **Abb. 10.51** und **Abb. 10.52** im Anhang). Ein interessanter Aspekt ist bei der Betrachtung der **Abb. 6.9**, der sich auch bei anderen Abschnitten beobachten lässt, dass die Durchschnittsgeschwindigkeit im Laufe mancher Wochen zunimmt.

Die Rangvarianzanalyse, die einen Vergleich zwischen den Geschwindigkeiten vor, während und nach der Baustelle ermöglicht, zeigt eine signifikante Veränderung im Abschnitt 2 sowohl im Tagesverkehr, als auch in der werktäglichen Hauptverkehrszeit (vgl. **Tab. 10.19** im Anhang). Für beide Analysen zeigen die Post-hoc-Tests (**Tab. 10.20** [Tagesverkehr]; **Tab. 10.21** [Hauptverkehrszeit] im Anhang), dass die Geschwindigkeit während der Baustelle signifikant abnimmt, wohingegen vor und nach der Baustelle kein Unterschied festgestellt werden kann.

Im Rahmen des Vergleichs der KW 21 bis 26 während der Bauphase ergeben sich signifikante Änderungen der Geschwindigkeit im Tagesverkehr und in der Hauptverkehrszeit (vgl. **Tab. 10.26** im Anhang). Für ersteres Ergebnis erweist sich vor allem KW 21 (Feiertagswoche) als relevant, da sie wegen der sehr hohen Durchschnittsgeschwindigkeit von allen übrigen Wochen abweicht (vgl. **Tab. 10.29** im Anhang). Weiters weicht KW 26 von KW 23 und 24 statistisch signifikant ab; hier liegt jedoch eine Verringerung der Durchschnittsgeschwindigkeit in KW 26 vor. Durch die homogenere Datenlage in der Hauptverkehrszeit an Werktagen zeigen sich geringere Abweichungen, sodass ausschließlich die KW 21 von KW 26 signifikant abweicht (vgl. **Tab. 10.30** im Anhang). Dies kann dadurch begründet werden, dass das Verkehrsverhalten von Feiertagswochen von Normalwochen differiert, auch wenn der Feiertag selbst nicht in die Berechnung einfließt. Aus den Ergebnissen der paarweisen Vergleiche lässt sich schlussfolgern, dass keine systematische Erhöhung der Geschwindigkeit während der Baustellenphase vorliegt.

6.2.1.3 Abschnitt 3: Währinger Straße zwischen Paulinengasse und Köhlergasse

Bei Untersuchung der Fahrtrichtung stadteinwärts liegt ein kurzer Bereich der Währinger Straße im Baustellenbereich. In Abschnitt 3 kann keine Zunahme der Datensätze beobachtet werden (vgl. **Abb. 10.53** und **Abb. 10.54** im Anhang), da er bereits vor Baustellenbeginn die stärkst befahrene Route in diese Richtung darstellt (vgl. Kapitel 6.1.3).

Die Anteile der Geschwindigkeitsbereiche in **Abb. 10.57** und **Abb. 10.58** im Anhang zeigen keine Veränderung durch die Einschränkungen der Baustelle. Signifikante Unterschiede lassen sich vor und nach der Bauphase nachweisen (vgl. **Tab. 6.10** sowie **Tab. 10.16** im Anhang), wobei dies auf die Einführung einer 30er-Zone in der KW 29 zurückgeführt werden kann. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass nicht zwingend mehr Stau auftritt, sondern lediglich die Geschwindigkeiten reduziert werden.

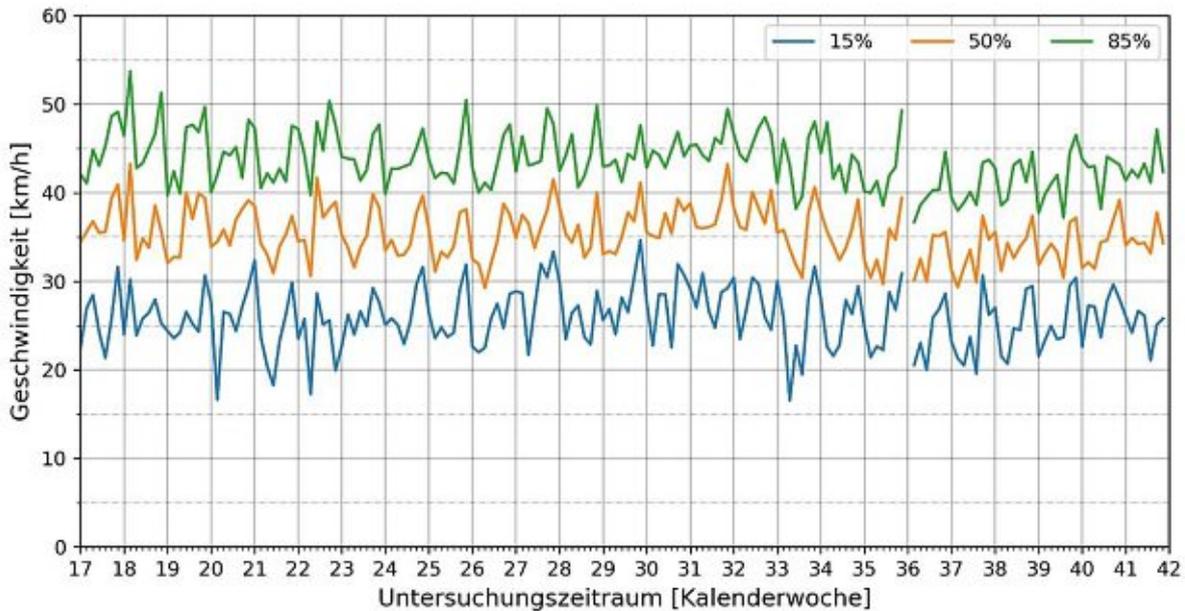


Abb. 6.10: Abschnitt 3; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

Die Geschwindigkeitsganglinien (vgl. **Abb. 6.10** sowie **Abb. 10.59** bis **Abb. 10.61** im Anhang) zeigen durch die Baustelle keine Beeinflussungen, jedoch lässt sich durch sie ein anderer Aspekt beleuchten. Durch die verkehrliche Maßnahme der Geschwindigkeitsreduktion von 50 km/h auf 30 km/h kommt es nur zu einer minimalen Reduktion der Tagesmittelwerte und Mediane. Deutlich wird die Nichteinhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit nach der Umsetzung der Maßnahme durch Betrachtung der V_{85} , die minimal 36,7 km/h (04.09.2018) beträgt. Der Rückgang der Maximalgeschwindigkeit ist auch der Datenaufbereitung (vgl. Kapitel 5.2.2) geschuldet, da die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h geändert wurde. Somit ergibt sich durch die Box-Plots ein geänderte globale Maximalgeschwindigkeit für diese Kategorie.

Im Zuge der Rangvarianzanalyse zeigen die gebildeten Gruppen (vor, während und nach der Baustelle) sowohl für den Tagesverkehr als auch für die Hauptverkehrszeit (vgl. **Tab. 10.19** im Anhang) keine Signifikanzen, wodurch die Post-hoc-Tests entfallen. Dies erscheint jedoch aufgrund der bereits diskutierten Strukturveränderung als überraschend. Im Tagesverkehr treten Geschwindigkeitsmittelwerte von 34,47 km/h (KW 17 und 20), 33,53 km/h (KW 23 – 26) und 33,09 km/h (KW 40 – 41) auf (Hauptverkehrszeit in gleicher Reihenfolge: 32,74 km/h; 31,82 km/h; 31,08 km). Demnach lässt sich die bereits im vorangehenden Absatz getroffenen Aussage inferenzstatistisch bestätigen.

Während der Baustellenphase sind beide Kruskal-Wallis-Tests (vgl. **Tab. 10.26** im Anhang) für die Untersuchungszeiträume nicht signifikant, wodurch geschlossen werden kann, dass während der Baustelle keine Veränderung der Geschwindigkeiten in diesem Abschnitt vorliegt.

6.2.1.4 Übersicht über den Baustellenbereich

| Abschnitt | vor/nach Baustellenbeginn | | vor/nach der Baustelle | |
|-----------|---------------------------|---------|------------------------|---------|
| | χ^2 | P-Wert | χ^2 | P-Wert |
| 1 | 53,758 | < 0,001 | 4,167 | 0,124 |
| 2 | 79,271 | < 0,001 | 19,447 | < 0,001 |
| 3 | 2,999 | 0,223 | 7,416 | 0,025 |

Tab. 6.10: Vergleich der Geschwindigkeitsanteile im Baustellenbereich (Chi-Quadrat-Test); 0 – 24 Uhr

Nach Abhandlung der untersuchten Straßenkanten werden die durchgeführten und bereits beschriebenen Signifikanztests zu den Anteilen der Geschwindigkeitsbereiche in **Tab. 6.10**²⁹ (Tages- und Nachtverkehr) sowie der **Tab. 10.16** (Tagesverkehr) im Anhang quantifiziert und zusammengefasst. Es zeigt sich in zwei von drei betrachteten Abschnitten (1 und 2) eine höhere Tendenz zu Staus und nach Abschluss der Arbeiten keine Veränderungen im Vergleich zu den Geschwindigkeitsanteilen vor der Baustelle³⁰.

Zur abschließenden Auswertung des Baustellenbereichs werden die drei Straßenkanten mit ihren Wochenmittelwerten der Geschwindigkeiten (exkl. Ferienwochen) gegenübergestellt, wobei die Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h auf 30 km/h nach den Sommerferien in Abschnitt 3 zu beachten ist.

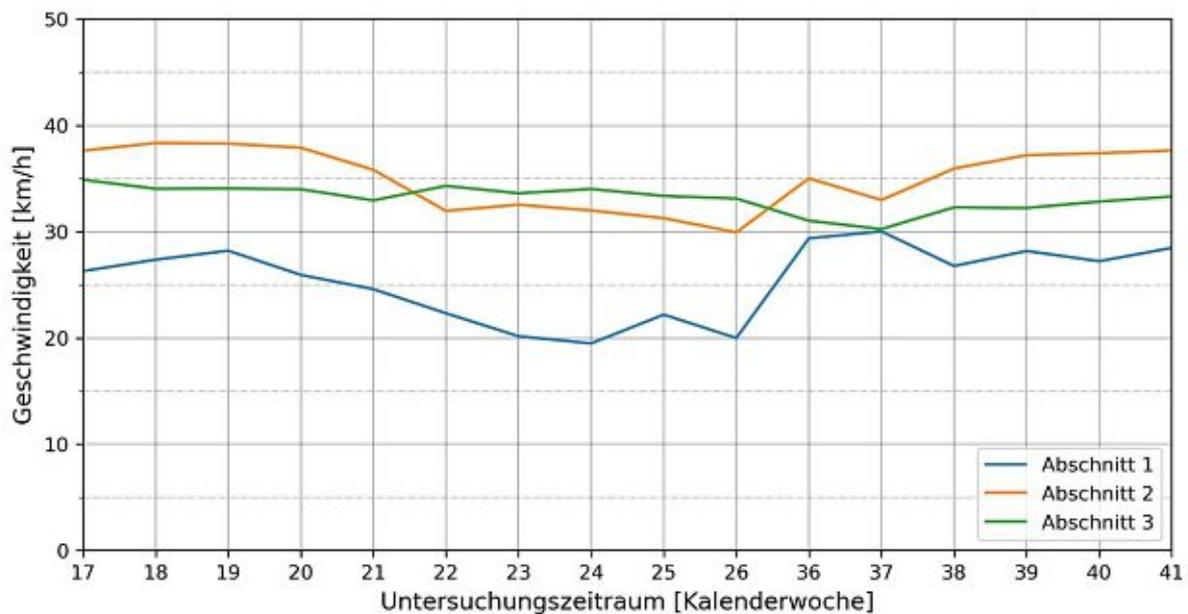


Abb. 6.11: Geschwindigkeitsmittelwerte der Wochen im Baustellenbereich; 6 – 22 Uhr

In **Abb. 6.11** wird für den Tagesverkehr die bereits in Gruppen gezeigte Geschwindigkeitsreduktion in Abschnitt 1 und 2 während der Baustellenphase deutlich. Eine weitere Rangvarianzanalyse für die gezeigten Wochen innerhalb jedes Abschnitts (vgl. **Tab. 10.33** im Anhang) zeigt signifikante Änderungen in allen drei Straßenkanten, wobei dies im Rahmen von Post-hoc-Tests auf die Feiertagswochen zurückgeführt werden kann. Jene werden mittels paarweiser Vergleiche über den Zeitverlauf (Wochenvergleich: n mit n+1) durchgeführt, um die Auswirkungen zu quantifizieren. Dabei wird deutlich, dass Abschnitt 1 von der Baustelle am meisten betroffen ist, wodurch die Unterschiede während der Baustellendauer meist statistisch signifikant sind (vgl.

²⁹ Die Kennzeichnung signifikanter Ergebnisse erfolgt durch farbliche Unterlegung.

³⁰ Die Verzerrung in Abschnitt 2 wurde bereits erörtert und konnte relativiert werden.

Tab. 10.34 im Anhang), jedoch aber keine systematische Zunahme der Geschwindigkeit während der Bauphase, wie in Kapitel 1.1 angenommen, detektiert werden können. Weiters zeigen sich – so wie in den übrigen Abschnitten auch – höhere Geschwindigkeiten vor und während der Baustelle, wodurch die stetige Abnahme der Geschwindigkeit von KW 21 bis 24 erklärbar erscheint. Abschnitt 2 verhält sich insofern anders, als das Geschwindigkeitsniveau zu Baustellenbeginn signifikant abfällt, konstant niedrig bleibt und zwischen KW 26 und 36 (Fertigstellung der Arbeiten) wieder ansteigt. Abschnitt 3 zeigt in diesen paarweisen Vergleichen keine Signifikanzen.

Bei Betrachtung der Hauptverkehrszeit weisen alle drei Straßenkanten homogenere Gruppen auf, wodurch, trotz signifikanter Kruskal-Wallis-Tests (vgl. **Tab. 10.33** im Anhang), weniger paarweise Vergleiche (vgl. **Tab. 10.35** im Anhang) aussagekräftige Ergebnisse liefern. Alle Ergebnisse, die über dem Bonferroni-korrigierten Signifikanzniveau liegen (Abschnitt 1: KW 24-25 sowie KW 26-36; Abschnitt 2: KW 26-36 sowie KW 37-38), zeigen Zunahmen der Geschwindigkeiten im Wochenvergleich, die **Abb. 10.149** im Anhang zu entnehmen sind. Abschnitt 3 zeigt keine signifikanten Veränderungen im Wochenverlauf.

6.2.2 Ausweichstrecken

Die in Kapitel 6.1 durchgeführte räumliche Analyse zeigt die von den Taxifahrern genutzten Ausweichrouten, die nun auf Basis der Geschwindigkeiten untersucht werden, wofür ausschließlich die am häufigsten genutzten Ausweichstrecken herangezogen werden. So können die mutmaßlich größten Auswirkungen auf die Geschwindigkeitsverläufe analysiert werden, wobei mindestens zwei Straßenkanten pro Fahrtrichtung gewählt werden, um Ergebnisse durch Einzelbetrachtungen nicht zu verfälschen (vgl. **Abb. 6.6**):

- Abschnitt 4: Hasenauerstr. zw. Blasstraße und Gustav-Tschermak-Gasse FR stadtauswärts
- Abschnitt 5: Sternwartestraße zwischen Semperstraße und Weitlofgasse FR stadtauswärts
- Abschnitt 6: Kreuzgasse zwischen Martinstraße und Eduardgasse FR stadtauswärts
- Abschnitt 7: Gentzgasse Bereich Kutschkergasse FR stadteinwärts
- Abschnitt 8: Schulgasse zwischen Maynollogasse und Kutschkergasse FR stadteinwärts

Bei den untersuchten Straßenkanten handelt es sich – mit Ausnahme der Schulgasse (Nebenstraße; zul. Höchstgeschwindigkeit 30 km/h) – um Hauptstraßen der Kategorie A, die mit maximal 50 km/h befahren werden dürfen. In Abschnitt 5 und 7 erfolgt jedoch ab Do, 19.07. (KW 29) eine Geschwindigkeitsreduktion auf 30 km/h.

6.2.2.1 Abschnitt 4: Hasenauerstr. zw. Blasstraße und Gustav-Tschermak-Gasse

Im ersten Schritt der Analyse werden die Ausweichstrecken in Fahrtrichtung stadtauswärts herangezogen, bei der die Straßenkanten nach ihrer geographischen Lage von Nord nach Süd untersucht werden. Der Abschnitt 4 liegt somit am weitesten von der Baustelle entfernt und zeigt daher nur eine geringe Zunahme bzgl. der Anzahl der Datensätze pro Tag (vgl. **Abb. 10.62** und **Abb. 10.63** im Anhang). Durch das generell geringe Taxiaufkommen (mutmaßlich auch das gesamte Verkehrsaufkommen) treten nahezu keine kleineren Geschwindigkeiten als 20 km/h auf, was sich in **Abb. 10.66** und **Abb. 10.67** im Anhang widerspiegelt. So werden auch während der Baustelle keine Staus detektiert, wie die Chi-Quadrat-Tests für den Tagesverkehr (vgl. **Tab. 6.11**) sowie für den Tages- und Nachtverkehr (vgl. **Tab. 10.17** im Anhang) zeigt. Von der Einführung der Tempo 30 Zone im 18. Bezirk war die Hasenauerstraße zwischen Gymnasiumstraße und Gregor-Mendel-Straße nicht betroffen, da sie an der Grenze zum 19. Bezirk liegt, sodass im untersuchten Abschnitt keine geänderte zulässige Höchstgeschwindigkeit vorliegt. Dies zeigt sich ebenso in den Geschwindigkeitsganglinien (vgl. **Abb. 10.68** – **Abb. 10.71** im Anhang), sowie ebenda keine Veränderung der Geschwindigkeiten durch den baustellenbedingten Ausweichverkehr beobachtbar sind.

Inferenzstatistisch belegt werden diese Erhebungen im Rahmen der Rangvarianzanalysen mit Gruppenbildung im Tagesverkehr sowie in der Hauptverkehrszeit (vgl. **Tab. 10.19** im Anhang), bei der erstere ein signifikantes Ergebnis zeigt. Dieses tritt jedoch aufgrund des Unterschieds der Geschwindigkeiten zwischen dem Untersuchungszeitraum vor bzw. nach der Baustelle auf (vgl. **Tab. 10.22** im Anhang) und ist somit von der Baustelle unabhängig.

Ebenfalls ohne Veränderung der Geschwindigkeiten in den beiden Verkehrszeiten bleibt die Baustellenphase (vgl. **Tab. 10.26** und im Anhang).

6.2.2.2 Abschnitt 5: Sternwartestraße zwischen Semperstraße und Weitlofgasse

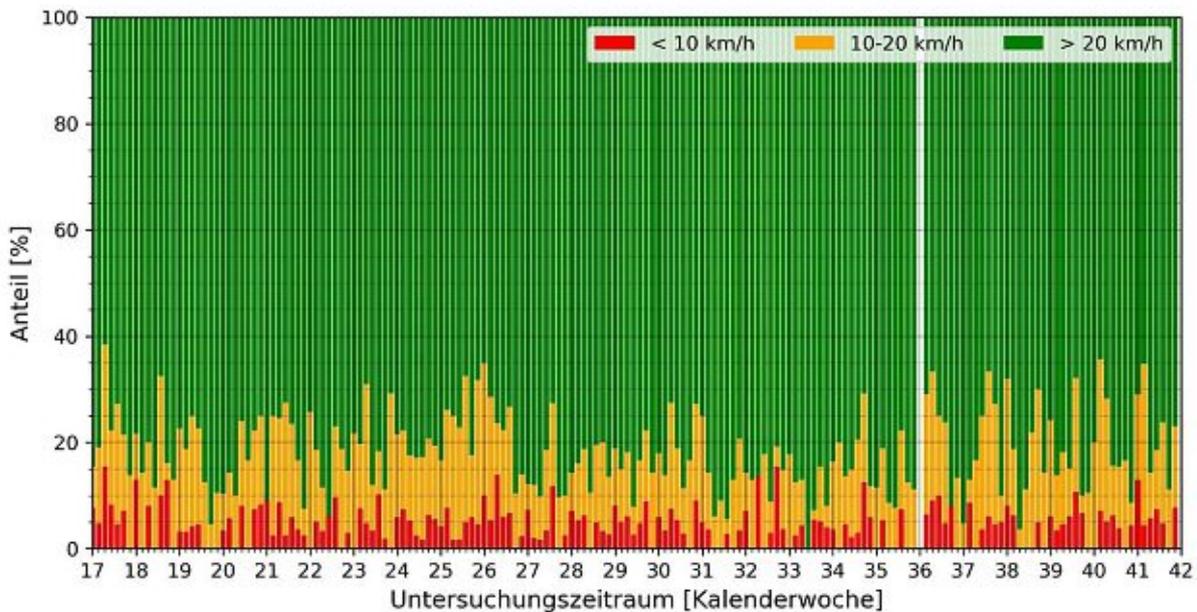


Abb. 6.12: Abschnitt 5; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr

Abschnitt 5, der in der Sternwartestraße situiert ist, zeigt eine deutliche Zunahme der Anzahl der Datensätze pro Tag ab Baustellenbeginn (vgl. **Abb. 10.72** und **Abb. 10.73** im Anhang), jedoch kann keine signifikante Veränderung der Anteile der Geschwindigkeiten trotz der Baustelle ab KW 21 und der Einführung einer Tempo 30 Zone ab KW 29 verzeichnet werden (vgl. **Tab. 6.11** sowie **Tab. 10.17** im Anhang), wie auch durch Interpretation der **Abb. 6.12** (Tagesverkehr) sowie **Abb. 10.76** (Tages- und Nachtverkehr) im Anhang hervorgeht. Allerdings lässt sich allgemein eine höhere Tendenz zu stockendem Verkehr und Stau im Vergleich zu Abschnitt 4 feststellen, was durch das höhere Taxiaufkommen begründet werden kann. Der Rückgang der Anteile mit geringerer Geschwindigkeit während der Sommermonate (KW 27 – 35) können nicht mit der Baustelle in Verbindung gebracht werden. Bei Analyse der Geschwindigkeitsganglinien zeigen Mittelwert und Median (vgl. **Abb. 10.77** – **Abb. 10.80** im Anhang) kaum Veränderungen, wobei der größte Rückgang in der KW 25 während der Bauphase auftritt. Bei Betrachtung des Wochenmittels fällt diese Änderung im Vergleich zu den übrigen Normalwochen jedoch minimal aus (vgl. **Tab. 10.31**). Auffällig erscheint hingegen der Rückgang der V_{85} im Baustellenzeitraum.

Inferenzstatistisch betrachtet sind weder im Tagesverkehr noch in der Hauptverkehrszeit (vgl. **Tab. 10.19** im Anhang) Veränderungen der Geschwindigkeitsmittel der betrachteten Gruppen zu beobachten, wodurch kein Einfluss der Baustelle nachweisbar ist. Wie bereits bei Abschnitt 3 im Baustellenbereich zeigt sich das auch in diesem Fall beobachtete Phänomen, dass trotz Einführung einer 30er-Zone keine signifikante Reduktion der Geschwindigkeitsmittel bei Vergleich der Werte vor und nach der Baustelle auftritt.

Bei der Fragestellung, ob Veränderungen während der Baustellenphase erkennbar sind, zeigt sich ausschließlich der Tagesverkehr als statistisch signifikant (vgl. **Tab. 10.26** im Anhang). Die

detaillierte Analyse zeigt jedoch, dass es sich um einen einzigen signifikanten paarweisen Vergleich (vgl. **Tab. 10.31** im Anhang) handelt, der zwischen einer Feiertagswoche (KW 22) und einer Normalwoche (KW 25) auftritt; dieser kann durch das veränderte Verkehrsaufkommen in der Feiertagswoche als nicht relevant bewertet werden.

6.2.2.3 Abschnitt 6: Kreuzgasse zwischen Martinstraße und Eduardgasse

Südlich der Baustelle kann ausschließlich die Kreuzgasse, die Abschnitt 6 beinhaltet, als Ausweichstrecke in Fahrtrichtung stadtauswärts nachgewiesen werden. Auch auf der Betrachtung auf Tagesebene wird die Zunahme der Datensätze und daher implizit der Taxifahrten erkennbar (vgl. **Abb. 10.81** und **Abb. 10.82** im Anhang). Die beobachteten Anteile der Geschwindigkeiten weisen keine Veränderungen durch die Baustelle auf (vgl. **Abb. 10.85** und **Abb. 10.86** im Anhang), wie sich auch in den Hypothesentests niederschlägt (vgl. **Tab. 6.11** sowie **Tab. 10.17** im Anhang). Auffällig ist jedoch der allgemein sehr hohe Anteil der Kategorien < 10 km/h und 10-20 km/h. Die Geschwindigkeitsganglinien (vgl. **Abb. 10.87** bis **Abb. 10.90** im Anhang) zeigen, wie die in bereits zuvor beschriebenen Ausweichstrecken, keine Geschwindigkeitsabnahme im Baustellenzeitraum in den Normalwochen. Ausschließlich in den Schulferien (KW 27 – 35) werden Steigerungen des Mittelwerts und des Medians erkennbar, wobei diese durch die geänderten Verkehrsbedingungen auftreten und nicht im Zusammenhang mit der Baustelle gebracht werden können.

Inferenzstatistisch betrachtet ist die Kreuzgasse in ihren Geschwindigkeitsverläufen sowohl im Vergleich während der Bauphase mit den Zeiträumen vor und nach der Baustelle (vgl. **Tab. 10.19** im Anhang), als auch im Wochenvergleich während der Verkehrseinschränkung (vgl. **Tab. 10.26** im Anhang) völlig unbeeinflusst von den Bauarbeiten.

6.2.2.4 Abschnitt 7: Gentsgasse Bereich Kutschergasse

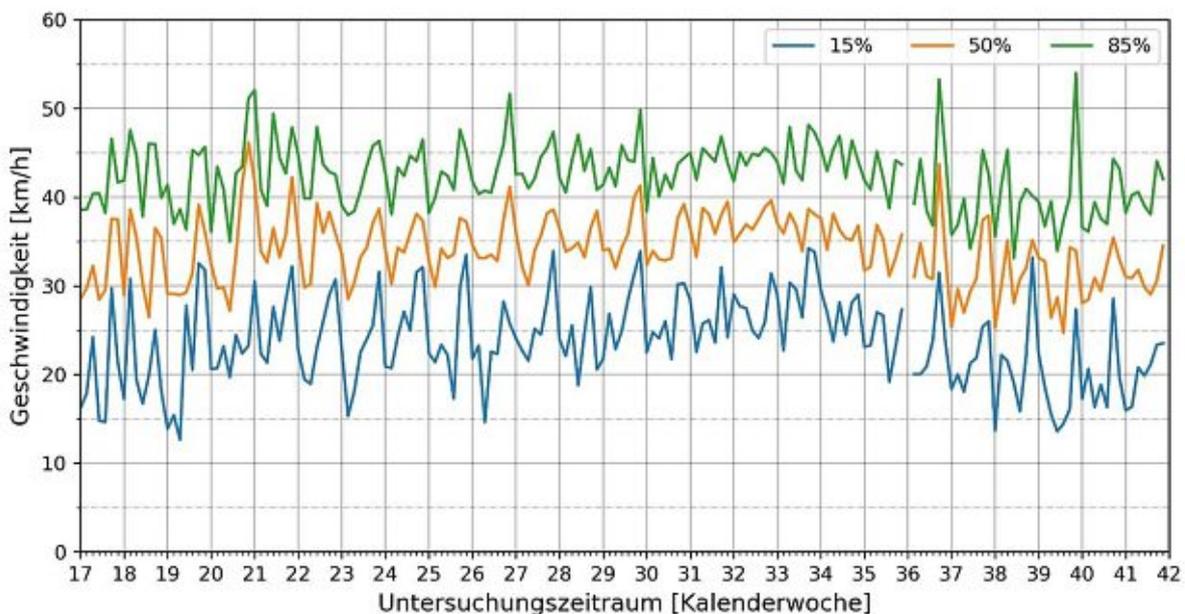


Abb. 6.13: Abschnitt 7; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

In Fahrtrichtung stadteinwärts werden die beiden stärksten Ausweichstrecken untersucht. Bei der nördlichen Umfahrung handelt es sich um die Gentsgasse (Abschnitt 7). Trotz des implizit, durch die Erhöhung der Datensätze, steigenden Taxiaufkommens (vgl. **Abb. 10.91** und **Abb. 10.92** im Anhang) kann während der Baustellenphase (bezogen auf KW 21 – 26) eine signifikante Zunahme der Kategorie > 20 km/h in den betrachteten Anteilen der Geschwindigkeiten sowohl im Tages- und Nachtverkehr (vgl. **Tab. 10.17** im Anhang) als auch im Tagesverkehr (vgl. **Tab.**

6.11) berechnet werden, wie in weiterer Folge **Abb. 10.95** und **Abb. 10.96** im Anhang visualisieren. Der Anteil des stockenden Verkehrs nimmt dementsprechend ab, da die Anteile der Kategorie < 10 km/h konstant bleiben. Darüber hinaus kann kein Rückgang in den Durchschnittsgeschwindigkeiten (vgl. **Abb. 6.13** sowie **Abb. 10.97** bis **Abb. 10.99** im Anhang) während der Baustelle beobachtet werden. Erst nach Abschluss der Arbeiten ab der KW 36 ist ein Rückgang zu erkennen, der mit der Einführung der 30er Zone ab Do, 19.07. (KW 29) in Zusammenhang gebracht werden kann. **Abb. 6.13** macht in weiterer Folge deutlich, dass die Einhaltung der neuen Höchstgeschwindigkeit nur bedingt gewährleistet wird, da die V_{85} kaum zurückgeht und daher deutlich über 30 km/h liegt.

Die inferenzstatistischen Analysen der Geschwindigkeitsmittel in den Gruppen vor, während und nach der Baustelle im Tagesverkehr und in der Hauptverkehrszeit (vgl. die jeweils signifikanten Ergebnisse in **Tab. 10.19** im Anhang) zeigen, dass in beiden Verkehrszeiten die Geschwindigkeiten während der Baustelle – im Gegensatz zur Erwartung aufgrund der bereits ausgewerteten Straßenkanten – zunehmen (vgl. **Tab. 10.22** und **Tab. 10.23** im Anhang). Die Vergleiche zwischen den Untersuchungszeitspannen vor und nach der Baustelle ergeben keine Veränderungen. Dies sei auch hier hervorgehoben, da ein weiteres Mal (wie in Abschnitt 3 und 5) eine systematisch überhöhte Geschwindigkeit beobachtet werden kann, die sich inferenzstatistisch belegen lässt.

Im Rahmen der Rangvarianzanalysen der Wochen während der Baustellenphase können keine signifikanten Veränderungen beobachtet werden (vgl. **Tab. 10.26** im Anhang).

6.2.2.5 Abschnitt 8: Schulgasse zwischen Maynollogasse und Kutschkergasse

Abschnitt 8 befindet sich in der Schulgasse, die ab Baustellenbeginn (KW 21) bis Umsetzung der Fußgängerzone in der KW 28 auch auf Tagesebene eine Zunahme der Anzahl der Datensätze zeigt (vgl. **Abb. 10.100** und **Abb. 10.101** im Anhang). Im Gegensatz zur Gentzgasse (Abschnitt 7) liegen auf dieser Straßenkante bereits vor Baustellenbeginn viele Geschwindigkeitsanteile < 20 km/h vor, was mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h zusammenhängen dürfte. Jedoch kommt es während der Bauphase (bezogen auf KW 21 – 26) zu einer Zunahme des stockenden Verkehrs und des Staus, wie sich in **Abb. 10.104** und **Abb. 10.105** im Anhang niederschlägt und im Rahmen von Signifikanztests für den Tages- und Nachtverkehr (vgl. **Tab. 10.17** im Anhang) sowie für den Tagesverkehr (vgl. **Tab. 6.11**) bestätigen lässt. In dieser Beziehung seien die ab KW 21 leicht reduzierten Durchschnittsgeschwindigkeiten erwähnt, die jedoch im Laufe der Baustelle – wie auch in anderen untersuchten Straßenkanten – keine Erhöhung erkennbar werden lassen (vgl. **Abb. 10.106** bis **Abb. 10.109** im Anhang), was sich inferenzstatistisch untermauern lässt (vgl. **Tab. 10.26** im Anhang). Weder im Tagesverkehr noch in der Hauptverkehrszeit können im Baustellenverlauf Veränderungen der mittleren Geschwindigkeiten beobachtet werden.

Als statistisch signifikant angesehen werden kann jedoch der Rückgang der Geschwindigkeit nach Baustellenbeginn, wie sich in den beiden, an die Rangvarianzanalysen (vgl. **Tab. 10.19** im Anhang) angeschlossenen Post-hoc-Tests (vgl. **Tab. 10.22** und **Tab. 10.23** im Anhang) während beider statistisch geprüfter Verkehrszeiten zeigt. Anders als in den bisher gezeigten Straßenkanten steigen in der Schulgasse die Geschwindigkeiten beider Verkehrszeiten nach Abschluss der Arbeiten nicht auf das Ursprungsniveau an (signifikantes Ergebnis des paarweisen Vergleichs), was mit den Verkehrsberuhigungsmaßnahmen (vgl. Kapitel 3.2.3.6) in diesem Abschnitt in Verbindung gebracht werden könnte.

6.2.2.6 Übersicht über die Ausweichstrecken

| Abschnitt | vor/nach Baustellenbeginn | | vor/nach der Baustelle | |
|-----------|---------------------------|---------|------------------------|--------|
| | χ^2 | P-Wert | χ^2 | P-Wert |
| 4 | 2,712 | 0,258 | 0,467 | 0,792 |
| 5 | 2,943 | 0,230 | 0,025 | 0,988 |
| 6 | 1,647 | 0,439 | 0,367 | 0,832 |
| 7 | 17,636 | < 0,001 | 1,005 | 0,605 |
| 8 | 10,446 | 0,005 | 4,307 | 0,116 |

Tab. 6.11: Vergleich der Geschwindigkeitsanteile der Ausweichstrecken (Chi-Quadrat-Test); 6 – 22 Uhr

Zusammenfassend wird in **Tab. 6.11**³¹ (Tagesverkehr) sowie in **Tab. 10.17** (Tages- und Nachtverkehr) im Anhang deutlich, dass auf Ausweichrouten in Fahrtrichtung stadtauswärts keine signifikanten Änderungen durch die Baustelle auftreten. Der größte Anteil an stadtauswärts fahrenden Taxis ist jedoch direkt im Baustellenbereich (Abschnitt 1) zu beobachten (vgl. Kapitel 6.2.1).

Stadteinwärts kommt es geographisch bedingt zu einer Aufteilung der sonst über die Währinger Straße abgewickelten Fahrten auf die Gentzgasse (Abschnitt 7) und die Schulgasse (Abschnitt 8), wobei es ausschließlich in der Schulgasse zu einer signifikanten Zunahme des Staus während der Baustelle kommt. Hingegen ist in der Gentzgasse der Verkehr während der Baustelle flüssiger als davor. In diesem Zusammenhang erwähnenswert erscheint, dass auf dieser Straße kein signifikanter Unterschied vor und nach der Baustelle vorliegt, obwohl die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 auf 30 km/h gesenkt wurde.

Daraus kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die größte Auswirkung sehr nahe im Baustellenumfeld zu beobachten ist und nicht zwingend mehr Stau auf den Ausweichrouten auftreten muss.

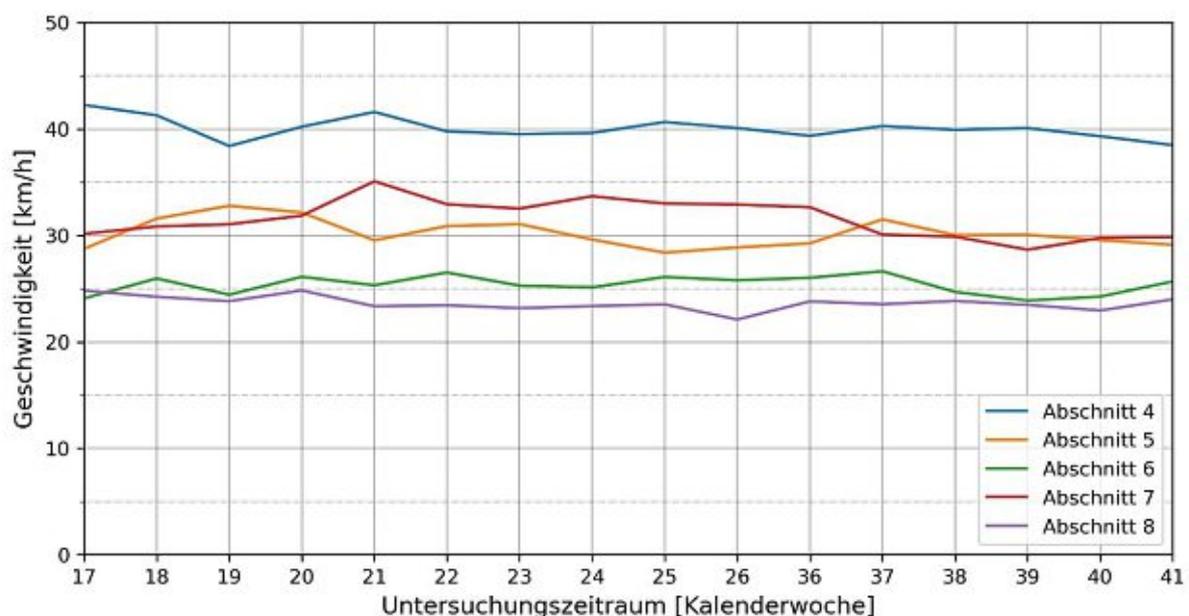


Abb. 6.14: Geschwindigkeitsmittelwerte der Wochen auf Ausweichstrecken; 6 – 22 Uhr

Wie auch schon bei der Auswertung der einzelnen Abschnitte auf den Ausweichstrecken zeigt sich in **Abb. 6.14**, die die Geschwindigkeitsmittelwerte der untersuchten Kalenderwochen im Tagesverkehr veranschaulicht, dass äußerst geringe Änderungen im Zeitraum der Baustelle

³¹ Die Kennzeichnung signifikanter Ergebnisse erfolgt durch farbliche Unterlegung.

aufzutreten. Im Rahmen einer diesbezüglich durchgeführten Rangvarianzanalyse im Tagesverkehr (vgl. **Tab. 10.33** im Anhang) liefern Abschnitt 4, 5, 7 und 8 Wahrscheinlichkeiten unter dem Signifikanzniveau, jedoch zeigen die wochenweise über den Zeitverlauf durchgeführten paarweisen Vergleiche nur eine signifikante Veränderung zwischen KW 20 (Normalwoche) und KW 21 (Feiertagswoche) in Abschnitt 7 (vgl. **Tab. 10.36** im Anhang). Ein ebenso für die Hauptverkehrszeit durchgeführter Kruskal-Wallis-Test (vgl. **Tab. 10.33** im Anhang) liefert in den Abschnitten 5 und 7 signifikante Änderungen über den Wochenverlauf, allerdings weisen die durchgeführten Post-hoc-Tests (vgl. **Tab. 10.37** im Anhang) keine über den Zufall hinaus gehenden Geschwindigkeitsunterschiede auf. Veranschaulicht werden die Ergebnisse durch **Abb. 10.150** im Anhang, die die Wochenmittelwerte der Geschwindigkeit auf den Ausweichstrecken zeigt.

6.2.3 Zulaufstrecken

Der letzte betrachtete Abschnittstyp befasst sich mit Zulaufstraßen, wobei alle geographisch möglichen Zufahrtsrichtungen zur Baustelle erfasst werden sollen. Diese Betrachtung wird erforderlich, da die Möglichkeit besteht, dass im Baustellenbereich kein Stau vorliegt, jedoch der Zulauf aufgrund der Kapazitätseinschränkung gestört wird. Östlich der Währinger Straße wird dafür der Währinger Gürtel in beide Fahrtrichtungen analysiert, westlich wird die Gersthofer Straße in Fahrtrichtung Norden herangezogen. Aufgrund der Gegebenheiten der Verkehrsbeeinflussung (Straßenkanten, die unmittelbar zwischen Verkehrslichtsignalanlagen liegen), kann eine seriöse Untersuchung in die entgegengesetzte Richtung nicht gewährleistet werden, da die Erhebung der Geschwindigkeiten durch die Steuerung der Verkehrslichtsignalanlage beeinflusst werden könnte. Außerdem liegen nördlich der Währinger Straße zwei getrennte Richtungsfahrbahnen vor, die aufgrund der Datenlage keine Zuordnung der Fahrzeuge auf die jeweilige Fahrspur zulassen. Somit könnte nicht unterschieden werden, auf welcher Fahrspur die Staus auftreten und diese nicht in direkten Zusammenhang mit der Baustelle gebracht werden. Folglich stellen drei Straßenkanten direkte Zuläufe zur Baustelle dar. Darüber hinaus wird ein Zulauf zu einer häufig gewählten Umleitungsrouten untersucht. Für die Analyse werden folgende Straßenkanten ausgewählt (vgl. **Abb. 6.6**):

- Abschnitt 9: Währinger Gürtel zwischen Gentzgasse und Krütznergasse FR Süden
- Abschnitt 10: Währinger Gürtel zwischen Severingasse und Klammerngasse FR Norden
- Abschnitt 11: Gersthofer Straße zwischen Scheidlstraße und Schindlergasse FR Norden
- Abschnitt 12: Währinger Gürtel zwischen Säulengasse und Canisiusgasse FR Norden

Hierbei handelt es sich um Straßenkanten mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h über die gesamte Dauer der Untersuchung, wohingegen sie sich durch die Straßenkategorien unterscheiden. Der Währinger Gürtel wird als Hauptstraße B geführt, die Gersthofer Straße der Kategorie Hauptstraße A zugeordnet.

6.2.3.1 Abschnitt 9: Währinger Gürtel zwischen Gentzgasse und Krütznergasse

In Fahrtrichtung Süden erfolgt ausschließlich die Betrachtung des Abschnitts 9, der vor der Abbiegemöglichkeit zur Äußeren Währinger Straße situiert ist. Trotz des bereits vorab hohen Taxiaufkommens ist eine Zunahme der Datensätze in der Bauphase auf Tagesniveau zu beobachten (vgl. **Abb. 10.110** und **Abb. 10.111** im Anhang). Dies kann damit begründet werden, dass üblicher Weise die Gentzgasse stadtauswärts befahren wird und somit die Fahrzeuge den Währinger Gürtel bereits früher verlassen. Für die Interpretation während der Ferienwochen (KW 27 – 35) ist die Wanderbaustelle von 03.07. bis 31.08. auf dem Äußeren Gürtel im Zuge von Fahrbahnsanierungen (vgl. Kapitel 3.2.3.2) zu beachten, wobei der Fokus der Auswertung aufgrund des geänderten Verkehrsaufkommens nicht auf diesem Zeitraum liegt.

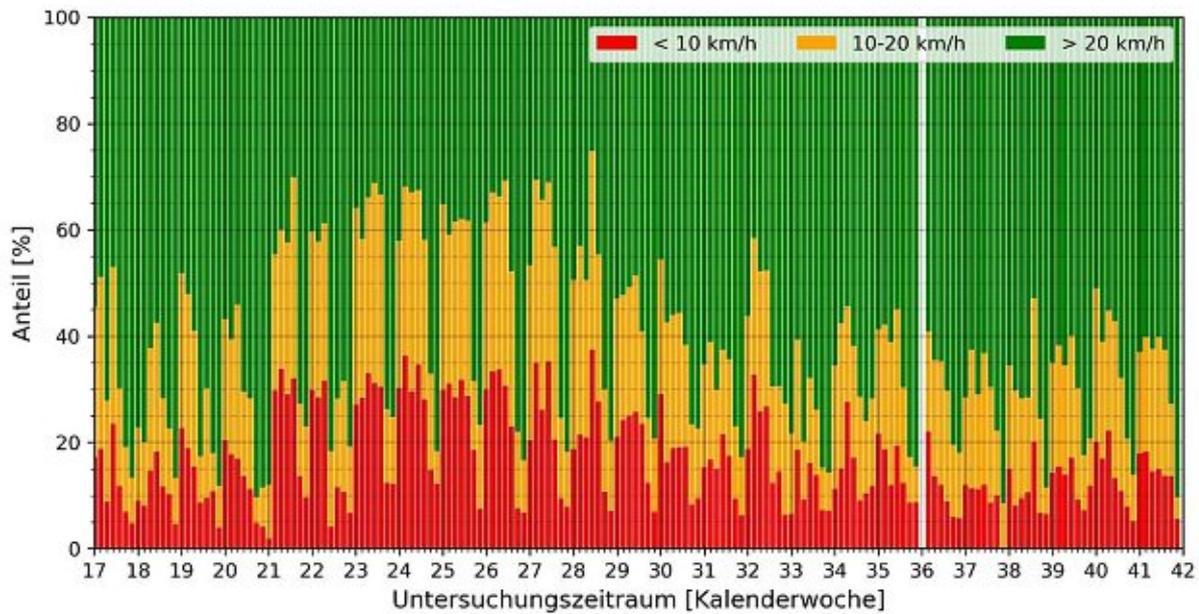


Abb. 6.15: Abschnitt 9; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr

In **Abb. 6.15** sowie in **Abb. 10.114** im Anhang zeigt sich, dass es zu Baustellenbeginn zu einer deutlichen Zunahme der langsamen Geschwindigkeitsanteile im Vergleich zu den KW 17 bis 20 unter Konstanthaltung bis zu den Ferien kommt. Inferenzstatistisch belegt wird diese Analyse durch **Tab. 6.12** sowie **Tab. 10.18** im Anhang, die sowohl für die Betrachtung des Tages- und Nachtverkehrs als auch für den Tagesverkehr eine signifikante Zunahme der Kategorien < 10 km/h und 10-20 km/h in der Bauphase im Vergleich zur Ausgangslage liefern. Ähnliche Analyseergebnisse können aus **Abb. 10.115** bis **Abb. 10.118** im Anhang entnommen werden, die unter anderem die Durchschnittsgeschwindigkeiten (Mittelwert und Median) sowie die V_{85} visualisieren. Alle drei Kenngrößen bilden einen Abfall zu Baustellenbeginn ab und es kommt zu keiner Verbesserung der Situation im Zeitraum der KW 21 bis 26. Dazu beitragen könnte die naheliegende Verkehrslichtsignalanlage Ecke Währinger Gürtel/Währinger Straße; allerdings kann aufgrund der in den FC-Daten vorliegenden Straßenkanten kein Abschnitt mit einer größeren Distanz zu jener gewählt werden (vgl. **Abb. 6.6**).

Im Rahmen der inferenzstatistischen Untersuchung der Geschwindigkeiten ergeben sich für die Straßenkante signifikante Änderungen bei Vergleich der Verkehrssituation vor, während und nach der Baustelle (vgl. **Tab. 10.19** im Anhang). Beide Verkehrszeiträume zeigen einen Rückgang der Durchschnittsgeschwindigkeiten während der Bauphase, die sich als statistisch signifikant erweisen (vgl. **Tab. 10.24** und **Tab. 10.25** im Anhang).

Zur Analyse der Entwicklung der Geschwindigkeiten zeigt der in **Tab. 10.26** im Anhang ausgeführte Kruskal-Wallis-Test während der Baustellendauer im Tagesverkehr – im Gegensatz zur Hauptverkehrszeit – signifikante Veränderungen. Diese lassen sich durch den anschließenden Post-hoc-Test (vgl. **Tab. 10.32** im Anhang) auf KW 21 und 22 zurückführen, die aufgrund der Feiertage höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten im Wochenmittel als Normalwochen aufweisen. Somit kann das Ergebnis nicht auf die Baustelle zurückgeführt werden.

6.2.3.2 Abschnitt 10: Währinger Gürtel zwischen Severingasse und Klammnergasse

In Fahrtrichtung Norden zeigt der Währinger Gürtel keinen Anstieg der Datensätze pro Tag im Zeitraum der Baustelle (vgl. **Abb. 10.119** und **Abb. 10.120** im Anhang), sodass in **Abb. 10.124** im Anhang keine zusätzlichen Staus im Tagesverkehr beobachtet werden können; im Tages- und Nachverkehr (vgl. **Abb. 10.123** im Anhang) zeigen sich einige Spitzen in KW 23 und 24, wobei die Anteile > 10 km/h unter 20 % liegen. Über den Zeitraum von KW 21 bis 26 tritt jedoch keine statistisch signifikante Änderung im Tages- und Nachtverkehr (vgl. **Tab. 10.18** im Anhang) bzw. eine signifikante Abnahme des Staus im Tagesverkehr (vgl. **Tab. 6.12**) während der Baustelle im Vergleich zu den Referenzwerten vor Baustellenbeginn auf. Die Geschwindigkeitsverläufe weisen bei der Untersuchung der 24-Stunden Mittelwerte in der KW 23 und 24 sowohl geringere Mittelwerte, Mediane sowie 15 %-Perzentile auf (vgl. **Abb. 10.125** und **Abb. 10.127** im Anhang). Entgegen der Annahme, dass diese Geschwindigkeitsreduktionen auch im Tagesverkehr auftreten würden, ist die Straßenkante in diesem Zeitraum von der Baustelle unbeeinflusst (vgl. **Abb. 10.126** und **Abb. 10.128** im Anhang).

Als statistisch signifikant erweist sich bei Untersuchung der zeitlichen Gruppen die Zunahme der Geschwindigkeiten wohl im Tagesverkehr (vgl. **Tab. 10.24** im Anhang) als auch in der Hauptverkehrszeit (vgl. **Tab. 10.25** im Anhang) während der Baustelle, die im Rahmen von paarweisen Vergleichen durch vorab signifikante Kruskal-Wallis-Tests (vgl. **Tab. 10.19** im Anhang) durchgeführt werden. Im Verlauf der Baustellenphase treten in beiden hierfür untersuchten Verkehrszeiträumen keine statistisch signifikanten Änderungen der Geschwindigkeit auf, wie die Rangvarianzanalysen in **Tab. 10.26** im Anhang zeigen.

6.2.3.3 Abschnitt 11: Gersthofer Straße zwischen Scheidlstraße und Schindlergasse

Abschnitt 11 beschreibt den westlichen Zulauf zur Baustelle in Fahrtrichtung Norden im Bereich der Gersthofer Straße. Für die Messung problematisch erweist sich die Bus- und Taxifahrspur ab der Kreuzgassenbrücke bis zur Scheidlstraße, weshalb der Abschnitt 11 erst nahe der Kreuzung situiert wird. Es kann weder eine Veränderung der Anzahl der Datensätze (vgl. **Abb. 10.129** und **Abb. 10.130** im Anhang) noch der Anteile der Geschwindigkeiten (vgl. **Abb. 10.133** und **Abb. 10.134** im Anhang) durch die Baustelle in KW 21 bis 26 festgestellt werden, wobei Letztere mittels Signifikanztests sowohl für den Tagesverkehr als auch für die Auswertung der 24 Stunden untersucht und belegt wird (vgl. **Tab. 6.12** sowie **Tab. 10.18** im Anhang). Ein ähnliches Bild zeigen **Abb. 10.135** bis **Abb. 10.138** im Anhang, in denen keine Veränderungen der Mittelwerte und Mediane in der Bauphase im Vergleich zur Situation vor den Arbeiten zu beobachten sind.

Inferenzstatistisch lassen sich ebenso kaum Änderungen durch die Baustelle festmachen. Im Rahmen der Gruppenbildung für den Kruskal-Wallis-Test zeigt der Tagesverkehr ein signifikantes Ergebnis (vgl. **Tab. 10.19** im Anhang), wobei die paarweisen Vergleiche in **Tab. 10.24** im Anhang aufklären, dass eine Geschwindigkeitsreduktion nicht während sondern nach der Baustelle vorliegt, die das Bonferroni-korrigierte Signifikanzniveau unterschreitet.

Im Zeitraum der Baustelle liegen keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Geschwindigkeit vor (vgl. **Tab. 10.26** im Anhang).

6.2.3.4 Abschnitt 12: Währinger Gürtel zwischen Säulengasse und Canisiusgasse

Die Einzelbetrachtungen abschließend wird beispielhaft ein Zulauf zu einer häufig gewählten Ausweichroute (vgl. **Abb. 6.5**) betrachtet. Dafür erfolgt die Analyse des Währinger Gürtels in Fahrtrichtung Norden im Bereich der Canisiusgasse, der für die Befahrung der Sternwartestraße genutzt wird (Abschnitt 12). Es wird erkennbar, dass die Baustelle eine geringfügige Zunahme des Taxiaufkommens hervorruft (vgl. **Abb. 10.139** und **Abb. 10.140** im Anhang). In **Abb. 10.143** und **Abb. 10.144** im Anhang wird allerdings sichtbar, dass diese keine Veränderung der Geschwindigkeitsanteile verursacht, was sich durch nicht signifikante Chi-Quadrat-Tests (vgl. **Tab. 6.12** sowie

Tab. 10.18 im Anhang) zeigt. Einzig der Vergleich des Zeitraums vor der Baustelle mit jenem nach den Arbeiten im Tages- und Nachtverkehr erweist sich als signifikant, wobei nach den Ferienwochen ein erhöhtes Auftreten von Staus vorliegt.

Bemerkenswert sind die unterschiedlichen Verläufe des Mittelwerts und des Medians der Durchschnittsgeschwindigkeiten. Weist der Mittelwert sowohl im Tages- und Nachtverkehr als auch im Tagesverkehr keine Besonderheiten – auch nicht durch die Baustelle – auf (vgl. **Abb. 10.145** und **Abb. 10.146** im Anhang), sind im Median des Tagesverkehrs (im Gegensatz zur Betrachtung über 24 Stunden) und im 15 %-Perzentil starke wochentagsabhängige Schwankungen (vgl. **Abb. 10.147** und **Abb. 10.148** im Anhang) zu beobachten, die bereits vor Baustellenbeginn auftreten. Diese stehen im Zusammenhang mit der bimodalen Verteilung der Geschwindigkeiten im Untersuchungszeitraum, die in **Abb. 10.141** und **Abb. 10.142** im Anhang dargelegt werden. Im Laufe der Baustelle zeigt sich ein Rückgang des niedrigsten Tagesmedians bis zur KW 23, ehe eine Verbesserung der Situation eintritt.

Im Zuge der Rangvarianzanalyse der gebildeten Gruppen fällt das Ergebnis sowohl im Tagesverkehr als auch in der Hauptverkehrszeit (vgl. **Tab. 10.19** im Anhang) signifikant aus. Allerdings zeigen alle paarweisen Vergleiche des Tagesverkehrs signifikante Geschwindigkeitsänderungen (vgl. **Tab. 10.24** im Anhang). In der Bauphase kann eine Zunahme, nach Abschluss der Arbeiten eine Abnahme unter das Ausgangsniveau beobachtet werden. Dieses Ergebnis könnte den stark schwankenden Geschwindigkeiten innerhalb der Gruppen geschuldet sein, wodurch in der Hauptverkehrszeit – aufgrund der homogeneren Geschwindigkeitsverteilung – nur noch die Baustellenphase signifikant von den anderen Zeiträumen – im Sinne einer Geschwindigkeitszunahme – abweicht (vgl. **Tab. 10.25** im Anhang). Innerhalb der Bauzeit treten keine Änderungen der vorliegenden Geschwindigkeitsmittel auf, wie sich in **Tab. 10.26** im Anhang niederschlägt.

6.2.3.5 Übersicht über die Zulaufstrecken

| Abschnitt | vor/nach Baustellenbeginn | | vor/nach der Baustelle | |
|-----------|---------------------------|---------|------------------------|--------|
| | χ^2 | P-Wert | χ^2 | P-Wert |
| 9 | 523,294 | < 0,001 | 0,705 | 0,703 |
| 10 | 10,645 | 0,005 | 2,721 | 0,257 |
| 11 | 0,030 | 0,985 | 3,234 | 0,199 |
| 12 | 5,252 | 0,072 | 2,756 | 0,252 |

Tab. 6.12: Vergleich der Geschwindigkeitsanteile der Zulaufstrecken (Chi-Quadrat-Test); 6 – 22 Uhr

Die beobachteten Auswirkungen der Baustelle auf die Zuläufe werden die bereits beschriebenen Signifikanztests zu den Anteilen der Geschwindigkeitsbereiche zusammengefasst. **Tab. 6.12**³² zeigt für den Tagesverkehr (sowie **Tab. 10.18** für den Tages- und Nachtverkehr im Anhang) zwei signifikante Ergebnisse während der Baustellenphase, wobei auf dem Währinger Gürtel in Fahrtrichtung Süden eine Zunahme, jedoch in Fahrtrichtung Norden eine Abnahme des Staus und des stockenden Verkehrs festgestellt werden kann. Auf der Gersthofer Straße und dem Währinger Gürtel im Zulauf zur Sternwartestraße zeigen sich keine Veränderungen. Somit kann auch – ähnlich wie bei den Ausweichrouten keine systematische Staubildung durch die Baustelle beobachtet werden.

³² Die Kennzeichnung signifikanter Ergebnisse erfolgt durch farbliche Unterlegung.

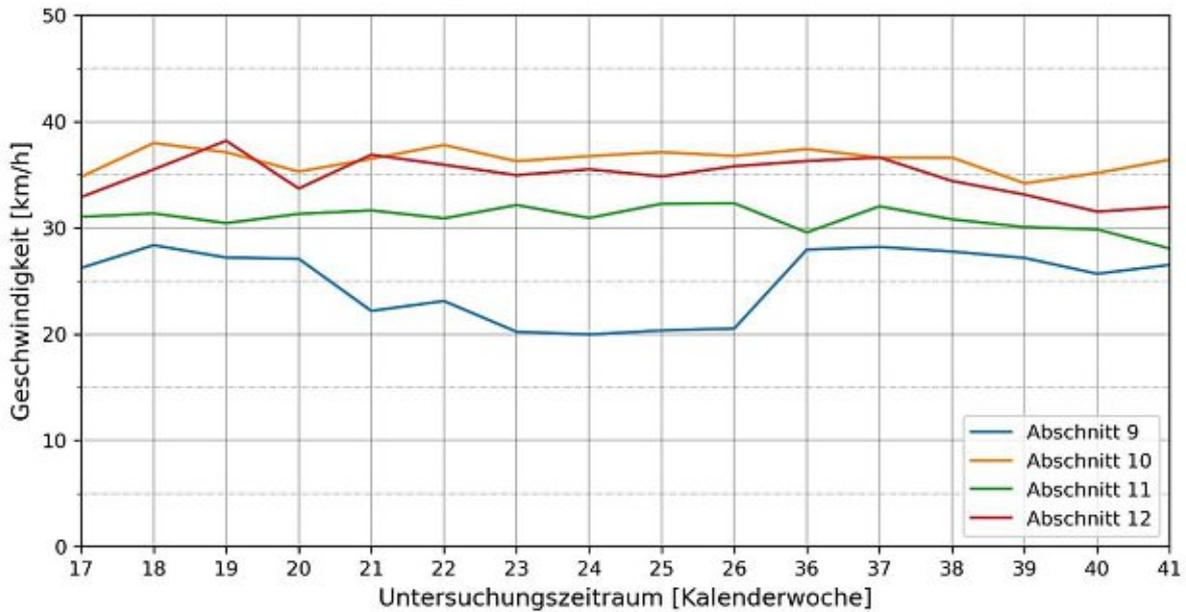


Abb. 6.16: Geschwindigkeitsmittelwerte der Wochen auf Zulaufstrecken; 6 – 22 Uhr

Zur abschließenden statistischen Bewertung der Zulaufstrecken werden die Wochenmittelwerte der Geschwindigkeiten der vier untersuchten Abschnitte des Tagesverkehrs in **Abb. 6.16** zusammengefasst. In dieser sticht Abschnitt 9 am deutlichsten hervor, bei dem ein Rückgang der Geschwindigkeiten ab Baustellenbeginn – wenn auch durch die Feiertagswochen KW 21 und 22 in einem beschränkteren Ausmaß als während der Normalwochen – zu beobachten ist; erst nach Abschluss der Arbeiten wird das Ausgangsniveau erreicht. Inferenzstatistisch betrachtet zeigen die für alle Abschnitte (9-12) durchgeführten Rangvarianzanalysen signifikante Ergebnisse (vgl. **Tab. 10.33** im Anhang). Die im Anschluss über den Zeitverlauf durchgeführten paarweisen Vergleiche in **Tab. 10.38** bestätigen die bereits beschriebenen Veränderungen durch Unterschreitung des Bonferroni-korrigierten Signifikanzniveaus³³ (KW 20-21, KW 22-23 und KW 26-36) in Abschnitt 9. Abschnitt 10 zeigt signifikante Geschwindigkeitsänderungen, die mit den Feiertagswochen 18 und 19 und nicht mit der Baustelle in Verbindung gebracht werden können (signifikant sind die Vergleich: KW 17-18 sowie KW 19-20). Eine ähnliche durch Feiertagswochen bedingte Situation tritt in Abschnitt 12 auf, wodurch die paarweisen Vergleiche der KW 18-19 und 19-20 signifikant werden. Darüber hinaus liefert der Vergleich zwischen den KW 20 und 21 das selbe Ergebnis, das jedoch ebenso nicht auf die Baustelle (trotz Baustellenbeginns in der KW 21) zurückgeführt werden kann, da die Geschwindigkeit einen Anstieg verzeichnet.

Bei Auswertung der Hauptverkehrszeit, die in **Abb. 10.151** im Anhang dargestellt wird, erweisen sich die Verteilungen der Wochen in Abschnitt 9, 10 und 12 als signifikant (vgl. **Tab. 10.33** im Anhang). Der Einfluss der Baustelle auf Abschnitt 10 und 12 lässt sich nicht weiter nachweisen, da die auftretenden signifikanten Änderungen außerhalb der Bauphase zu finden sind. Einzig in Abschnitt 9 kann der Einfluss erneut nachgewiesen werden (vgl. **Tab. 10.39** im Anhang; auftretende Signifikanzen, neben der bereits erörterten KW 17-18: KW 20-21 [Abnahme der Geschwindigkeit] und 26-36 [Zunahme selbiger]). Bei Nichtberücksichtigung der Feiertage innerhalb der Woche fällt die Geschwindigkeit in der Hauptverkehrszeit demnach bereits ab der KW 21 auf ein niedrigeres Niveau und bleibt über die Baudauer konstant.

Zusammenfassend erhärten sich aus dieser Betrachtungsweise die bereits vorangegangenen Analysen, dass nur eine einzige Zulaufstrecke durch die Baustelle, bei Betrachtung der Geschwindigkeitsmittel, beeinträchtigt wird.

³³ Darüber hinaus ist der Vergleich zwischen der KW 17 und 18 ebenfalls signifikant, jedoch handelt es sich bei KW 18 um eine Feiertagswoche, wodurch die Änderung nicht weiter relevant erscheint.

7 Diskussion und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit sollte die Nutzung von Floating-Car-Daten für die Verkehrsplanung untersucht und anhand eines konkreten Beispiels durchgeführt werden. Dabei wurde die Fragestellung von baustellenbedingten Verkehrsverlagerungen anhand einer beispielhaft ausgewählten Baustelle in Wien erörtert. Das Kapitel soll die Ergebnisse zusammenführen, die Forschungsfragen (vgl. Kapitel 1.2) beantworten und in weiterer Folge einen Ausblick für weiterführende Fragestellungen bieten.

7.1 Diskussion der Ergebnisse

Für die Auswertung der Floating-Car-Daten der Taxiflotte 31300, die vom Austrian Institute of Technology zur Verfügung gestellt wurden, erfolgte im methodischen Teil der Arbeit die Erörterung verkehrlicher Kenngrößen, die durch vorliegende Messwerte nur teilweise ermittelt werden konnten. Dabei zeigte sich die Problematik der vorliegenden „Indikator-Flotte“, da die klassischen Kenngrößen wie die Verkehrsstärke oder Verkehrsdichte aufgrund der vorliegenden Floating-Car-Daten unbekannt blieben, wodurch auch das Fundamentaldiagramm nicht angewendet werden konnte. Andere Kenngrößen, wie z. B. die Rückstaulänge, konnten aufgrund der zu geringen Taxidichte nicht in Betracht gezogen werden. Aufgrund dieser Tatsachen standen ausschließlich die Anzahl der Taxifahrten pro Straßenkante und die mittlere Reisegeschwindigkeit, die bereits vorab aus vorliegenden GPS-Koordinaten berechnet wurde, zur Verfügung. In weiterer Folge wurden diese Kenngrößen in einem vorher festgelegten Untersuchungsgebiet rund um die Baustelle der Währinger Straße im Jahr 2018 in verschiedenen Aggregationsstufen analysiert. Dabei galt es das veränderte Verkehrsverhalten der Taxifahrten zu berücksichtigen, das sich unter anderem durch eine vom motorisierten Individualverkehr abweichende Tagesganglinie des Taxiaufkommens zeigte. Dies äußerte sich beispielsweise durch schwach ausgeprägten Vormittags- und Nachmittagsspitzen, sodass auf eine Auswertung des Taxiaufkommens in der Hauptverkehrszeit verzichtet wurde. Im Anschluss an die grafische und tabellarische Auswertung der Kenngrößen wurden die Detailergebnisse durch Signifikanztests untersucht, wobei das Augenmerk auf die Zeiträume außerhalb der Sommerferien (Juli und August) gelegt wurde, da es währenddessen zu deutlich abweichenden Verkehrsverhältnissen kam.

Die Baustelle sorgte für eine temporäre Strukturänderung, da eine Einbahnregelung in der Währinger Straße und der Gutzgasse eingeführt wurde, die zu einer Kapazitätsreduktion führte. Die wochenweise Auswertung des Taxiaufkommens im gesamten Untersuchungsgebiet zu Beginn der Analyse zeigt bereits sehr deutlich, dass es zu einer Verlagerung der Fahrten in die Nachbarstraßen und die naheliegende Umgebung kommt. Großräumige Ausweichrouten, wie beispielsweise über die Hernalser Hauptstraße, können nicht beobachtet werden, wobei dies unverzüglich die Frage aufwirft, ob dies ein Spezifikum der Taxifahrer ist oder ob dies auf den motorisierten Individualverkehr umgelegt werden könnte. Bei der großen Anzahl an Baustellen jedes Jahr (vgl. Kapitel 3) erscheint es für diese Berufsgruppe schwierig, jede davon – besonders im Baustellen-sommer – großräumig zu umfahren. Detaillierte Untersuchungen zu dieser Fragestellung waren aufgrund der vorliegenden Daten jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich. Aus den Ergebnissen der „Indikator-Flotte“ lässt sich schlussfolgern, dass es ausschließlich eine räumlich sehr beschränkte Wirkung der Baustelle auf den Straßenverkehr gibt.

Aus diesen räumlichen Analysen konnte eine Einschränkung des Untersuchungsgebiets festgemacht werden, um nur noch den direkt von der Baustelle betroffenen Bereich zu untersuchen. Im nächsten Schritt wurden drei Querschnitte durch den Baustellenbereich und die anschließenden parallelen Ausweichstrecken eingeführt, um detailliertere Aussagen über mögliche Verlagerungen pro Fahrtrichtung und Untersuchungswoche treffen zu können. Die Lage dieser Schnitte ergab

sich aus neuralgischen Punkten im Baustellenbereich (wie z. B. dem Aumannplatz), an denen Änderungen im Taxiaufkommen auftraten. Die Beobachtungen zeigen in fünf von sechs Randsummen der untersuchten Straßenkanten, dass keine Änderung bei der Anzahl der Fahrten in der Bauphase feststellbar ist (in einem Fall tritt eine Zunahme während der Bauphase auf), wodurch gezeigt werden kann, dass die Fahrten vom Baustellenbereich eins zu eins in die umliegenden Straßen verlagert werden. Anschließend erfolgte eine Analyse der Straßenkanten innerhalb der Querschnitte, die die aufgetretenen Verlagerungen detailliert aufzeigen. Besonders große Auswirkungen können in der Sternwartestraße, der Gentzgasse, der Währinger Straße und der Schulgasse festgestellt werden, die nahe der Baustelle situiert sind. Auswirkungen ähnlicher Dimension lassen sich jedoch auch im Baustellenbereich selbst beobachten, da dieser als ausgeschilderte Umleitung diente. Bereits deutlich abgeschwächt durch die räumliche Distanz zur Baustelle treten die Zunahmen des Taxiaufkommens in der Hasenauerstraße, der Kreuzgasse und der Antonigasse auf. Zu beachten ist bei dieser Interpretation jedoch, dass die Anzahl der Fahrten aufgrund der Fahrtrichtungsabhängigkeit in einzelnen Straßen jeweils unterschiedliche Ergebnisse liefern können. So kommt es beispielsweise in der Kreuzgasse vor, dass sie nahezu nur in Fahrtrichtung stadtauswärts als Umleitungsrouten genutzt wird. Auf diese Art und Weise können die Umwege kurzgehalten werden, was sich auch bereits vorher in den Visualisierungen der Daten im Untersuchungsgebiet zeigt. Eine vollständige Auswertung der gesamten Fahrtroute war jedoch nicht umsetzbar, da die Floating-Car-Daten ausschließlich im Untersuchungsgebiet vorlagen und Quelle bzw. Ziel der Fahrt daher nicht in allen Fällen bekannt waren. Während der Bauphase kann keine zeitliche Entwicklung identifiziert werden, sodass die Lernfähigkeit des untersuchten Kollektivs nicht nachgewiesen werden kann. Nach Abschluss der Arbeiten kommt es zu einer Rückverlagerung der Fahrten in allen untersuchten Querschnitten; ausgenommen ist die zur Fußgängerzone umgestaltete Schulgasse (Strukturveränderung).

Somit decken sich die Untersuchungsergebnisse mit den beschriebenen, hervorgerufenen Reaktionen der Verkehrsteilnehmer durch eine Veränderung – in der konkreten Anwendung eine Reduktion – der Kapazität im Straßennetz von Kane und Behrens (2000, 6f.). Die Autoren beschreiben, dass es kurzfristig (darunter werden die ersten Monate verstanden) zu keiner Veränderung des Verkehrsaufkommens im Netzwerk kommt, sodass die Anzahl der Fahrten konstant bleibt. Diese werden daher auf naheliegende Straßen umgeleitet und zeitlich angepasst, um den Stau zu vermeiden. Zweites Phänomen kann bei der Analyse der Daten nicht identifiziert werden, da einzelne Trips mit gleicher Quelle und Ziel nicht untersucht wurden, da diese – wie bereits erwähnt – großteils unbekannt waren. Weiters beschreiben die oben genannten Autoren, dass es bei zu großen Verzögerungen durch den Kapazitätsengpass zu einer Verlagerung in Richtung des nicht motorisierten Verkehrs oder des öffentlichen Verkehrs kommen kann. In diesem Zusammenhang sind ebenso Zusammenlegungen von Reisezwecken oder die Wahl näherer Ziele möglich. Diese langfristigen Trends können im Rahmen der aktuell durchgeführten Studie nicht nachgewiesen werden, wobei dies durchaus im Zusammenhang mit der zu untersuchenden Stichprobe gesehen werden kann. Denn diese Entscheidungen von verändertem Verhalten müsste der Fahrgast vor Fahrtantritt treffen, wofür er berücksichtigen müsste, dass auf der Fahrtroute von der Quelle zum Ziel eine Baustelle für Verkehrsbehinderungen sorgen würde. Aus Fahrgastsicht wäre es jedoch widersprüchlich, sich mit Fahrtrouten auseinanderzusetzen, wenn man sich nicht darum kümmern muss. Selbst wenn diese Überlegungen stattfänden, kann eine Verlagerung speziell auf den öffentlichen Verkehr nahezu ausgeschlossen werden, da bereits vorher bewusst die Entscheidung für eine Taxifahrt³⁴ getroffen wurde. Der Taxifahrer, der für die Routenwahl verantwortlich ist, kann in dieser Situation nur noch eine Umfahrung der Baustelle erwägen. Ein anderes Verhalten würde ein Pendler an den Tag legen, der auf eine Baustelle auf seiner täglichen Route zur Arbeit gezielter – beispielsweise durch eine geänderte Verkehrsmittelwahl – reagieren kann.

³⁴ Taxis werden als „anderes Verkehrsmittel“ (vgl. Sammer et al. 2011, S. 416) betrachtet.

Anschließend wurde eine weitere Kenngröße – die Geschwindigkeit – untersucht. Durch die vorliegenden Daten handelte es sich dabei um die mittlere Reisegeschwindigkeit. Sie wurde im Baustellenbereich, den meistbefahrenen Ausweichstrecken und den ausgewählten Zulaufstrecken ausgewertet, indem zwölf Straßenkanten, die möglichst geringe Einflüsse durch Verkehrslichtsignalanlagen und Haltestellen des öffentlichen Verkehrs aufwiesen, selektiert wurden. Neben der Analyse der Geschwindigkeitsganglinien, die Tagesmittelwerte umfassten, wurden die ermittelten Einzelgeschwindigkeiten in drei Kategorien (< 10 km/h, $10-20$ km/h und > 20 km/h) zusammengefasst, um Aussagen über deren Anteile treffen zu können. Diese Diagramme wurden sowohl für den Tages- und Nachtverkehr (24 Stunden) als auch für den Tagesverkehr (6-22 Uhr) erstellt, um die verschärfte Situation untertags beurteilen zu können. Diese Geschwindigkeitsanteile wurden pro Straßenkante mittels Chi-Quadrat-Methoden auf eine mögliche Unterscheidung während der Bauphase von den Referenzzeiträumen vor und nach der Baustelle untersucht. Weiters erfolgte eine varianzanalytische Auswertung der Geschwindigkeiten mittels Kruskal-Wallis-Test, um ebendiese Veränderungen nachweisen zu können, wobei dafür die KW 17, 20 (vor), KW 23-26 (während) und 40,41 (nach) herangezogen wurden, um Veränderungen durch Feiertage hintanzuhalten sowie nach der Baustelle ein möglichst ähnliches Verkehrsaufkommen wie vor den Arbeiten untersuchen zu können. Darüber hinaus wurden die Kalenderwochen in der Bauphase (21-26) mittels paarweiser Vergleiche auf Unterschiede geprüft, falls die Rangvarianzanalyse signifikant ausfiel. Abschließend wurden die Geschwindigkeitsmittelwerte der Kalenderwochen gegenübergestellt und eine Prüfung auf Abweichungen im zeitlichen Verlauf durchgeführt. Im Rahmen dieser Rangvarianzanalyse wurden sowohl der Tagesverkehr als auch die Hauptverkehrszeit an Werktagen (Vormittags- und der Nachmittagsverkehr aggregiert) herangezogen. Zweiteres erwies sich als sinnvoll, da sie das höchste Verkehrsaufkommen aufwiesen und demnach mit den stärksten Auswirkungen zu rechnen war.

Die größten Veränderungen können im Baustellenbereich, der in Form der Abschnitte 1 bis 3 untersucht wurde, beobachtet werden. Sie weisen jedoch nicht alle dasselbe Verhalten auf, da nur in den Abschnitten 1 (Währinger Straße, stadtauswärts) und 2 (Gentzgasse, stadtauswärts) eine – im gleichen Ausmaß auftretende – Verringerung der Geschwindigkeit in der Bauphase sowohl bei der Analyse der Geschwindigkeitsanteile als auch im Rahmen der Rangvarianzanalysen festgestellt wird und nach Abschluss der Arbeiten die Geschwindigkeiten auf den Zustand vor der Baustelle oder darüber hinaus ansteigen. Dies kann für jeweils alle Untersuchungszeiträume gezeigt werden. Allerdings unterscheiden sich auch diese beiden durch das bereits vorab ermittelte Taxiaufkommen der nahegelegenen Querschnitte, das nahe Abschnitt 1 (Querschnitt 1, stadtauswärts) deutlich zunimmt, nahe Abschnitt 2 (Querschnitt 3, stadtauswärts) hingegen nahezu konstant bleibt. Dies ist durch die ausgeschilderte Umleitung bedingt, die einen Einbahnverkehr in der Währinger Straße (Abschnitt 1) vorsah, die sonst nur gering von Taxifahrern in Fahrtrichtung stadtauswärts genutzt wird. Anschließend ergibt die Prüfung der Geschwindigkeiten während der Bauphase, dass keine Veränderungen auftreten, wodurch die Lernfähigkeit des untersuchten Verkehrsteilnehmer-Kollektivs nicht nachgewiesen werden kann. Trotz der Lage des Abschnitts 3 im Baustellenbereich (Währinger Straße, stadteinwärts) zeigt sich keinerlei Einfluss der Baustelle.

In weiterer Folge wurden die Ausweichstrecken analysiert, die eine Zunahme des Taxiaufkommens aufweisen. Hierfür wurden stadtauswärts die Hasenauerstraße (Abschnitt 4), die Sternwartestraße (Abschnitt 5) und die Kreuzgasse (Abschnitt 6) sowie stadteinwärts die Gentzgasse (Abschnitt 7) und die Schulgasse (Abschnitt 8) herangezogen. Änderungen der Geschwindigkeiten und der Geschwindigkeitsanteile können ausschließlich in den Abschnitten 7 und 8 beobachtet werden. In der Gentzgasse (ausgeschilderte Umleitung) zeigt sich während der Bauphase eine Zunahme, hingegen in der Schulgasse eine Reduktion der Geschwindigkeiten und der Geschwindigkeitsanteile > 20 km/h. Innerhalb der Baustellendauer kann jedoch auch in diesen beiden Abschnitten keine Veränderung der Geschwindigkeit nachgewiesen werden.

Die Zulaufstrecken, die abschließend untersucht wurden, stellen die heterogenste Gruppe dar und zeigen stark differierende Ergebnisse. Es wurden drei Zulaufstrecken zur Baustelle

untersucht, wobei zwei östlich (Währinger Gürtel; Abschnitte 9 und 10) und eine westlich (Gersthofer Straße; Abschnitt 11) situiert waren. Darüber hinaus wurde ein Zulauf zu einer häufig gewählten Ausweichstrecke (Währinger Gürtel; Abschnitt 12) untersucht. Ein besonders ausgeprägter Einfluss kann auf Abschnitt 9 festgestellt werden, der, neben einem Anstieg der Datensätze, einen Rückgang der Durchschnittsgeschwindigkeiten sowie eine Zunahme der Anteile der Geschwindigkeitskategorien < 10 km/h und 10-20 km/h in der Bauphase erlebt. Eine zeitliche Entwicklung kann in diesem Zeitraum nicht festgestellt werden, wohingegen die Kenngrößen nach Abschluss der Arbeiten wieder ihre Ausgangslage einnehmen. Ein anderes Verhalten zeigen die Abschnitte 10 und 12, die sich beide auf dem Währinger Gürtel in Fahrtrichtung Norden befanden. Sie zeigen bei einer durchschnittlich konstanten Anzahl der Datensätze pro Tag eine Zunahme der Geschwindigkeiten während der Baustelle, was sich in den Geschwindigkeitsanteilen nur in Abschnitt 10 im Tagesverkehr abbilden lässt. Während der Baudauer können keine zeitlichen Entwicklungen beobachtet werden. Von der Baustelle unbeeinträchtigt blieb der Abschnitt 11, in dem keine Veränderungen der Kenngrößen nachgewiesen werden können.

Zusammenfassend kann für die Analyse der Geschwindigkeiten festgehalten werden, dass die Baustelle nicht zwingend eine Auswirkung auf die Geschwindigkeit – sowie bereits für das Taxiaufkommen gezeigt – haben muss; es treten keine generellen Veränderungen im Straßenverkehr durch die Baustelle auf. Zu beobachten sind hingegen punktuelle Verringerungen der Geschwindigkeiten und Zunahmen von Staus bzw. stockendem Verkehr, die vermehrt im Baustellenbereich und auf räumlich sehr nahen Ausweichstrecken auftritt. Weiters ist davon eine Zulaufstrecke betroffen, die ohne Baustelleneinfluss ein geringeres Taxiaufkommen aufweist. Diese Veränderungen verschwinden jedoch nach Abschluss der Arbeiten. Davon ausgenommen ist nur die Schulgasse (Abschnitt 8) in der über den Sommer eine Verkehrsberuhigung in Form einer abschnittswisen Fußgängerzone durchgeführt wurde. Diese Strukturveränderung sorgt für eine nachhaltige Reduktion der Geschwindigkeit. In weiterer Folge wurden die zeitbezogenen Entwicklungen innerhalb der Bauphase untersucht, für die – unabhängig von der räumlichen Lage – in keinem der untersuchten Abschnitte systematische Veränderung der Geschwindigkeiten bzw. der Geschwindigkeitsanteile gezeigt werden können. Dadurch kann die Lernfähigkeit des untersuchten Verkehrsteilnehmer-Kollektivs – im Gegensatz zu den aufgestellten Hypothesen und bereits gewonnen Erkenntnissen anderer Untersuchungen (vgl. Kapitel 1.1) – nicht nachgewiesen werden. Autofahrer – in dem konkreten Fall Taxifahrer – hätten durch ihr intelligentes Handeln die Möglichkeit eine Anpassung an die temporäre Strukturveränderung (Baustelle) zu vollziehen, die sich messtechnisch durch gestiegene Geschwindigkeiten im Laufe der Bauphase abbilden lassen müsste. Jedoch gilt es zu bedenken, dass für den Taxifahrer kein Mehrwert auftritt, wenn er eine Vermeidung eines Staus forciert.

Als interessantes Nebenergebnis der Datenauswertung kann gezeigt werden, dass – zumindest die Taxilenker – die während des Untersuchungszeitraums eingeführten reduzierten zulässigen Höchstgeschwindigkeiten in Form von 30er-Zonen ab KW 29 (Abschnitt 3, 5 und 7) nicht oder nur teilweise eingehalten werden. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit von unterstützenden baulichen Maßnahmen, um die Geschwindigkeitsbeschränkungen durchsetzen zu können.

Abschließend sei allerdings angemerkt, dass die Untersuchung der „Indikator-Flotte“ einen Einfluss auf die Ergebnisse hat und die Erkenntnisse nicht eins zu eins auf den motorisierten Individualverkehr umgelegt werden können. Daher können die anfangs formulierten Hypothesen nicht vollständig verworfen werden, sondern es bedarf weiterer Untersuchungen. Zu beachten ist jedoch, dass die Baustelle zu keinem „unhaltbarem“ Verkehrschaos geführt hat. Es zeigt sich sehr wohl die Möglichkeit, durch Kapazitätsreduktion einen Einfluss auf den Straßenverkehr nehmen zu können, wie es bereits Untersuchungen zuvor erwiesen. Besonders deutlich wird dies bei der strukturellen Umgestaltung der Schulgasse, die sowohl einen Rückgang des Taxiaufkommens als auch eine Reduktion der Geschwindigkeiten erlebt. Diese Maßnahmen müssen in Zukunft auch weiter ergriffen werden, um den städtischen Raum neu zuzuweisen und so die Herausforderungen der Zukunft (z. B. Klimawandel) meistern zu können (vgl. Frey et al. 2011, S. 83f.)

7.2 Ausblick

Wie bereits im Laufe dieses Kapitel gezeigt wurde, können bestimmte Anpassungsleistungen der Verkehrsteilnehmer wie die zeitliche Verschiebung der Fahrten, die Verkehrsmittelwahl, die Zusammenlegung von Reisezwecken und die Wahl näherer Ziele mit den vorliegenden Taxidaten nicht untersucht werden, da sie nur einen sehr speziellen Ausschnitt des Straßenverkehrs darstellen. Als ebenfalls problematisch erweist sich die vorliegende Anzahl der Datensätze, die zu gering ist, um alle theoretisch möglichen Auswertungen durchführen zu können. Um diesem Faktum entgegenzuwirken, wäre es möglich, für die Auswertung Floating-Car-Daten von Autoherstellern oder GPS-Daten von Smartphones³⁵ heranzuziehen, die sowohl repräsentativer als auch in höherer Anzahl vorlägen. Bei FC-Daten von Fahrzeugherstellern gälte es jedoch zu berücksichtigen, eine möglichst repräsentative Gruppe des Verkehrsteilnehmer-Kollektivs abzubilden. Eventuell wäre hierfür vorab eine Prüfung erforderlich, um beispielsweise keine Fahrten einer speziellen gesellschaftlichen Schicht widerzuspiegeln, die möglicher Weise andere verkehrliche Gewohnheiten pflegen als der Durchschnitt der Verkehrsteilnehmer. In diesem Zusammenhang liegt der Vorteil der Standortdaten von Smartphones auf der Hand, da ein größerer Querschnitt der Verkehrsteilnehmer unabhängig vom Fahrzeughersteller beschrieben und die Stichprobengröße weiter maximiert werden kann. Dies würde dazu beitragen, möglichst realitätsnahe Verkehrssituationen der Straßenkanten darstellen und darüber hinaus auch zeitliche Verschiebungen einzelner Fahrten sowie Verlagerungen auf andere Verkehrsmittel abbilden zu können.

Bei einer idealen Untersuchung, die alle Fahrten je Straßenkante berücksichtigt, könnte die Verkehrsstärke q [Kfz/Zeit] bestimmt werden, die gemeinsam mit der Kapazität C [Kfz/Zeit], einen Auslastungsgrad a [%] pro Straßenkante (vgl. Kapitel 2.2.6) beschreibt. Die Kapazität und der Auslastungsgrad würden weitere Aufschlüsse geben, da sie den Straßenverkehr in der Bauphase beeinflussen und Staus verursachen. Weiters könnte das Fundamentaldiagramm zum Einsatz kommen, um Aussagen über den Verkehrszustand treffen zu können (entweder durch Unterscheidung zwischen stabilem bzw. instabilem Verkehrszustand oder mittels Nutzungsstufen LOS). Jedoch ist bei der Kapazität in einem Querschnitt zu berücksichtigen, dass sie durch Umwelteinflüsse, wie zum Beispiel durch die vorherrschenden Lichtverhältnisse und das Wetter, beeinflussbar ist. Darüber hinaus spielen der Verkehrszweck und das Fahrerkollektiv eine entscheidende Rolle, da beispielsweise Pendler ortskundig sind und konzentrierter fahren. Diese nicht messbaren Größen wirken sich jedoch bei vergleichbaren Querschnitten deutlich auf das Geschwindigkeitsniveau und die maximale Verkehrsstärke aus (vgl. FGSV 2012, S. 9).

Die Nutzung der oben genannten Floating-Car-Daten würde zumindest eine bessere Schätzung des Verkehrs und die Anwendung dieser Kenngrößen eher ermöglichen als die vorliegenden Taxidaten, die nur einen sehr geringen Prozentsatz des Verkehrs abbilden und eine ganz spezielle Teilmenge mit eigenen Charakteristika repräsentieren. Zu beachten ist dabei, dass bereits eine „erhebliche Glättung“ (vgl. FGSV 2012, S. 8) entsteht, wenn die Messwerte in Stundenintervallen gemittelt werden, wenn verschiedene Verkehrszustände vorliegen, was nicht ausgeschlossen werden kann. Dies verdeutlicht die Problematik der sehr geringen Anzahl an Datensätzen, wie sich bei Interpretation jener Tagesganglinien der untersuchten Abschnitte zeigt.

Durch die Miteinbeziehung der ausgeführten Kenngrößen könnte beispielsweise im Rahmen von regressionsanalytischen Fragestellungen geklärt werden, wodurch Staus verursacht werden (beispielsweise wie groß der Einfluss der Auslastung auf einen Stau ist). Es könnte untersucht werden, ob die Baustelle zu einem zwar höheren Verkehrsaufkommen führt, jedoch der Level of Service unverändert bleibt und wie sich das Erreichen der Kapazität des Straßenquerschnitts auf die Geschwindigkeitsverläufe auswirkt. Weiters könnte die Änderung der Fahrstile in den ersten Tagen der Kapazitätseinschränkung, die in Form einer Verlangsamung und einer höheren Verkehrsdichte auftritt (vgl. Kane und Behrens 2000, S. 6), empirisch erforscht werden.

³⁵ Diese Methode wurde bereits von Leth (2020) für eine ähnliche Untersuchung erfolgreich eingesetzt.

8 Zusammenfassung

Baustellen auf Straßen, die eine Kapazitätseinschränkung mit sich bringen, werden in der Öffentlichkeit und bei den Planern oft als unangenehm empfunden, da reflexartig vermutet wird, dass es dadurch zu einem „Verkehrschaos“ kommt. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde die Wirkung von Baustellen auf den städtischen Straßenverkehr am Beispiel Wien untersucht. Hierfür wurde die Taxiflotte 31300 als „Indikator-Flotte“ mittels Floating-Car-Daten, die vom Austrian Institute of Technology (AIT) zur Verfügung gestellt wurden, analysiert. Besonders in den Vordergrund gestellt wurde dabei die Auswertung des Taxiaufkommens und der Geschwindigkeiten, um Veränderungen durch die Baustelle und deren zeitliche Entwicklungen abbilden zu können.

Die Arbeit gibt zu Beginn in einem methodischen Teil einen Überblick über die Grundlagen der Verkehrskenngrößen, die zur Charakterisierung des Straßenverkehrs dienen. In weiterer Folge konnten Informationen über die Datenqualität gewonnen werden, um die vorliegenden Daten besser beurteilen zu können. Weiters wurde für die Auswahl der Baustelle ein Bewertungsverfahren eingeführt, das nach Recherche der Baustellen mit erheblicher verkehrlicher Bedeutung im Zeitraum von 2016 bis 2019 in Wien eine Festlegung nach mehreren Auswahlkriterien ermöglichte. Daraus wurde abgeleitet, dass sich die Baustelle auf der Währinger Straße zwischen 22.05. und 03.09.2018 am günstigsten erwies; unter anderem, da eine Untersuchung auch außerhalb der Ferienmonate durchgeführt werden konnte. Durch das Vorliegen einer Einbahnführung des motorisierten Individualverkehrs über die Währinger Straße und die Gentzgasse (inkl. Auskreuzung auf dem Aumannplatz) kam es zu einer deutlichen Kapazitätsreduktion.

Nach der Erarbeitung der zur Verfügung gestellten Datenstruktur der Floating-Car-Daten des AIT und dem Map-Matching zugrunde liegenden Straßengraphen (OpenStreetMap) wurde eine Voruntersuchung der Rohdaten vorgenommen, sodass mögliche Lücken und systematische Fehler in den Daten erkennbar wurden. Ferner ließen sich Anwendungsgrenzen ausloten sowie räumliche und zeitliche Muster identifizieren, die für die Datenaufbereitung wertvolle Erkenntnisse lieferten. Durch die einerseits bekannten theoretischen Grundlagen und die explorative Herangehensweise an die Rohdatenanalyse konnten Auswertungskriterien der zur Verfügung stehenden Kenngrößen abgeleitet werden. In der Rohdatenanalyse zeigten sich einerseits eine Vielzahl von Datensätzen auf Straßenkanten, die für die Untersuchung keinerlei Relevanz hatten (z. B. Nebenfahrbahnen) und daher im Zuge der ersten Filterstufe entfernt werden konnten. Darüber hinaus erwiesen sich die sehr hohen Geschwindigkeiten als besonders problematisch, die durch den seitens des AIT durchgeführten Map-Matching Prozess auftraten. Sie wurden im Rahmen der Datenaufbereitung mittels eines statistischen Verfahrens bei Betrachtung der Box-Plots nach vorangehender Gruppenbildung der Datensätze, sodass möglichst homogene Gruppen entstehen und Ausreißer treffsicher bestimmt werden können, mit den Gesichtspunkten „Straßenkategorie“ und „zulässiger Höchstgeschwindigkeit“ in der zweiten durchgeführten Filterstufe bereinigt. Die daran anschließenden Datenanalyse unterteilt sich in zwei Unterkapitel, wobei einerseits die räumliche und zeitliche Verteilung der Taxifahrten ausgewertet und andererseits Geschwindigkeitsuntersuchungen in ausgewählten Straßenkanten durchgeführt wurden. Für die Studie wurden aus den übermittelten Daten daher zwei Untergruppen gebildet (Filterstufe 1 und 2). Die Vorgehensweise erfolgte in Analogie zur Datenaufbereitung des AIT, das zunächst die Routen und daraus ableitend die Geschwindigkeiten berechnete. So konnte eine korrekte Route mit falschen Geschwindigkeiten vorliegen.

Die Auswertung des Taxiaufkommens wurde auf Basis einer räumlichen Analyse mittels GIS durchgeführt, wobei als zeitliche Kategorisierung jeweils eine Woche herangezogen wurde. Für die bessere Sichtbarkeit der Verlagerungen wurden die Veränderung der Anzahl der Fahrten zur Ausgangslage, die durch Mittelwertbildung zweier vergleichbarer Wochen bestimmt wurde, dargestellt. Sie zeigte – neben den bereits vorab sichtbar gewordenen Schwankungen des

Verkehrsaufkommens durch das Vorliegen von Feiertagswochen bzw. Ferienmonaten – Verlagerungen der Taxifahrten in den direkt umliegenden Bereich der Baustelle; großräumige Umfahrungen konnten nicht beobachtet werden. Durch diese Erkenntnis konnte das Untersuchungsgebiet weiter eingegrenzt werden (= Kerngebiet), sodass die Auswirkungen detaillierter erfasst werden konnten. Eine Abnahme des Taxiaufkommens durch die Baustelle konnte weder im Untersuchungsgebiet noch im Kerngebiet beobachtet werden. Die weitere Analyse umfasste drei Querschnitte, die für jede Untersuchungswoche pro Fahrtrichtung ausgewertet und auf Basis von neuralgischen Punkten situiert wurden. Dabei wurde deutlich, dass ausschließlich Verlagerungseffekte im Zeitraum der Baustelle auftraten. Mittels Inferenzstatistik konnte nachgewiesen werden, dass die Fahrten eins zu eins in den umliegenden Straßenkanten beobachtbar waren. Von den Umlagerungen besonders betroffen waren die ausgeschilderten Umleitungsstrecken, die großteils durch den Baustellenbereich führten (Währinger Straße und Gentzgasse) und jene Ausweichstrecken, die in unmittelbarer Nähe zur Baustelle lagen (Sternwartestraße und Schulgasse). Weiters war ein fahrtrichtungsabhängiges Verhalten zu beobachten und keine Veränderung der Nutzung in der Bauphase zu erkennen. Nach Abschluss der Arbeiten kam es – ausgenommen in der Schulgasse (Strukturveränderung durch die Einführung einer abschnittswisen Fußgängerzone) – zu einer Rückverlagerung der Taxifahrten auf das Ausgangsniveau in den jeweiligen Straßenkanten.

In weiterer Folge wurden Geschwindigkeitsuntersuchungen einzelner Straßenkanten durchgeführt, die aufgrund der Erkenntnisse der vorangehenden Ergebnisse ausgewählt wurden. Diese 12 Abschnitte ließen sich drei Kategorien zuordnen, wobei „Baustellenbereich“, „Ausweichstrecken“ und „Zulaufstrecken“ unterschieden wurden. Es erfolgte die Analyse von Geschwindigkeitsganglinien und von pro Tag ermittelten Geschwindigkeitsanteilen zu verschiedenen Untersuchungszeiträumen (Tages- und Nachverkehr; Tagesverkehr; Hauptverkehrszeit an Werktagen), die in verschiedenen Aggregationsstufen (vor, während und nach der Baustelle; Kalenderwochen) inferenzstatistisch mittels Chi-Quadrat-Tests bzw. Rangvarianzanalysen (Kruskal-Wallis-Test) mit anschließenden Post-hoc-Tests (Auswertung korrigierter Residuen bzw. U-Tests) bei signifikanten Ergebnissen ausgewertet wurden. Es wurde deutlich, dass durch die Bauarbeiten nicht zwingend Staus im Baustellenbereich und in den Ausweichstrecken auftraten, da nur in der Währinger Straße und in der Gentzgasse (beide stadtauswärts; Baustellenbereich) sowie der Schulgasse (stadteinwärts; Ausweichstrecke) eine statistisch signifikante Verringerung der Geschwindigkeiten und der Kategorie > 20 km/h der Geschwindigkeitsanteile während der Bauphase (exkl. Ferienmonate) beobachtet werden konnte. Nach Abschluss der Arbeiten konnte eine Erhöhung der Geschwindigkeit auf das Ausgangsniveau detektiert werden, wovon die Schulgasse – aufgrund der bleibenden Strukturveränderung, da sie in den Sommermonaten zur Fußgängerzone umgestaltet wurde – ausgenommen war; hier verblieb die Geschwindigkeit auf einem niedrigeren Level. Für die Untersuchung der Zulaufstrecken wurden drei Straßenkanten in direktem Zusammenhang mit der Baustelle (2 östlich; 1 westlich) und eine im Zulauf zu einer beliebten Ausweichstrecke (Sternwartestraße) ausgewählt. Eine signifikante Verringerung der Geschwindigkeiten und eine höhere Tendenz zu Staus und stockendem Verkehr konnte nur in einem der Abschnitte (Währinger Gürtel in Fahrtrichtung Süden) festgestellt werden. In keinem der durch die Baustelle beeinflussten Straßenkanten konnte eine zeitliche Entwicklung während der Bauarbeiten beobachtet werden, sodass keine Lernfähigkeit des untersuchten Fahrerkollektivs gezeigt werden konnte.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Baustelle keine Veränderung der Anzahl der Taxifahrten bewirkte und die Fahrten ausschließlich verlagert wurden. Jedoch ist fraglich, ob eine weitgehendere Veränderung (z. B. Änderung der Verkehrsmittelwahl) in dieser Stichprobe möglich ist, da der Fahrgast bereits vorab bedenken müsste, dass eine verkehrliche Einschränkung auf der zu bewältigenden Route – die Wahl jedoch dem Taxifahrer obliegt – besteht. Weiters konnten in einzelnen Straßenkanten punktuelle Zunahmen von Staus sowie ein Rückgang der

Geschwindigkeiten im Zeitraum der Baustelle nachgewiesen werden; zeitbezogene Entwicklungen während der Bauphase blieben aus.

Anknüpfungspunkte für weiterführende Studien bietet die Auswahl der Stichprobe, um nicht nur Taxifahrten, die ausschließlich einen sehr kleinen Teil des Straßenverkehrs und aufgrund ihrer Verkehrsbedeutung (spezieller Ausschnitt) nicht zwingend den motorisierten Individualverkehr abbilden, zu untersuchen. Um dieser Tatsache entgegenzuwirken, bestünde die Möglichkeit, Floating-Car-Daten von Fahrzeugherstellern oder GPS-Daten von Smartphones heranzuziehen. Diese schlussendlich höhere Abdeckungsrate der erfassten Fahrzeuge könnte darüber hinaus Aussagen über den Auslastungsgrad pro Straßenkante ermöglichen, um den Einfluss auf Staus und Geschwindigkeitsveränderungen zu beschreiben. Durch die ebenfalls auftretende Vergrößerung der Stichprobe würde eine geringere Glättung der Messwerte auftreten, sodass kurzzeitige Stauereignisse realitätsnäher festgestellt werden könnten. Weiters könnte das Fundamentaldia-gramm zum Einsatz kommen, sodass Aussagen über den Verkehrszustand getroffen werden könnten. Durch die Einführung dieser zusätzlichen Kenngrößen wäre es möglich, Einflüsse der einzelnen Faktoren auf den Straßenverkehr zu bestimmen und weitere Erkenntnisse über kausale Zusammenhänge zu erlangen.

9 Literaturverzeichnis

- Aigner, T. (2017, 20. Juni). Gleiserneuerung am Josef-Matthias-Hauer-Platz. *meinbezirk.at*.
https://www.meinbezirk.at/josefstadt/c-lokales/gleiserneuerung-am-josef-matthias-hauer-platz_a2159431. Zugegriffen: 9. Juni 2020.
- ARBÖ. (2019, 02. September). Radweg-Errichtung zum falschen Zeitpunkt. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20190902_OTS0040/radweg-errichtung-zum-falschen-zeitpunkt.
 Zugegriffen: 24. Juni 2020.
- Asfinag. (2020). Verkehrszählung. <https://www.asfinag.at/verkehr/verkehrszaehlung/>. Zugegriffen: 1. Mai 2020.
- Berger, E. G. (2019, 30. Juli). Wiens Autofahrer brauchen viel Geduld: Alle Stau- Baustellen dieses Sommers. *meinbezirk.at*. https://www.meinbezirk.at/wien/c-lokales/alle-stau-baustellen-dieses-sommers_a3543732. Zugegriffen: 16. Juni 2020.
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (Springer-Lehrbuch, 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Bundesamt für Strassen ASTRA. (2020). Definitionen. <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/nationalstrassen/verkehrsfluss-stauaufkommen/definitionen.html>. Zugegriffen: 16. September 2020.
- Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.). (2010). *Ermittlung von Standards für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen. Bericht zum Forschungsprojekt FE 01.169/2007/CGB* (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Verkehrstechnik, Bd. 200). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH.
- Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort. (2020). Open Data Österreich. <https://www.data.gv.at/>. Zugegriffen: 5. August 2020.
- Buttler, G. (1996). Ein einfaches Verfahren zur Identifikation von Ausreißern bei multivariaten Daten. *Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg, Chair of Statistics and Econometrics, Discussion Papers* (09/1996). <http://hdl.handle.net/10419/29594>. Zugegriffen: 7. August 2020.
- Cairns, S., Atkins, S. & Goodwin, P. (2002). Disappearing traffic? The story so far. *Municipal Engineer* 151 (1), 13–22. https://nacto.org/docs/usdg/disappearing_traffic_cairns.pdf.
 Zugegriffen: 11. Juli 2020.
- Club Wien. (2017, 28. Juli). Ein Tag mit Baustellen-Koordinator Peter Lenz: "Ich bin nicht der Feind der Autofahrer.". <https://club.wien.at/magazin/specials/ein-tag-mit-baustellen-koordinator-peter-lenz/>. Zugegriffen: 4. Juni 2020.
- D'Este, G. M., Zito, R. & Taylor, M. A. P. (1999). Using GPS to Measure Traffic System Performance. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 14 (4), 255–265. <https://doi.org/10.1111/0885-9507.00146>. Zugegriffen: 27. April 2020.
- Fenzl, R. (2010). *Beschreibung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen mit Einzelfahrzeugdaten*. Masterarbeit, Technische Universität Graz. Graz.
- FGSV (Hrsg.). (2005). *Hinweise zum Fundamentaldiagramm. Grundlagen und Anwendungen* (FGSV, Bd. 385, Ausg. 2005). Köln: FGSV-Verl.

- FGSV (Hrsg.). (2012). *Empfehlungen für Verkehrserhebungen. EVE* (FGSV R2 - Regelwerke, Bd. 125, Ausg. 2012). Köln: FGSV-Verl.
- FPÖ Wien. (2019, 02. September). Nepp: Verkehrschaos auf der Linken Wienzeile ist rot-grünen Autohassern zu verdanken. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20190902_OTS0106/nepp-verkehrschaos-auf-der-linken-wienzeile-ist-rot-gruenen-autohassern-zu-verdanken. Zugegriffen: 9. Juli 2020.
- Frey, H., Leth, U., Mayerthaler, A. & Brezina, T. (2011). Predicted congestions never occur. On the gap between transport modeling and human behaviour. *Transport Problems* 6, 73–85. <https://doi.org/10.13140/2.1.1928.5769>. Zugegriffen: 28. Februar 2020.
- Gaugl, A. (2018, 14. Mai). Im Sommer: Große Baustelle am Elterleinplatz. *meinbezirk.at*. https://www.meinbezirk.at/hernals/c-lokales/im-sommer-grosse-baustelle-am-elterleinplatz_a2597282. Zugegriffen: 14. Juni 2020.
- Glatz, M. (2019, 24. Juni). Baustellensommer: Hier wirds besonders eng! *W24*. <https://www.w24.at/News/2019/6/Baustellensommer-Hier-wirds-besonders-eng>. Zugegriffen: 17. Juni 2020.
- Graser, A. & Dragaschnig, M. (2020). Open Geospatial Tools for Movement Data Exploration. *KN - Journal of Cartography and Geographic Information* 70, 3–10. <https://doi.org/10.1007/s42489-020-00039-y>. Zugegriffen: 27. Juli 2020.
- Graser, A., Dragaschnig, M., Ponweiser, W., Koller Hannes, Marcinek, M.-S. & Widhalm, P. (2012). FCD in the real world – system capabilities and applications. In *19th ITS World Congress*. Vienna, Austria, 22 to 26 October 2012 (EU-00040, S. 1–7). https://www.researchgate.net/publication/263157315_FCD_in_the_real_world_-_system_capabilities_and_applications. Zugegriffen: 2. April 2020.
- Graser, A., Koller, H., Ponweiser, W., Dragaschnig, M. & Pohl, F. (2012). Effiziente Bewertung verkehrlicher Maßnahmen auf Basis von Floating-Car-Daten. In J. Strobl, T. Blaschke & G. Griesebner (Hrsg.), *Angewandte Geoinformatik 2012. Beiträge zum 24. AGIT-Symposium*. Salzburg, Österreich, 05. - 07. Juli 2012 (S. 450–458). Berlin, Offenbach: Wichmann. http://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/537520030.pdf. Zugegriffen: 3. März 2020.
- Gretz-Blanckenstein, N. (2017, 17. Mai). Baustellensommer in Wien: Bitte um Geduld, es könnt' ein bisserl dauern. *meinbezirk.at*. https://www.meinbezirk.at/wien/c-lokales/baustellensommer-in-wien-bitte-um-geduld-es-koennt-ein-bisserl-dauern_a2119105. Zugegriffen: 8. Juni 2020.
- Grundei, K. & Kollarits, S. (2017). Die Baustelle der Zukunft. In B. Zagel, J. Strobl, G. Griesebner & T. Blaschke (Hrsg.), *AGIT - Journal für Angewandte Geoinformatik. AGIT 2017 - Symposium und Fachmesse Angewandte Geoinformatik*. Salzburg, Österreich, 05. - 07. Juli 2017 (3-2017, S. 288–294). Berlin, Offenbach: Wichmann. <https://doi.org/10.14627/537633031>. Zugegriffen: 6. Juni 2020.
- Die Grünen Wien. (2018, 04. April). BV Nossek zu Währinger Straße: „Falschmeldungen auf dem Rücken der Geschäftsleute“. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180404_OTS0041/bv-nossek-zu-waehringer-strasse-falschmeldungen-auf-dem-ruecken-der-geschaeftsleute. Zugegriffen: 14. Juni 2020.
- Heiler, S. & Michels, P. (1994). *Deskriptive und Explorative Datenanalyse* (Lehr- und Handbücher der Statistik). München, Wien: R. Oldenbourg Verlag GmbH.

- Herman, R., Montroll, E. W., Potts, R. B. & Rothery, R. W. (1959). Traffic Dynamics: Analysis of Stability in Car Following. *Operations Research* 7 (1), 86–106. www.jstor.org/stable/167596. Zugegriffen: 27. April 2020.
- Höfler, F. (2006). *Verkehrswesen-Praxis. Verkehrstechnik* (BBB, Bauwerk-Basis-Bibliothek, Bd. 2). Berlin: Bauwerk Verlag.
- Jones, T. R. & Potts, R. B. (1962). The Measurement of Acceleration Noise-A Traffic Parameter. *Operations Research* 10 (6), 745–763. www.jstor.org/stable/168097. Zugegriffen: 2. Juni 2020.
- Kane, L. & Behrens, R. (2000). The traffic impacts of road capacity change: A review of recent evidence and policy debates. In *19th Annual South African Transport Conference*. Pretoria, South African, July 17 - 20, 2011. <https://www.researchgate.net/publication/308899853>. Zugegriffen: 21. Oktober 2020.
- Kimber, R. M., Daly, P., Barton, J. & Giokas, C. (1986). Predicting Time-Dependent Distributions of Queues and Delays for Road Traffic at Roundabouts and Priority Junctions. *The Journal of the Operational Research Society* 37 (1), 87–97. www.jstor.org/stable/2582550. Zugegriffen: 14. Mai 2020.
- Knoflacher, H. (2007). *Grundlagen der Verkehrs- und Siedlungsplanung. Verkehrsplanung*. Wien, Köln, Weimar: Böhlau.
- Kocina, E. (2018, 19. Juli). Tempo 30 in Innerwähing ab heute flächendeckend. *Die Presse*. <https://www.diepresse.com/5466799/tempo-30-in-innerwahrung-ab-heute-flachendeckend>. Zugegriffen: 20. Juli 2020.
- Koller, H., Widhalm, P., Dragaschnig, M. & Graser, A. (2015). Fast Hidden Markov Model Map-Matching for Sparse and Noisy Trajectories. In *2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2015)*. Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 15 - 18 September 2015. Piscataway, NJ: IEEE. <https://www.researchgate.net/publication/308856380>. Zugegriffen: 26. Juli 2020.
- Krämer, W., Schoffer, O. & Tschiersch, L. (2008). *Datenanalyse mit SAS. Statistische Verfahren und ihre grafischen Aspekte* (2., überarbeitete und erweiterte Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Krampe, S., Leitinger, S., Pucher, G. & Rehrl, K. (2013). FCD Modellregion Salzburg - Einsatz und Nutzen von Extended Floating Car Data im Bundesland Salzburg. In J. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner & B. Zagel (Hrsg.), *Angewandte Geoinformatik 2013. Beiträge zum 25. AGIT-Symposium Salzburg*. Salzburg, Österreich, 03. - 05. Juli 2013 (S. 450–455). Berlin, Offenbach: Wichmann. <https://www.researchgate.net/publication/340237037>. Zugegriffen: 26. Juni 2020.
- Kühnel, C. (2012). *Verkehrsdaterfassung mittels Floating Car Observer auf zweistreifigen Landstraßen* (Schriftenreihe Verkehr der Universität Kassel, Heft 23). Kassel: kassel university press GmbH (Zugl.: Kassel, Univ., Diss. 2011).
- Kuhns, G., Ebdndt, R., Wagner, P., Sohr, A. & Brockfeld, E. (2011). Self evaluation of floating car data based on travel times from actual vehicle trajectories. In *2011 IEEE Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems*. Vienna, Austria, June 29 - July 1, 2011 (S. 109–114). Piscataway, NJ: IEEE. <https://doi.org/10.1109/FISTS.2011.5973648>. Zugegriffen: 2. April 2020.
- Lange, N. de. (2020). *Geoinformatik in Theorie und Praxis. Grundlagen von Geoinformationssystemen, Fernerkundung und digitaler Bildverarbeitung* (4., grundlegend überarbeitete und erweiterte Auflage). Berlin: Springer Spektrum.

- Lapierre, R. & Steierwald, G. (1987). *Verkehrsleittechnik für den Straßenverkehr. Band I Grundlagen und Technologien der Verkehrsleittechnik*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Leerkamp, B. (2019, November). *Bundesweite Verkehrsverflechtung 2015 im Motorisierten Individualverkehr (MIV) und Schwerverkehr (SV). Analysen auf Basis satellitengestützter Daten*. Veranstaltungsreihe: Verkehr in Zahlen, Berlin. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/verkehr-in-zahlen-praesentation-3.pdf?__blob=publicationFile. Zugegriffen: 26. Juli 2020.
- Leth, U. (2020, 07. Januar). Aktuelle Messungen: Stau durch Wienzeilen-Baustelle ausgeblieben, Forschungsbereich für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik - TU Wien. <https://blog.fvv.tuwien.ac.at/stau-check/>. Zugegriffen: 12. Mai 2020.
- Linauer, M. (2005). *Generierung streckenbezogener Verkehrsdaten als Basis für den Einsatz in Verkehrstelematiksystemen* (Technik). Hamburg: Diplomatica Verlag GmbH (Zugl.: Wien, Univ. f. Bodenkultur, Diss. 2005).
- Listl, G. (2003). *Anwendung neuer Technologien zur Erfassung des Verkehrsablaufs* (Schriftenreihe Verkehr der Universität Kassel, Heft 14). Kassel: kassel university press GmbH (Zugl.: Kassel, Univ., Diss. 2003).
- Lohse, D. & Schnabel, W. (2011a). *Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung. Band 1; Straßenverkehrstechnik* (Beuth Studium, 3., vollständig überarbeitete Auflage). Berlin, Wien, Zürich - Bonn: Beuth Verlag GmbH - Kirschbaum Verlag GmbH.
- Lohse, D. & Schnabel, W. (2011b). *Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung. Band 2; Verkehrsplanung* (Beuth Studium, 3., vollständig überarbeitete Auflage). Berlin, Wien, Zürich - Bonn: Beuth Verlag GmbH - Kirschbaum Verlag GmbH.
- Marcinek, M.-S. (2011). *Untersuchung der Eignung von unterschiedlichen Verkehrsdatenerfassungssystemen zur Reisezeitermittlung auf einem Streckenabschnitt*. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien. Wien.
- Mayerthaler, A., Brezina, T., Leth, U. & Frey, H. (2010). Where have all the cars gone? Do we apply transport models properly? In *ICLLEE 2010 - 2. International Conference of Logistics, Economics and Environmental Engineering. Highlight 2010: Sustainable development in logistics*. Maribor, Slovenia (S. 22–31). <https://doi.org/10.13140/2.1.3173.7600>. Zugegriffen: 28. Februar 2020.
- Mickel-Göttfert, V. (2017, 27. Juli). Gleisbauarbeiten. <https://www.facebook.com/veronika.mickel/posts/10155184809114818>. Zugegriffen: 9. Juni 2020.
- Moser, M. (2016). Schulferien Österreich 2016 - Alle Bundesländer. <https://www.feiertage-oessterreich.at/schulferien/2016/>. Zugegriffen: 8. Juni 2020.
- Moser, M. (2017). Schulferien Österreich 2017 - Alle Bundesländer. <https://www.feiertage-oessterreich.at/schulferien/2017/>. Zugegriffen: 8. Juni 2020.
- Moser, M. (2018). Schulferien Österreich 2018 - Alle Bundesländer. <https://www.feiertage-oessterreich.at/schulferien/2018/>. Zugegriffen: 11. Juni 2020.
- Moser, M. (2019). Schulferien Österreich 2019 - Alle Bundesländer. <https://www.feiertage-oessterreich.at/schulferien/2019/>. Zugegriffen: 16. Juni 2020.
- Netopilik, T. (2016a, 13. April). Ab 4. Juli: Neue Großbaustelle im Bezirk. *meinbezirk.at*. https://www.meinbezirk.at/alsgrund/c-lokales/ab-4-juli-neue-grossbaustelle-im-bezirk_a1703035. Zugegriffen: 8. Juni 2020.

- Netopilik, T. (2016b, 2. Juli). Alsergrund: Baustellen legen den Bezirk lahm. *meinbezirk.at*. https://www.meinbezirk.at/alsergrund/c-lokales/alsergrund-baustellen-legen-den-bezirk-lahm_a1786467. Zugegriffen: 8. Juni 2020.
- Netopilik, T. (2018a, 6. März). Neue Wasserrohre: Währinger Straße wird zur Großbaustelle. *meinbezirk.at*. https://www.meinbezirk.at/waehring/c-lokales/neue-wasserrohre-waehring-strasse-wird-zur-grossbaustelle_a2421122. Zugegriffen: 14. Juni 2020.
- Netopilik, T. (2018b, 13. April). So wird die neue Währinger Straße aussehen – mit Video. *meinbezirk.at*. https://www.meinbezirk.at/waehring/c-lokales/so-wird-die-neue-waehring-strasse-aussehen-mit-video_a2490918. Zugegriffen: 14. Juni 2020.
- Netopilik, T. (2018c, 24. April). Währinger Straße: So können Sie der Baustelle ausweichen. *meinbezirk.at*. https://www.meinbezirk.at/waehring/c-lokales/waehring-strasse-so-koennen-sie-der-baustelle-ausweichen_a2508168. Zugegriffen: 14. Juni 2020.
- Netopilik, T. (2018d, 17. September). Das Währinger Straßenfest lockt mit einem Top-Programm. *meinbezirk.at*. https://www.meinbezirk.at/waehring/c-lokales/das-waehring-strassenfest-lockt-mit-einem-top-programm_a2900141. Zugegriffen: 14. Juni 2020.
- Neumann, T. (2009). TASEP related models with traffic light boundary. *The European Physical Journal B* 67, 133–138. <https://doi.org/10.1140/epjb/e2009-00010-2>. Zugegriffen: 15. Mai 2020.
- Neumann, T. (2011). *Rückstaulängenschätzung an Lichtsignalanlagen mit Floating-Car-Daten* (Berichte aus dem DLR-Institut für Verkehrssystemtechnik Nr. 13). Braunschweig: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (Zugl.: TU Braunschweig, Diss. 2010).
- ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen. (2016a, 01. Juli). ÖAMTC: Akute Staugefahr im 9. Bezirk. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20160701_OTS0005/oeamtc-akute-staugefahr-im-9-bezirk. Zugegriffen: 8. Juni 2020.
- ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen. (2016b, 29. Juli). Schottengasse zwischen Ring und Währinger Straße gesperrt. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20160729_OTS0012/oeamtc-schottengasse-zwischen-ring-und-waehring-strasse-gesperrt. Zugegriffen: 8. Juni 2020.
- ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen. (2017, 01. Mai). ÖAMTC: Erhebliche Staugefahr am Getreidemarkt ab 3. Mai. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20170501_OTS0010/oeamtc-erhebliche-staugefahr-am-getreidemarkt-ab-3-mai. Zugegriffen: 10. Juni 2020.
- ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen. (2018a, 29. Juni). Sommer-Baustelle Margaretengürtel. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180629_OTS0045/oeamtc-sommer-baustelle-margaretenguertel. Zugegriffen: 12. Juni 2020.
- ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen. (2018b, 29. Juni). Sperre der Hadikgasse in Wien. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180629_OTS0030/oeamtc-sperre-der-hadikgasse-in-wien. Zugegriffen: 11. Juni 2020.
- ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen. (2018c, 17. Juli). Massive Behinderungen wegen Gürtel-Sperre im August erwartet. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180717_OTS0026/oeamtc-massive-behinderungen-wegen-guertel-sperre-im-august-erwartet. Zugegriffen: 12. Juni 2020.
- ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen. (2018d, 19. September). Währinger Straße wegen Straßenfests gesperrt. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180919_OTS0036/oeamtc-waehring-strasse-wegen-strassenfests-gesperrt. Zugegriffen: 14. Juni 2020.

- ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen. (2019a, 06. Mai). Erhebliche Staus auf Triester Straße ab 8. Mai. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20190506_OTS0029/oeamtc-erhebliche-staus-auf-triester-strasse-ab-8-mai. Zugegriffen: 17. Juni 2020.
- ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen. (2019b, 04. Juli). Tägliche Staus in Wien. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20190704_OTS0027/oeamtc-taegliche-staus-in-wien. Zugegriffen: 15. Juni 2020.
- ÖAMTC-Medien Mobilitätsinformationen. (2019c, 23. Oktober). Neue Behinderungen auf dem Matzleinsdorfer Platz. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20191023_OTS0018/oeamtc-neue-behinderungen-auf-dem-matzleinsdorfer-platz. Zugegriffen: 17. Juni 2020.
- OpenStreetMap Wiki. (2020a). Key: highway. <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Key:highway>. Zugegriffen: 30. Juli 2020.
- OpenStreetMap Wiki. (2020b). Key:barrier. <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Key:barrier>. Zugegriffen: 7. August 2020.
- OpenStreetMap Wiki. (2020c). Map Features. https://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Map_Features. Zugegriffen: 7. August 2020.
- ORF Wien. (2016a). Baustellen: Hotspots auf Gürtel und Ring. <https://wien.orf.at/v2/news/stories/2781197/>. Zugegriffen: 8. Juni 2020.
- ORF Wien. (2016b). Baustellensommer heuer abgespeckt. <https://wien.orf.at/v2/news/stories/2767862/>. Zugegriffen: 9. Juni 2020.
- ORF Wien. (2017a). Baustelle: Innerer Gürtel wird zum Nadelöhr. <https://wien.orf.at/v2/news/stories/2843811/>. Zugegriffen: 8. Juni 2020.
- ORF Wien. (2017b). Baustellensommer geht in die Hochphase. <https://wien.orf.at/v2/news/stories/2851436/>. Zugegriffen: 8. Juni 2020.
- ORF Wien. (2017c). Getreidemarkt: Radweg statt Auto-Spur. <https://wien.orf.at/v2/news/stories/2838041/>. Zugegriffen: 10. Juni 2020.
- ORF Wien. (2017d). Innerer Gürtel ist momentan Staufalle. <https://wien.orf.at/v2/news/stories/2852954/>. Zugegriffen: 8. Juni 2020.
- ORF Wien. (2018a). Ringstraße wegen Gleisarbeiten gesperrt. <https://wien.orf.at/v2/news/stories/2902387/>. Zugegriffen: 11. Juni 2020.
- ORF Wien. (2018b). Sommerbaustellen bei Gürtel und Westausfahrt. <https://wien.orf.at/v2/news/stories/2920042/>. Zugegriffen: 9. Juni 2020.
- ORF Wien. (2018c). Trotz EU-Ratsvorsitz: „Nicht weniger Baustellen“. <https://wien.orf.at/v2/news/stories/2909479/>. Zugegriffen: 9. Juni 2020.
- ORF Wien. (2019a). Chronik: Innerer Gürtel wird zur Baustelle. <https://wien.orf.at/stories/3004895/>. Zugegriffen: 17. Juni 2020.
- ORF Wien. (2019b). Verkehr: Sommer bringt Wienzeilen-Radweg. <https://wien.orf.at/stories/3001697/>. Zugegriffen: 15. Juni 2020.
- Pfaffenbichler, P. (2019). *Quantitative Modelle des Verkehrs- und Siedlungssystems. Vorlesungsunterlagen*. : Forschungsbereich für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik - TU Wien.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2016a, 13. April). 2016: Stadt Wien investiert rund 140 Millionen Euro ins Wiener Straßennetz. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20160413_OTS0142/2016-stadt-wien-investiert-rund-140-millionen-euro-ins-wiener-strassennetz. Zugegriffen: 8. Juni 2020.

- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2016b, 20. Juni). Sommerbaustellen der Stadt Wien 2016: Umfangreiche Verbesserung der Infrastruktur. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20160620_OTS0027/sommerbaustellen-der-stadt-wien-2016-umfangreiche-verbesserung-der-infrastruktur. Zugegriffen: 8. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2016c, 30. Juni). Fahrbahnsanierungsarbeiten am Gürtel während des Sommers. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20160630_OTS0241/fahrbahnsanierungsarbeiten-am-guertel-waehrend-des-sommers. Zugegriffen: 23. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2016d, 21. Juli). Sommerbaustellen der Stadt Wien 2016: Alle Großbaustellen sind im Zeitplan. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20160721_OTS0050/sommerbaustellen-der-stadt-wien-2016-alle-grossbaustellen-sind-im-zeitplan. Zugegriffen: 8. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2017a, 19. April). Stadt Wien: Baustellenmanagement gibt Überblick über Baustellen-Großprojekte 2017. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20170419_OTS0104/stadt-wien-baustellenmanagement-gibt-ueberblick-ueber-baustellen-grossprojekte-2017. Zugegriffen: 20. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2017b, 27. Juni). Stadt Wien: Umfangreiche Erneuerungen der Infrastruktur. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20170627_OTS0109/stadt-wien-umfangreiche-erneuerungen-der-infrastruktur. Zugegriffen: 20. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2017c, 08. August). Sommerbaustellen 2017: Intensive Arbeiten am kommenden Wochenende mit temporären Sperren. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20170808_OTS0099/sommerbaustellen-2017-intensive-arbeiten-am-kommenden-wochenende-mit-temporaeren-sperren. Zugegriffen: 8. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2017d, 25. August). 16., 17. Bezirk: Johann-Nepomuk-Berger-Platz – Sanierungs- und Umbauarbeiten beginnen. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20170825_OTS0071/16-17-bezirk-johann-nepomuk-berger-platz-sanierungs-und-umbauarbeiten-beginnen. Zugegriffen: 9. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2018a, 12. April). Währing: BVin Nossek zu Umgestaltung der Währinger Straße. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180412_OTS0200/waehring-bvin-nossek-zu-umgestaltung-der-waehringer-strasse. Zugegriffen: 14. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2018b, 26. April). Baustellen-Highlights 2018: Neugestaltung in Favoriten und Ausblick auf weitere Großprojekte. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180426_OTS0084/baustellen-highlights-2018-neugestaltung-in-favoriten-und-ausblick-auf-weitere-grossprojekte. Zugegriffen: 11. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2018c, 20. Juni). Baustellen-Highlights 2018: Sanierung der Hadikgasse und Sommerbaustellen. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180620_OTS0156/baustellen-highlights-2018-sanierung-der-hadikgasse-und-sommerbaustellen. Zugegriffen: 11. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2018d, 29. Juni). 14. Bezirk: Hadikgasse – Fahrbahnerneuerung und Entwässerungsumbau startet Dienstag. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180629_OTS0126/14-bezirk-hadikgasse-fahrbahnerneuerung-und-entwaesserungsumbau-startet-dienstag. Zugegriffen: 11. Juni 2020.

- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2018e, 29. Juni). 5., 12., 15. bis 19. Bezirk: Äußerer Gürtel – Betonfeldsanierung bzw. Fahrbahnsanierungen starten Dienstag. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180629_OTS0129/5-12-15-bis-19-bezirk-aeusserer-guertel-betonfeldsanierung-bzw-fahrbahnsanierungen-starten-dienstag. Zugegriffen: 12. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2018f, 06. Juli). 18. Bezirk: Schulgasse - Umgestaltung des Schulvorplatzes. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180706_OTS0107/18-bezirk-schulgasse-umgestaltung-des-schulvorplatzes. Zugegriffen: 14. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2018g, 10. August). 9. Bezirk: Kreuzungsplateau Fuchsthallergasse/Lustkandlgasse wird instandgesetzt. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180810_OTS0082/9-bezirk-kreuzungsplateau-fuchsthallergasselustkandlgasse-wird-instandgesetzt. Zugegriffen: 14. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2018h, 28. August). Baustellensommer 2018: Baustellen der Stadt enden pünktlich, Umleitungen aufgehoben. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180828_OTS0022/baustellensommer-2018-baustellen-der-stadt-enden-puenktlich-umleitungen-aufgehoben. Zugegriffen: 11. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2018i, 19. September). 18. Bezirk: Neugestaltung der Währinger Straße abgeschlossen. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180919_OTS0099/18-bezirk-neugestaltung-der-waehringer-strasse-abgeschlossen. Zugegriffen: 14. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2019a, 06. Juni). Gemeinderatsausschuss für Verkehr beschließt Sanierung Linke Wienzeile und Umsetzung des Radwegs am Naschmarkt. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20190606_OTS0187/gemeinderatsausschuss-fuer-verkehr-beschliesst-sanierung-linke-wienzeile-und-umsetzung-des-radwegs-am-naschmarkt. Zugegriffen: 16. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2019b, 24. Juni). Sommerbaustellen 2019: Stadt Wien sorgt für Erneuerung der Infrastruktur. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20190624_OTS0057/sommerbaustellen-2019-stadt-wien-sorgt-fuer-erneuerung-der-infrastruktur. Zugegriffen: 15. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2019c, 12. Juli). Innerer Gürtel: Jährliche Betonfeldersanierung startet Dienstag. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20190712_OTS0063/innerer-guertel-jaehrliche-betonfeldersanierung-startet-dienstag. Zugegriffen: 19. Juni 2020.
- PID Presse- und Informationsdienst der Stadt Wien. (2019d, 19. August). Zwischenbilanz Sommerbaustellen 2019: Bauvorhaben verlaufen plangemäß. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20190819_OTS0035/zwischenbilanz-sommerbaustellen-2019-bauvorhaben-verlaufen-plangemaess. Zugegriffen: 15. Juni 2020.
- Pufler, K. (2018, 27. Juli). Wien-Favoriten: Sperre der Gudrunstraße nach Simmering. *meinbezirk.at*. https://www.meinbezirk.at/favoriten/c-lokales/wien-favoriten-sperre-der-gudrunstrasse-nach-simmering_a2788343. Zugegriffen: 9. Juni 2020.
- Rechtsinformation des Bundes. (2015). ABl 2015/23. Verordnung des Gemeinderates betreffend Feststellung der Hauptstraßen und Nebenstraßen. https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/Gemeinderecht/GEMRE_WI_90101_V001_115_2015/GEMRE_WI_90101_V001_115_2015.html. Zugegriffen: 20. Juli 2020.

- Sammer, G., Fellendorf, M., Herry, M., Karmasin, H., Klementsitz, R., Kohla, B., Meschik, M., Rehr, K., Reiter, T., Schneider, C., Sedlacek, N., Tomschy, R. & Wolf, E. (2011). *KOMOD - Konzeptstudie Mobilitätsdaten Österreichs, Gesamtbericht. Eine Studie finanziert im Rahmen der 3. Ausschreibung der Programmlinie ways2go des Forschungs- und Technologieprogramms iv2splus* (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Hrsg.), Wien. https://online.tugraz.at/tug_online/voe_main2.getVollText?pDocumentNr=287638&pCurrPk=69314. Zugegriffen: 30. Oktober 2020.
- Schick, P. (2003). *Einfluss von Streckenbeeinflussungsanlagen auf die Kapazität von Autobahnabschnitten sowie die Stabilität des Verkehrsflusses* (Veröffentlichungen aus dem Institut für Strassen- und Verkehrswesen Nr. 35). Stuttgart: Institut für Straßen- und Verkehrswesen - Universität Stuttgart. (Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss. 2003).
- Schloß Schönbrunn Kultur- u. Betriebsges.m.b.H. (2019, 13. November). Arrival Center Schönbrunn. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20190913_OTS0138/arrival-center-schoenbrunn. Zugegriffen: 19. Juni 2020.
- Schopf, J. M. (2015). *Studienblätter zu den Vorlesungen "Verkehrsplanung" und "Verkehrsplanung für Maschinenbauer"*. : Forschungsbereich für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik - TU Wien.
- Schumacher, D. (2018). *Do Taxi Drivers Take the Shortest Routes? A Large-Scale Analysis Using GPS-based Floating Car Data in Vienna*. MSc thesis, University of Zurich. Zurich.
- Schwillinsky, S., Weiss, L. & AustriaTech mit Unterstützung durch Fußeis, W. (2019). *Automatische Straßenverkehrszählung 2018. Bundesweite Auswertung* (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Hrsg.), Wien. https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:51a9a6ff-75cd-4b07-812c-d896a603f3d6/autom_str_zaehlung2018.pdf. Zugegriffen: 15. April 2020.
- Sharpe, D. (2015). Chi-Square Test is Statistically Significant: Now What? *Practical Assessment, Research, and Evaluation* 20 (8). <https://doi.org/10.7275/TBFA-X148>. Zugegriffen: 23. September 2020.
- Stadt Wien. (2015). Hauptstraßen A und B - Generelle Bundesstraßenplanung. <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/verkehrsplanung/strassen/bundesstrassen/hauptstrassen-ab.html>. Zugegriffen: 5. Juni 2020.
- Stadt Wien. (2016). Baustellenmanagement für Wien. <https://www.wien.gv.at/verkehr/baustellen/management/>. Zugegriffen: 4. Juni 2020.
- Stadt Wien. (2019a). Baustellen 2019 - Baustellen-Highlights. <https://www.wien.gv.at/verkehr/baustellen/grossbaustellen.htm>. Zugegriffen: 15. Juni 2020.
- Stadt Wien. (2019b). Friedrichstraße/Linke Wienzeile - Sanierung der Fahrbahn und neuer Radweg - realisiertes Bauvorhaben. <https://www.wien.gv.at/verkehr/strassen/bauen/grossprojekte/linke-wienzeile.html>. Zugegriffen: 15. Juni 2020.
- Stadt Wien. (2020). Straßenverkehrszählungen auf Wiener Gemeindestraßen. <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/verkehrsplanung/strassen/verkehrszaehlung/>. Zugegriffen: 4. Mai 2020.
- Stadt Wien und Ämter der Landesregierung. (2020). basemap.at. Verwaltungsgrundkarte Österreichs. <https://www.basemap.at/>. Zugegriffen: 5. August 2020.
- Startup Design. (2018). KALENDER 2018 Österreich. Feiertage, Ferien, KW. <https://kalender2018.at/>. Zugegriffen: 2. August 2020.

- Steierwald, G., Künne, H. D. & Vogt, W. (Hrsg.). (2005). *Stadtverkehrsplanung. Grundlagen, Methoden, Ziele* (2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage). Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Treiber, M. & Kesting, A. (2010). *Verkehrsdynamik und -simulation. Daten, Modelle und Anwendungen der Verkehrsflussdynamik* (Springer-Lehrbuch). Berlin, Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- VIENNA.AT (Russmedia Digital GmbH, Hrsg.). (2013, 24. April). Autofahrer in Wien im Durchschnitt mit 25 km/h unterwegs. <https://www.vienna.at/autofahrer-in-wien-im-durchschnitt-mit-25-kmh-unterwegs/3556244>. Zugegriffen: 16. September 2020.
- Wiener Linien GmbH & Co KG. (2016, 23. Juni). Neue Straßenbahngleise bringt der Sommer. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20160623_OTS0051/neue-strassenbahngleise-bringt-der-sommer-bild. Zugegriffen: 8. Juni 2020.
- Wiener Linien GmbH & Co KG. (2018a, 26. Juni). Wiener Linien nutzen Sommer für Modernisierung der Straßenbahngleise. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180626_OTS0040/wiener-linien-nutzen-sommer-fuer-modernisierung-der-strassenbahngleise. Zugegriffen: 13. Juni 2020.
- Wiener Linien GmbH & Co KG. (2018b, 17. Juli). Gleistauscharbeiten am Neubaugürtel. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20180717_OTS0087/wiener-linien-gleistauscharbeiten-am-neubauguertel. Zugegriffen: 12. Juni 2020.
- Wiener Linien GmbH & Co KG. (2020). Netzausbau - Johann-Nepomuk-Berger-Platz. <https://www.wienerlinien.at/eportal3/ep/channelView.do/pageTypeId/66528/channelId/-2000704>. Zugegriffen: 9. Juni 2020.
- WKO. (2019a, 26. Juni). Diese Sommerbaustellen wird es heuer geben. <https://news.wko.at/news/wien/Diese-Sommerbaustellen-wird-es-heuer-geben.html>. Zugegriffen: 15. Juni 2020.
- WKO. (2019b, 06. August). Radweg-Baustelle am Naschmarkt sorgt für Verkehrschaos. <https://news.wko.at/news/wien/Radweg-Baustelle-am-Naschmarkt-sorgt-fuer-Verkehrschaos.html>. Zugegriffen: 9. Juli 2020.
- Yap, B. W. & Sim, C. H. (2011). Comparisons of various types of normality tests. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 81 (12), 2141–2155. <https://doi.org/10.1080/00949655.2010.520163>. Zugegriffen: 1. Oktober 2020.

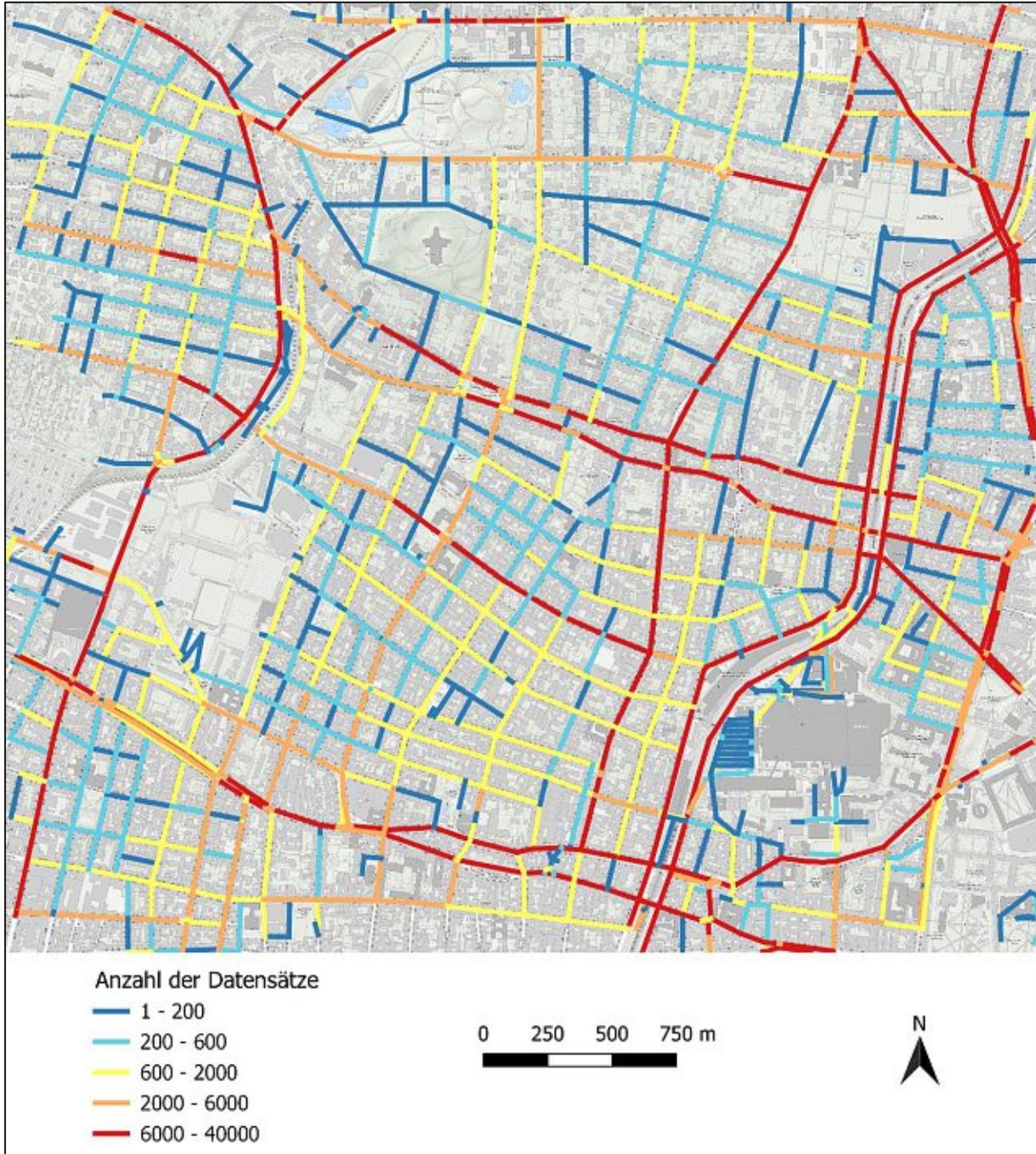


Abb. 10.2: Anzahl der Datensätze pro Straßenkante im Zeitraum 09.07.-14.10. (98 Tage); M 1:25.000

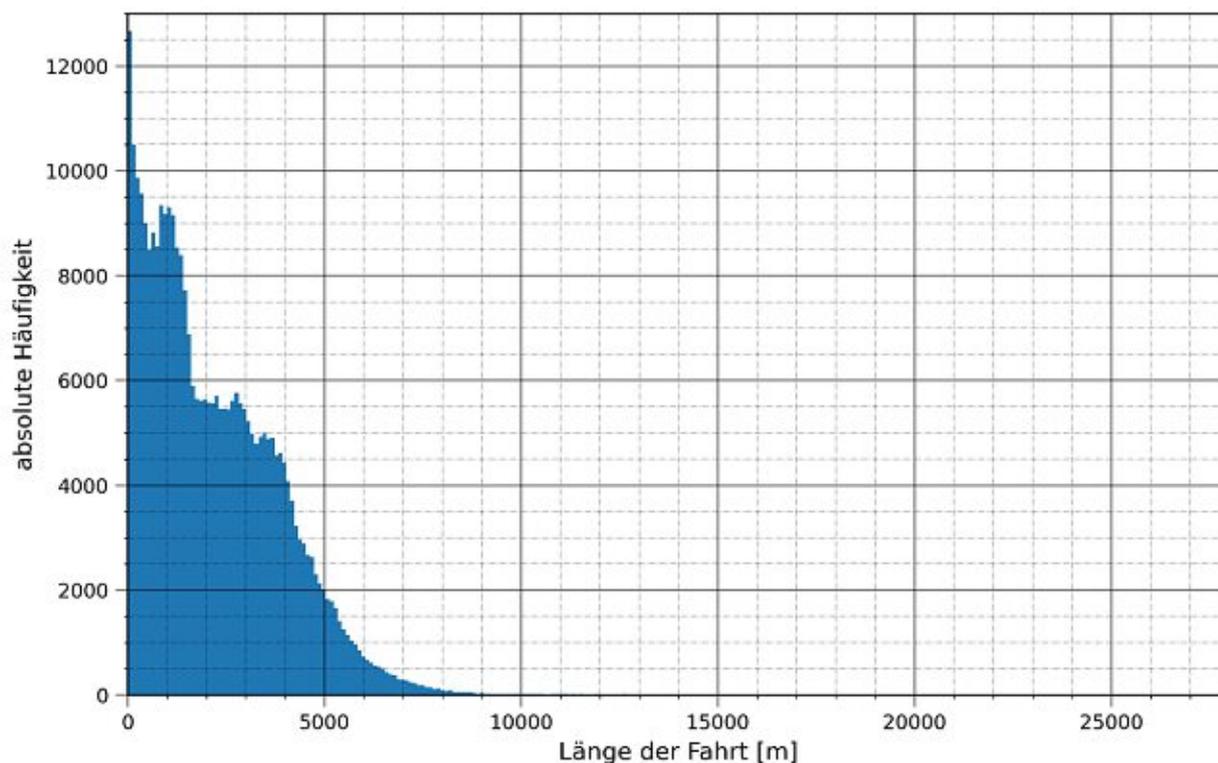


Abb. 10.3: Histogramm (100 m Einheit) der Längen der Fahrten während des Untersuchungszeitraums

10.2 Datenaufbereitung

10.2.1 Tabellen zur OpenStreetMap

| Straßenkategorie | Anzahl der Datensätze (osm_id) | | Anzahl der Datensätze (road_id) | | Gesamtlänge | |
|------------------|--------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | absolut [-] | relativ [%] | absolut [-] | relativ [%] | absolut [m] | relativ [%] |
| Hauptstraße B | 33 | 4,09 | 92 | 4,53 | 5.241 | 4,56 |
| Hauptstraße A | 291 | 36,10 | 813 | 39,99 | 35.635 | 31,03 |
| Nebenstraße | 482 | 59,80 | 1.128 | 55,48 | 73.976 | 64,41 |
| Summe | 806 | 100,00 | 2.033 | 100,00 | 114.852 | 100,00 |

Tab. 10.1: Anzahl der Straßenkanten und Gesamtlänge je Straßenkategorie (OSM 2018)

| n = 2.033 (100 %) | $v_{\max} = 5 \text{ km/h}$ | | $v_{\max} = 30 \text{ km/h}$ | | $v_{\max} = 50 \text{ km/h}$ | |
|-------------------|-----------------------------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|
| Straßenkategorie | absolut [-] | relativ [%] | absolut [-] | relativ [%] | absolut [-] | relativ [%] |
| Hauptstraße B | - | - | - | - | 92 | 4,53 |
| Hauptstraße A | - | - | 105 | 5,16 | 708 | 34,83 |
| Nebenstraße | 35 | 1,72 | 1.019 | 50,12 | 74 | 3,64 |
| Summe | 35 | 1,72 | 1.124 | 55,29 | 874 | 42,99 |

Tab. 10.2: Abs. und rel. Anteile nach Straßenkategorie und zul. Höchstgeschw.: 09.07.-18.07. (OSM 2018)

10.2.2 Abbildungen zu den Floating-Car-Daten

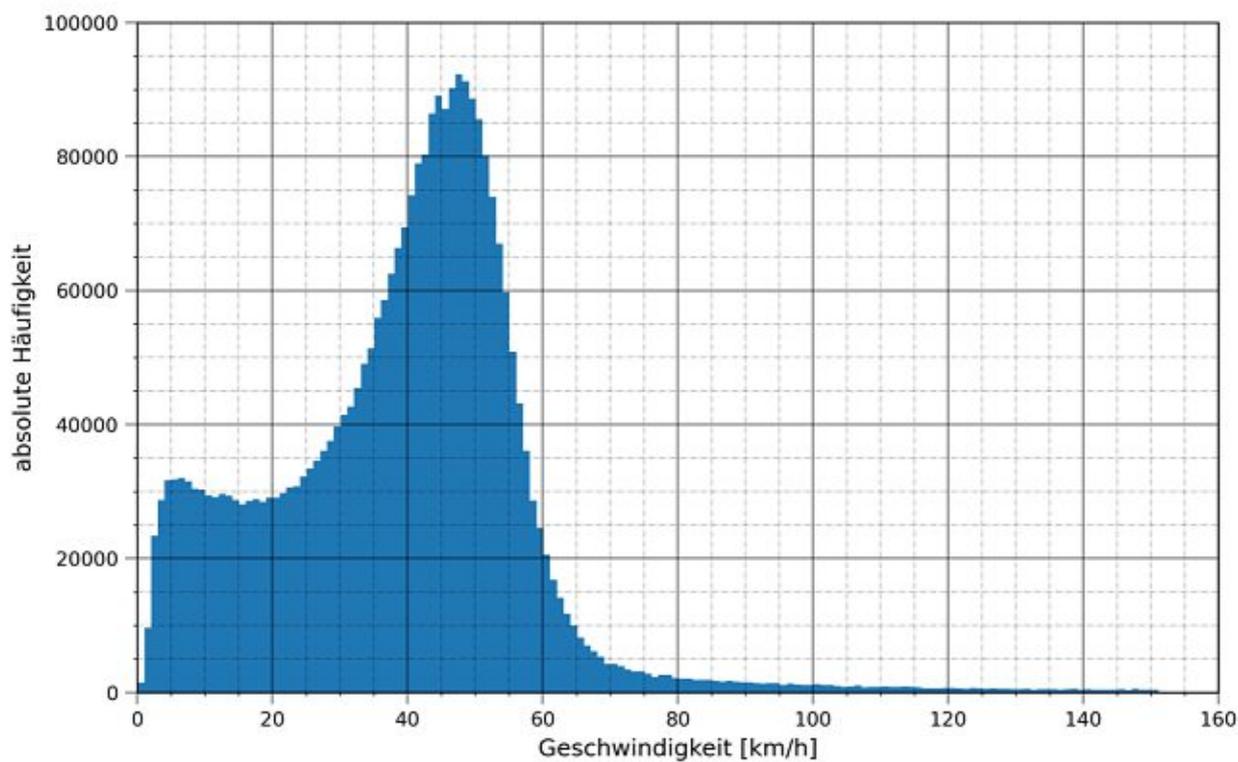


Abb. 10.4: Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Hauptstraße B“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h

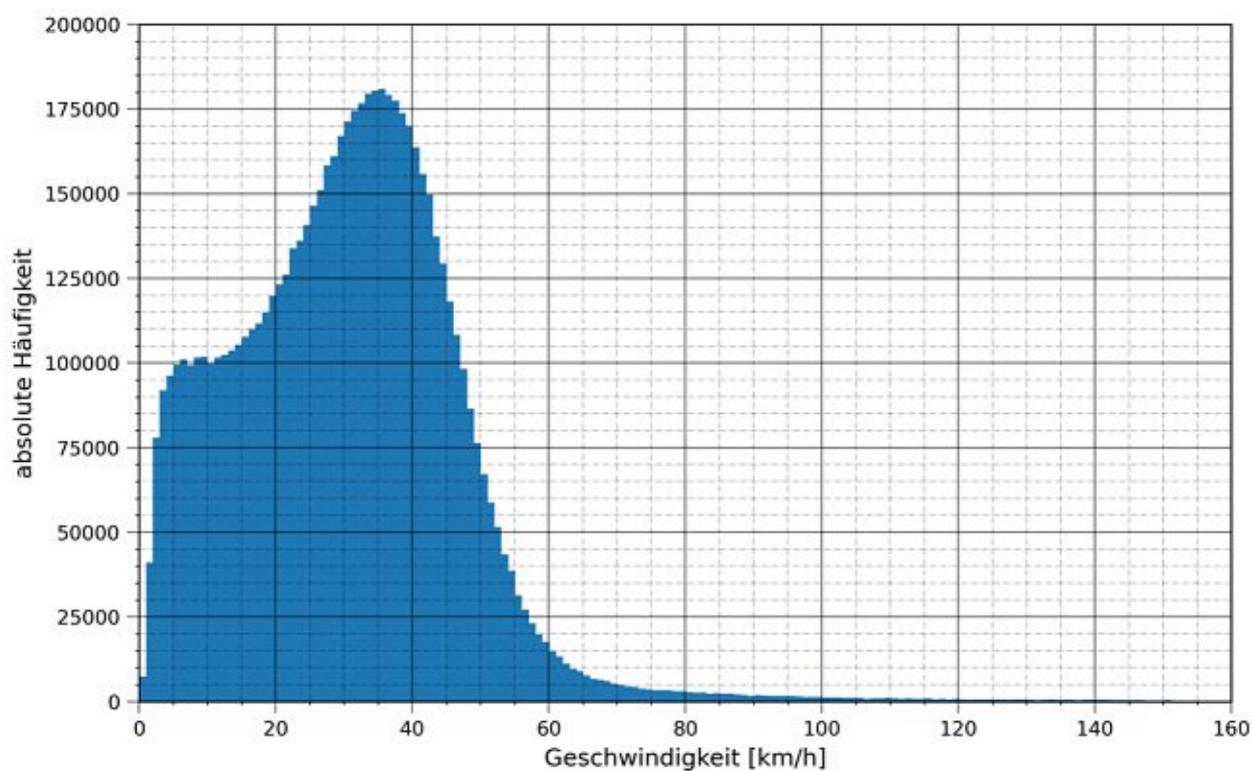


Abb. 10.5: Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Hauptstraße A“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h

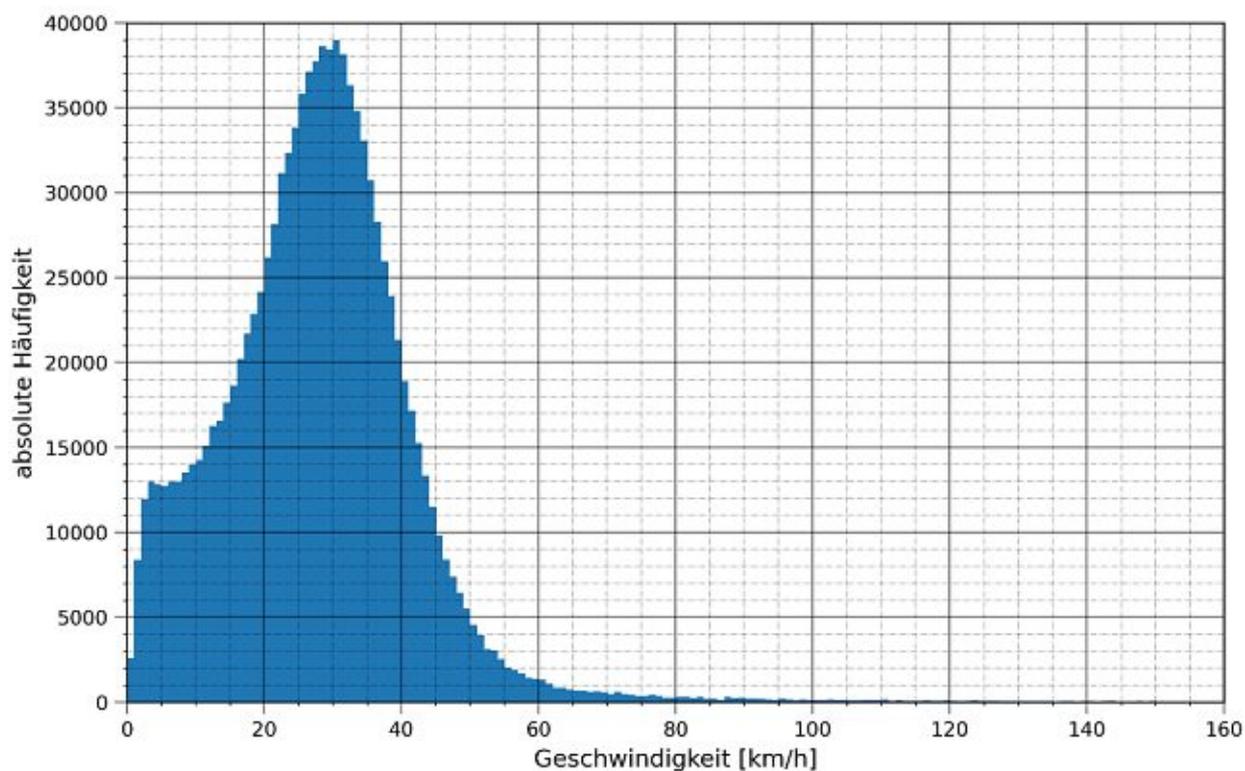


Abb. 10.6: Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Hauptstraße A“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h

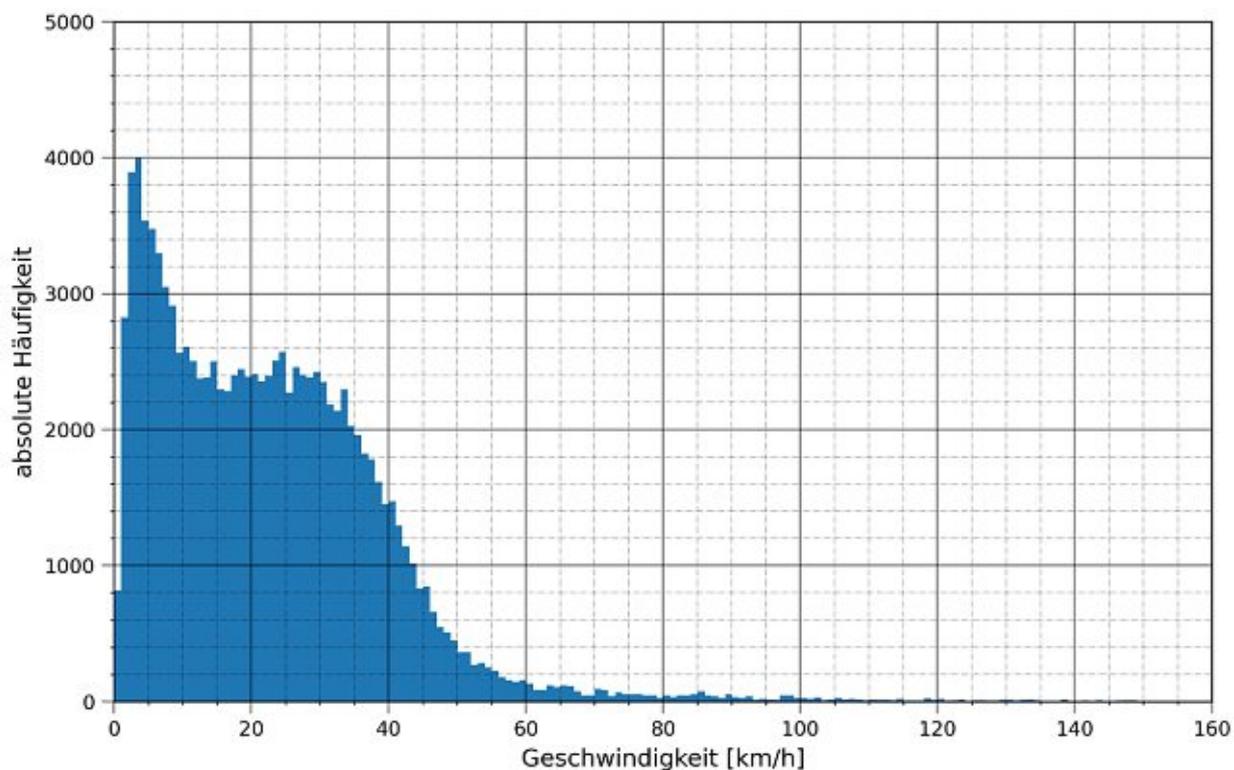


Abb. 10.7: Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Nebenstraße“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h

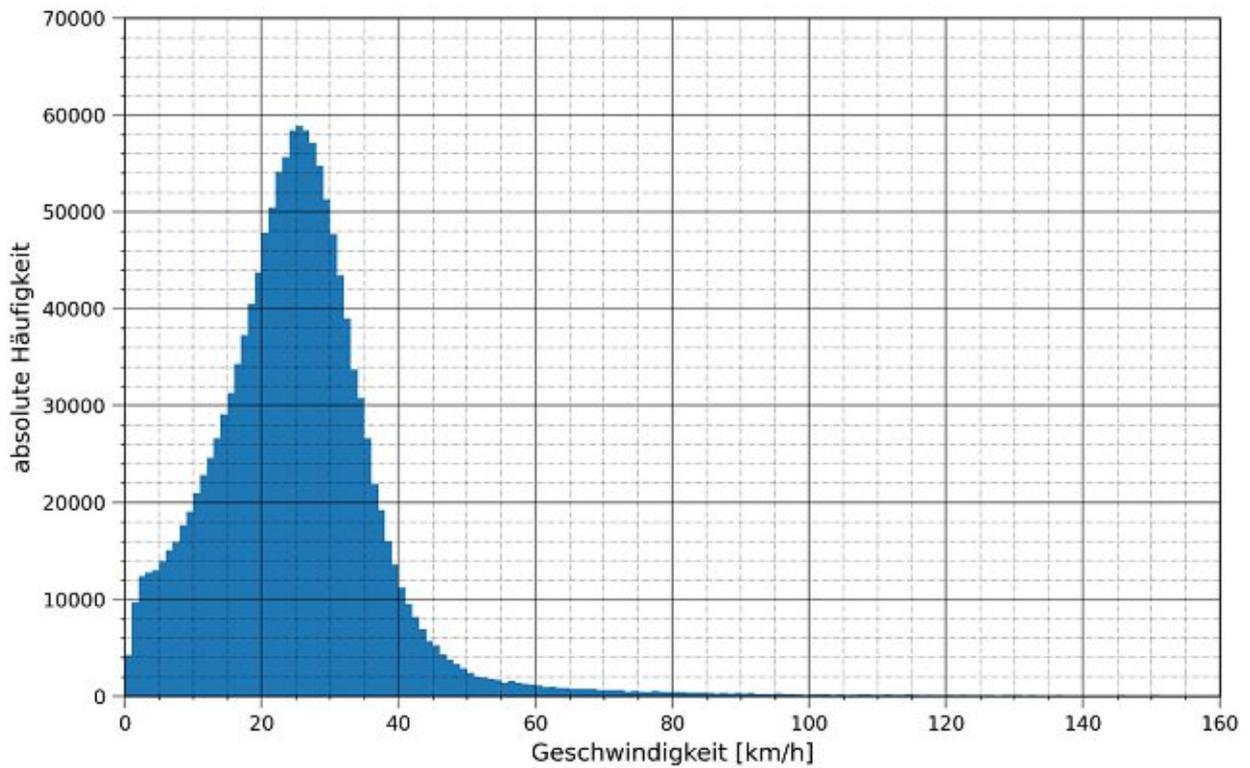


Abb. 10.8: Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Nebenstraße“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h

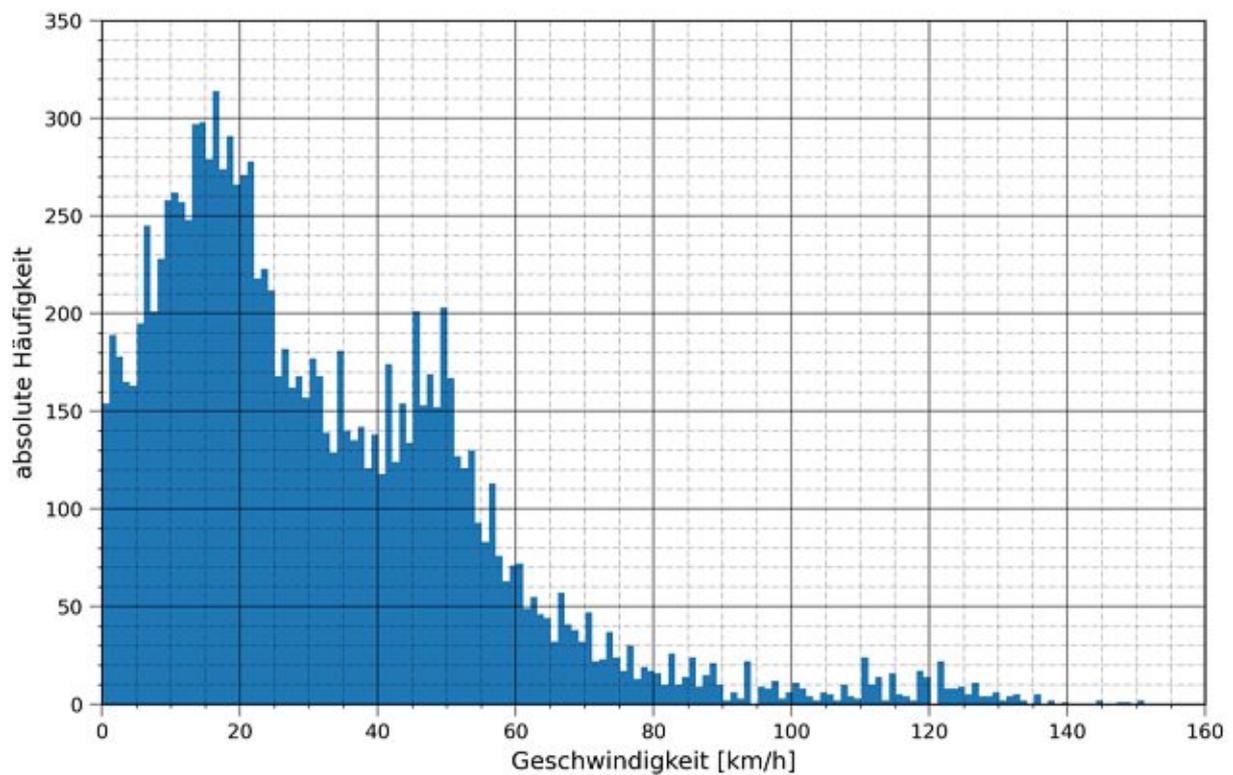


Abb. 10.9: Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Nebenstraße“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 5 km/h

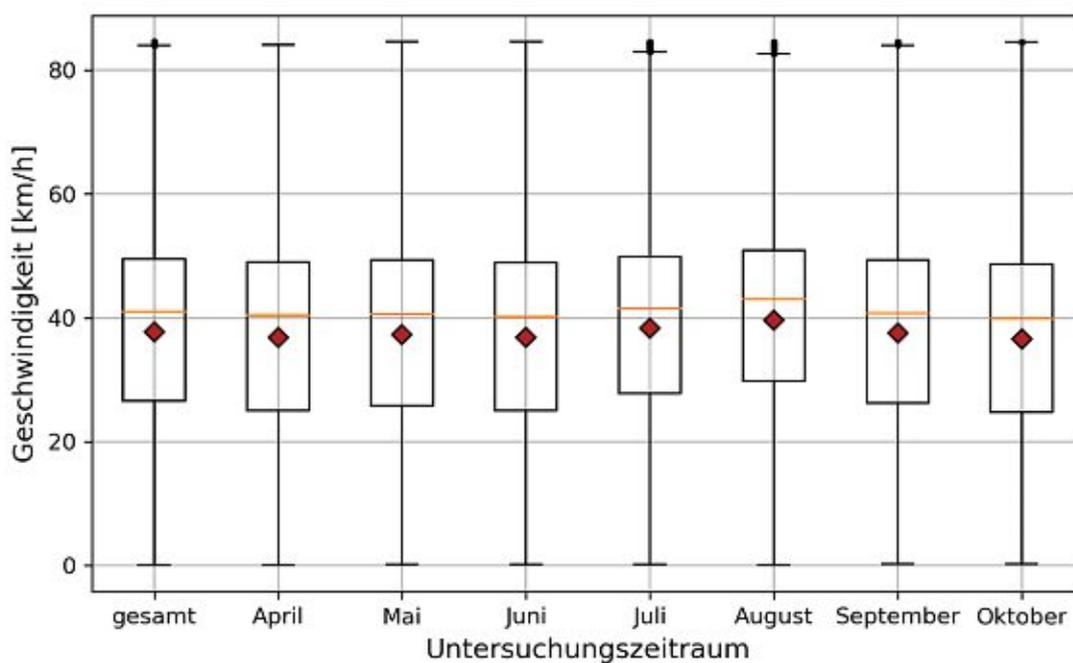


Abb. 10.10: Box-Plots der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Hauptstraße B“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h nach der Filterstufe 2

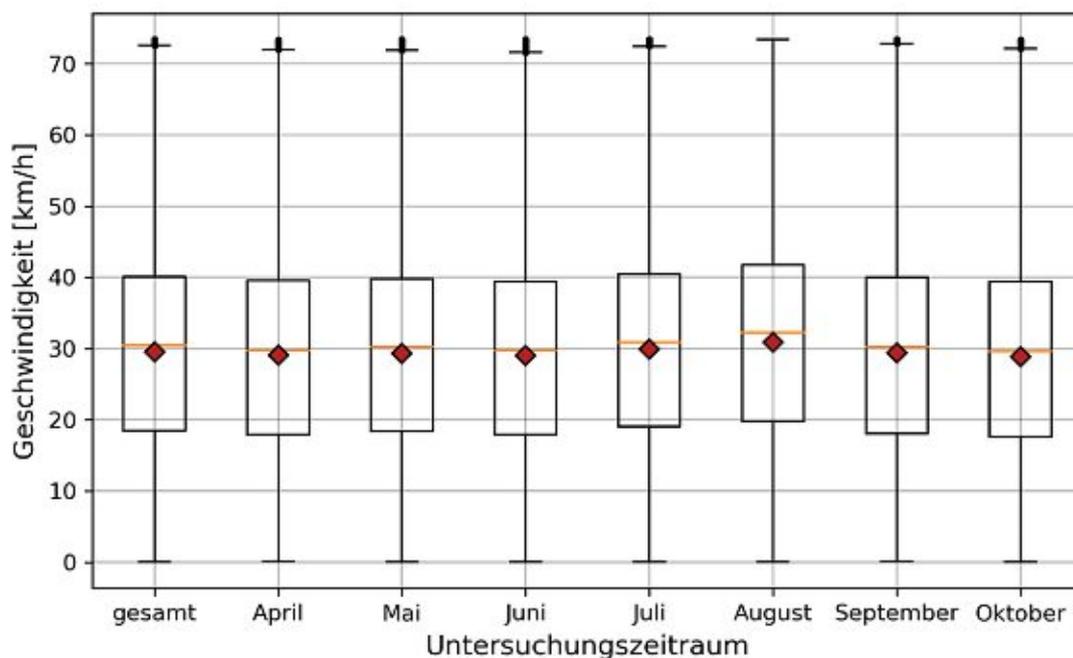


Abb. 10.11: Box-Plots der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Hauptstraße A“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h nach der Filterstufe 2

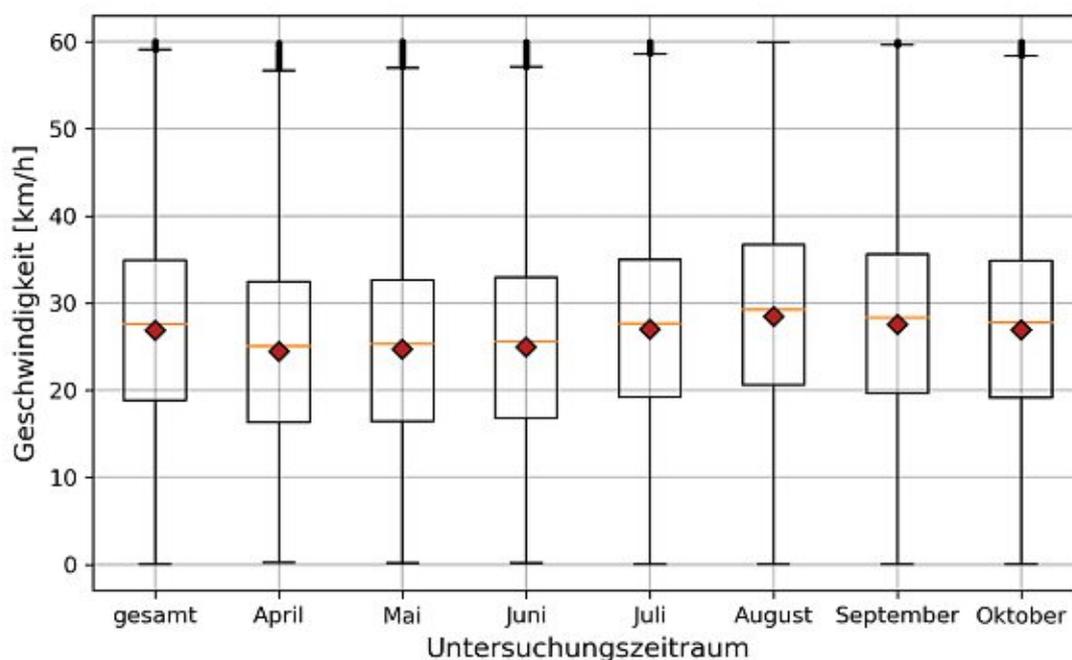


Abb. 10.12: Box-Plots der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Hauptstraße A“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h nach der Filterstufe 2

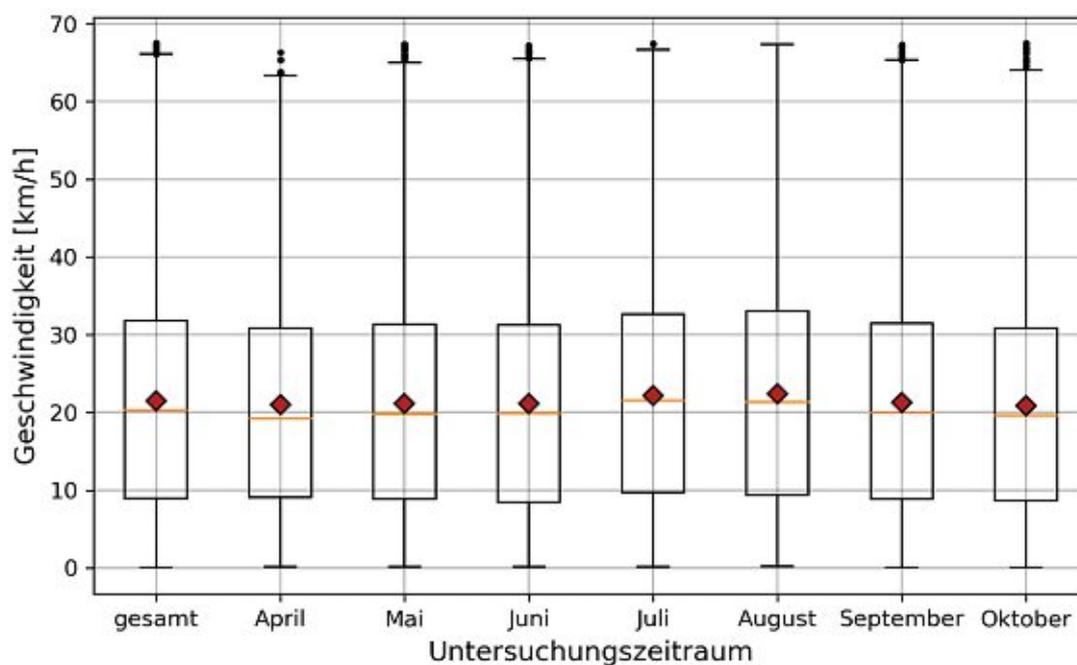


Abb. 10.13: Box-Plots der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Nebenstraße“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h nach der Filterstufe 2

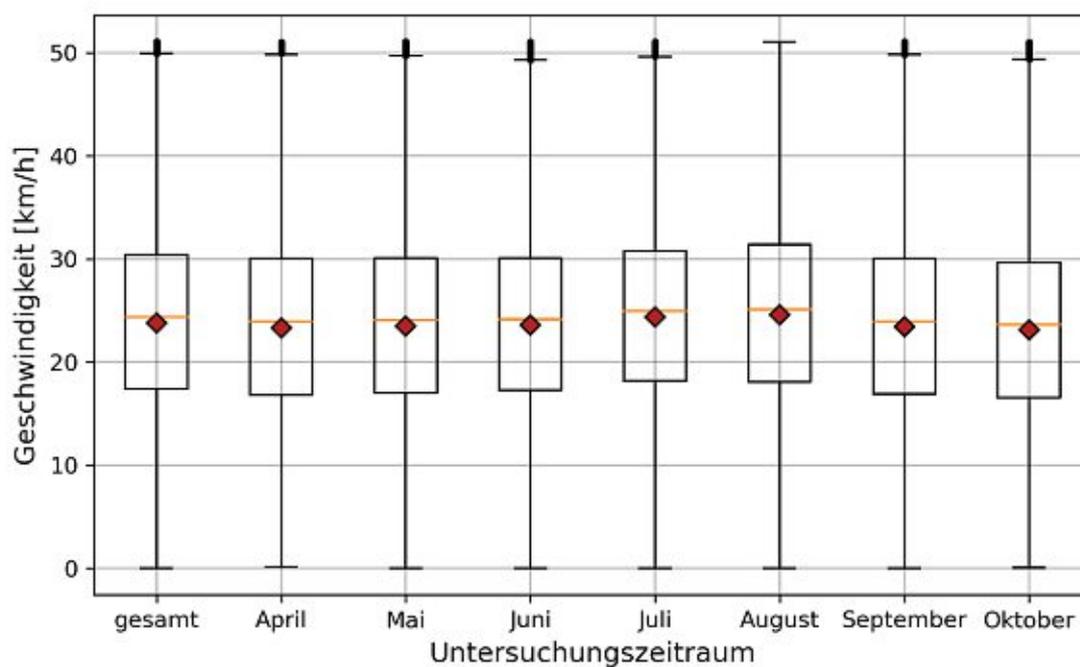


Abb. 10.14: Box-Plots der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Nebenstraße“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h nach der Filterstufe 2

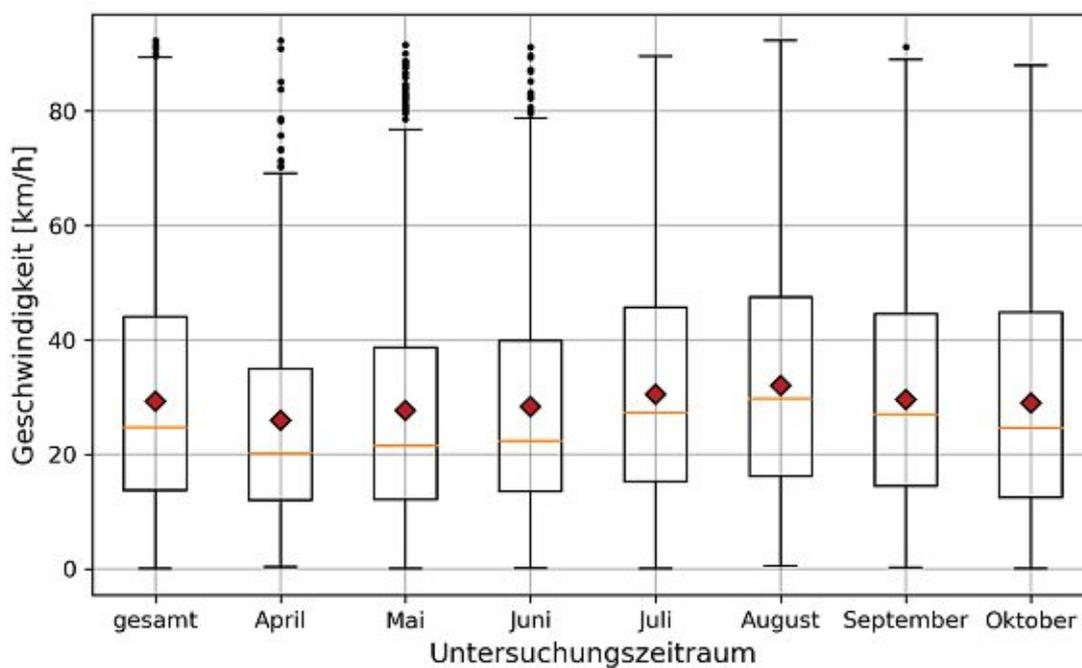


Abb. 10.15: Box-Plots der Geschwindigkeiten der Straßenkategorie „Nebenstraße“ bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 5 km/h nach der Filterstufe 2

10.3 Analyse der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Taxifahrten

10.3.1 Veränderung der Anzahl der Fahrten zur Ausgangslage

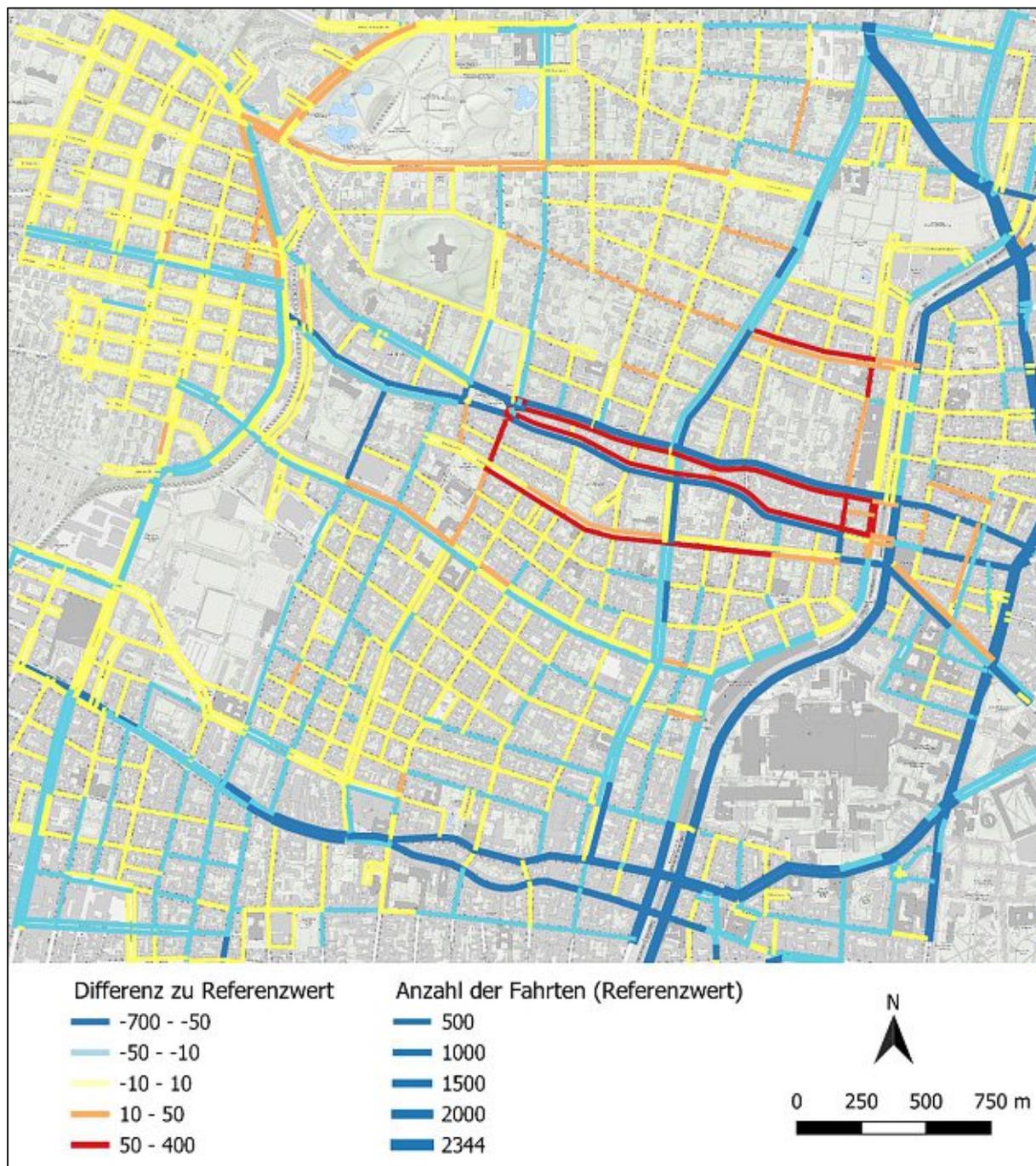


Abb. 10.16: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 21 zur Ausgangslage; M 1:25.000

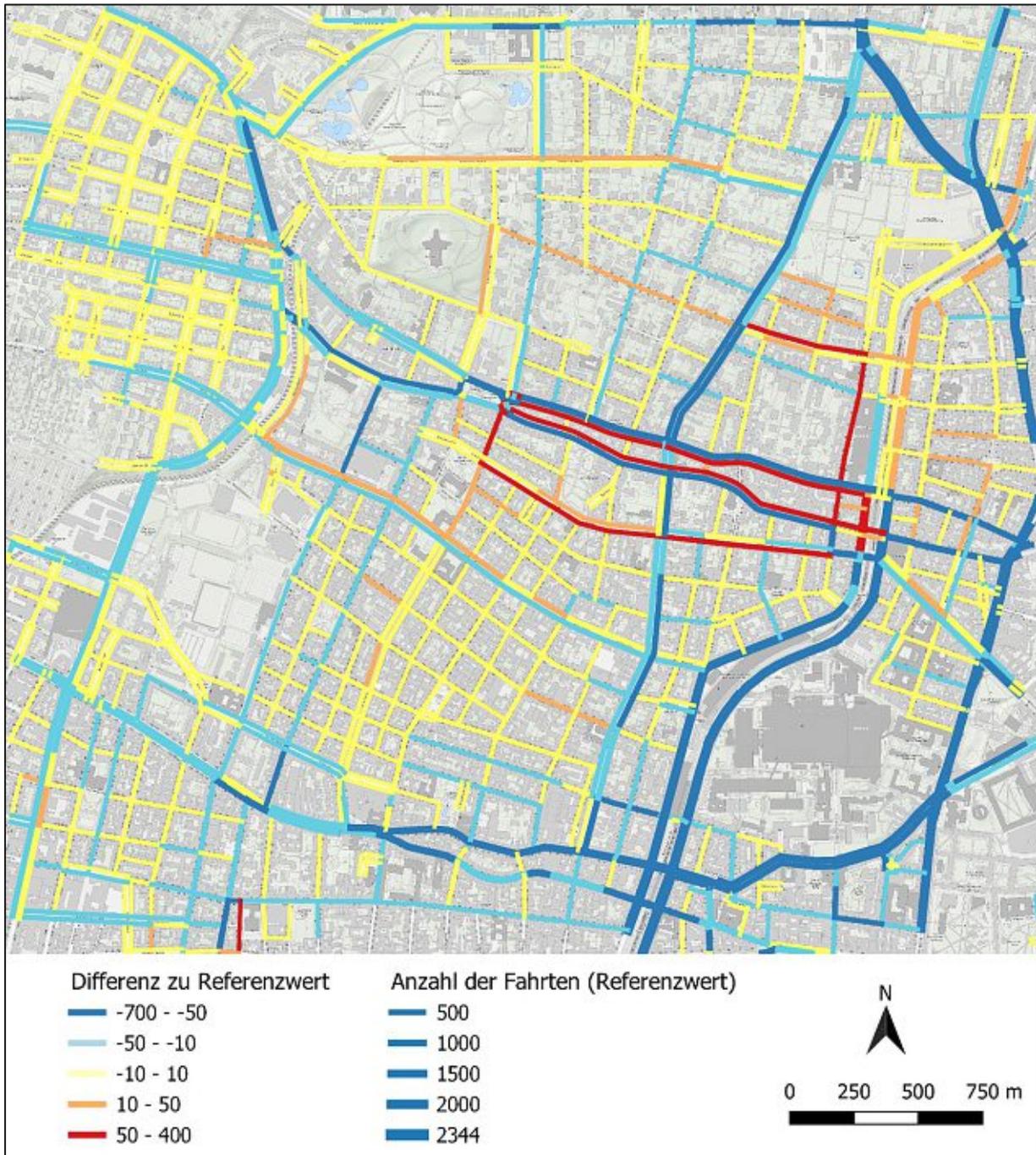


Abb. 10.17: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 22 zur Ausgangslage;
M 1:25.000

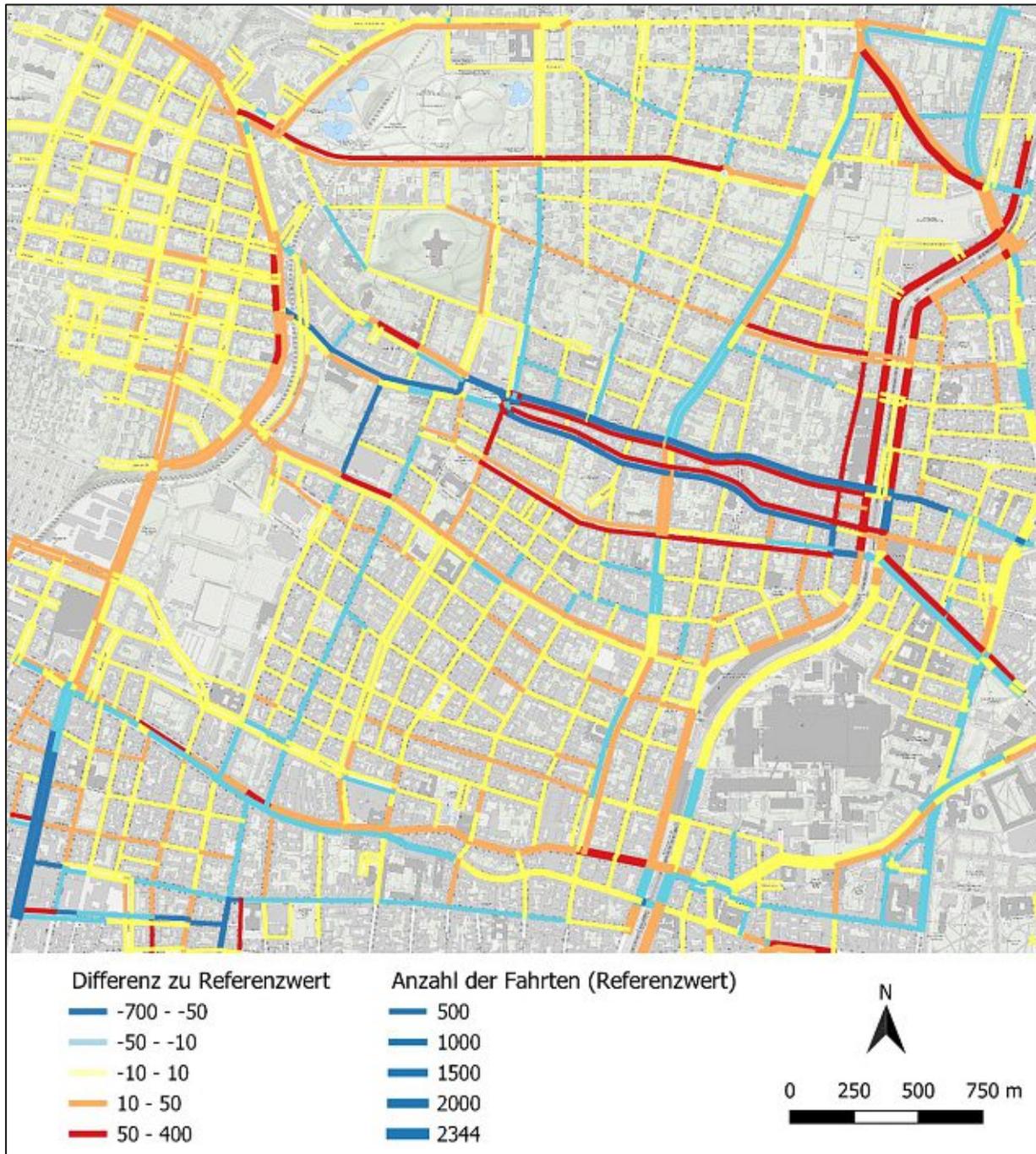


Abb. 10.18: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 24 zur Ausgangslage; M 1:25.000

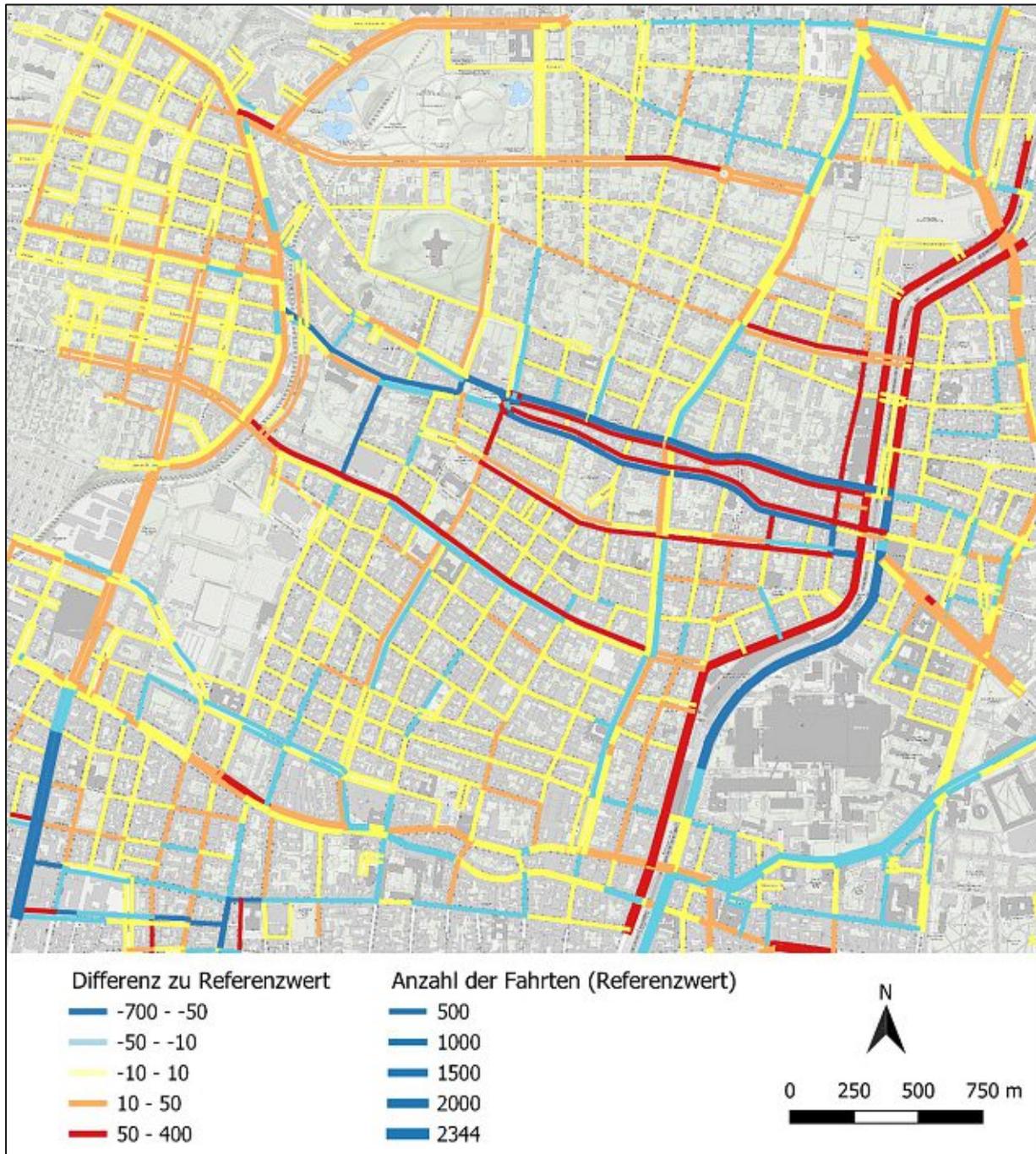


Abb. 10.19: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 25 zur Ausgangslage;
M 1:25.000

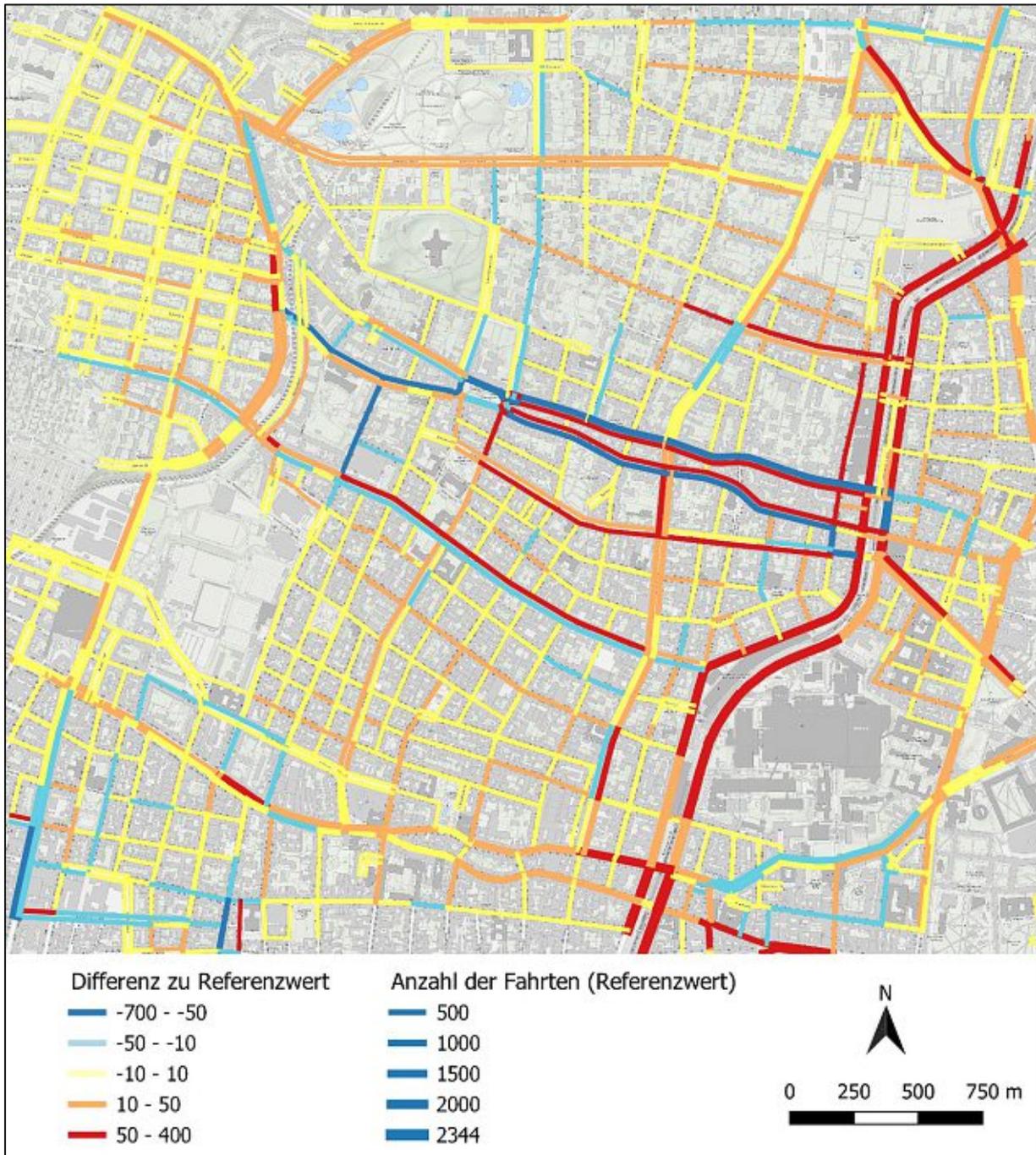


Abb. 10.20: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 26 zur Ausgangslage; M 1:25.000

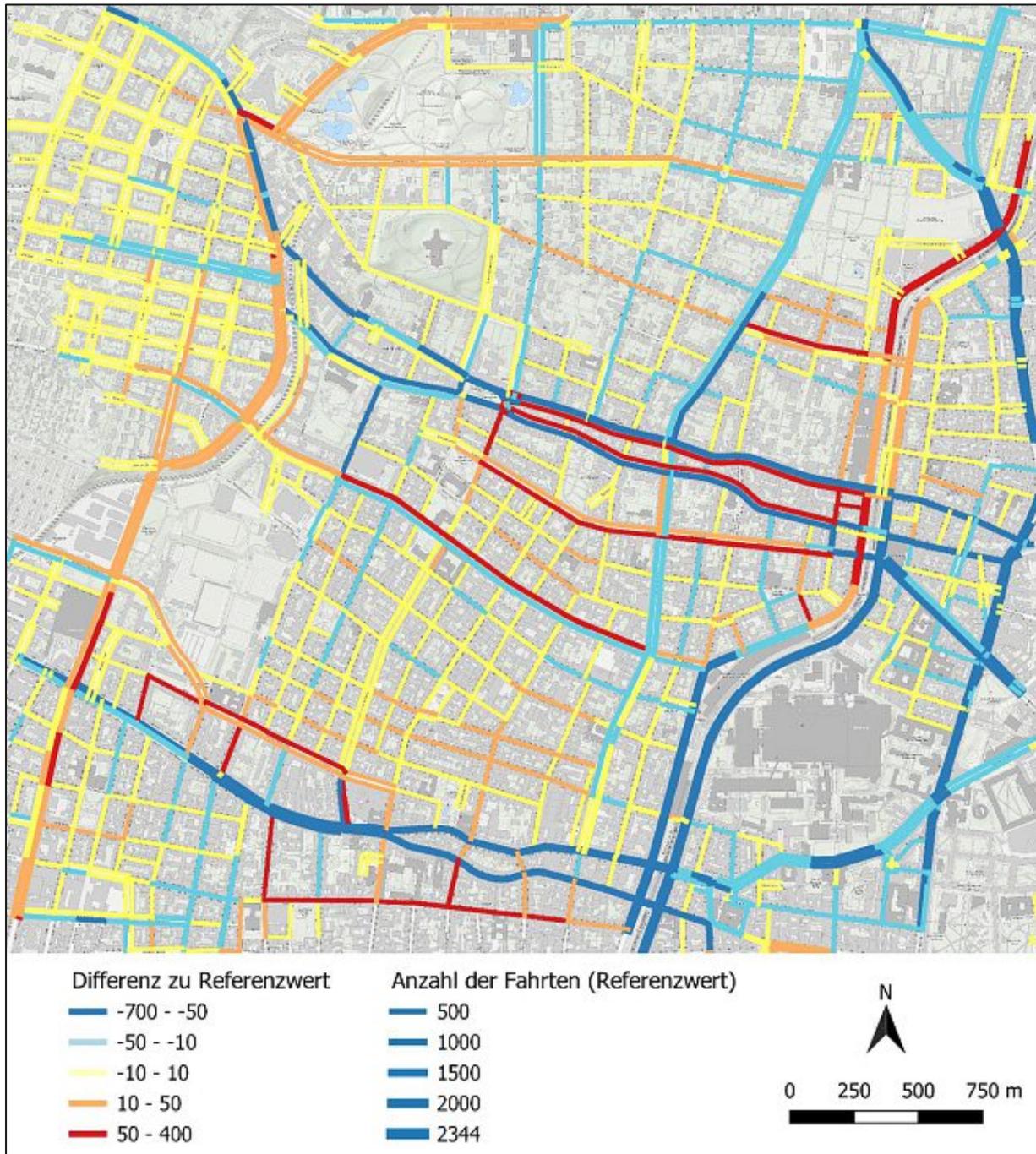


Abb. 10.21: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 27 zur Ausgangslage;
M 1:25.000

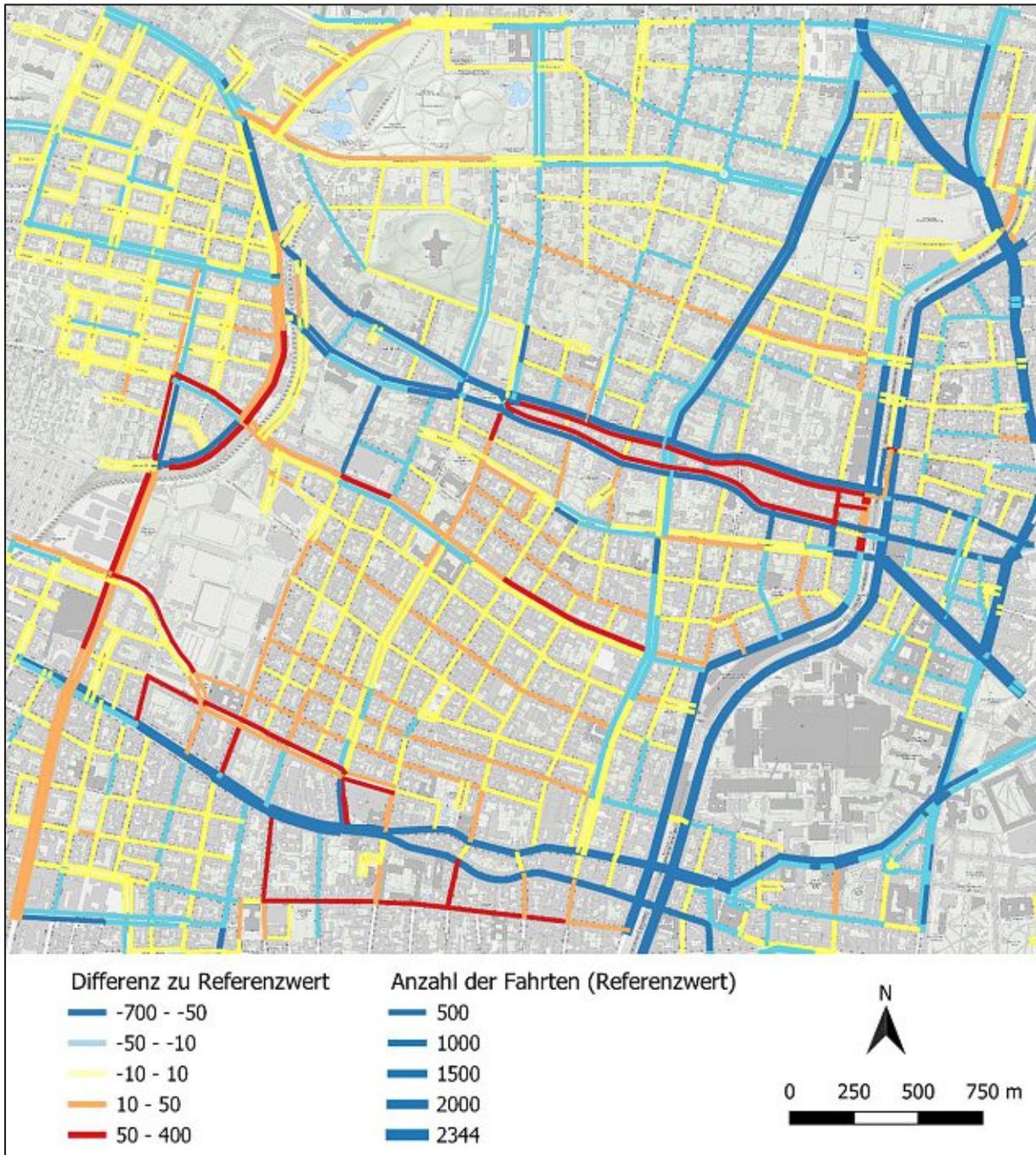


Abb. 10.22: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 28 zur Ausgangslage; M 1:25.000

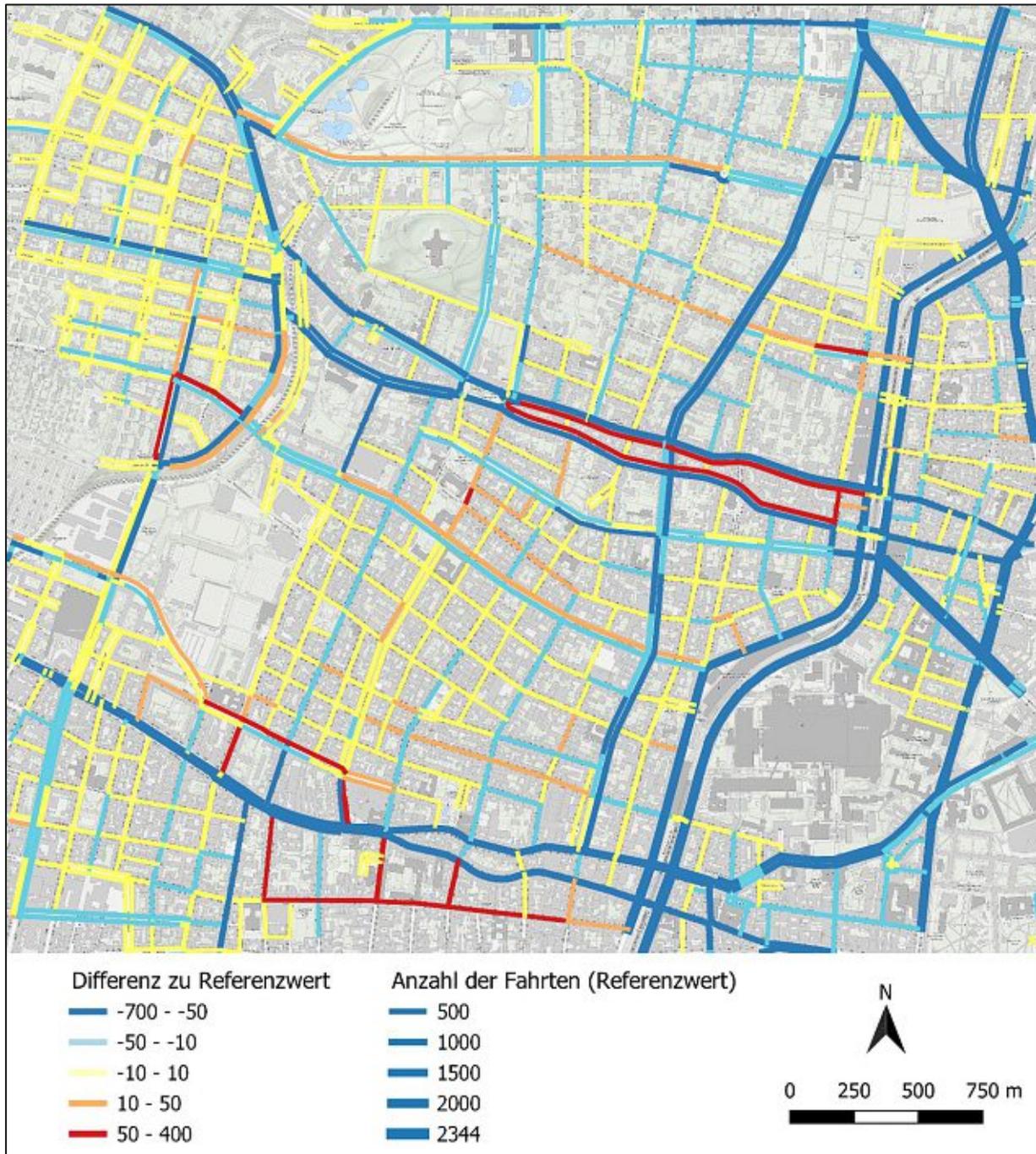


Abb. 10.23: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 29 zur Ausgangslage; M 1:25.000

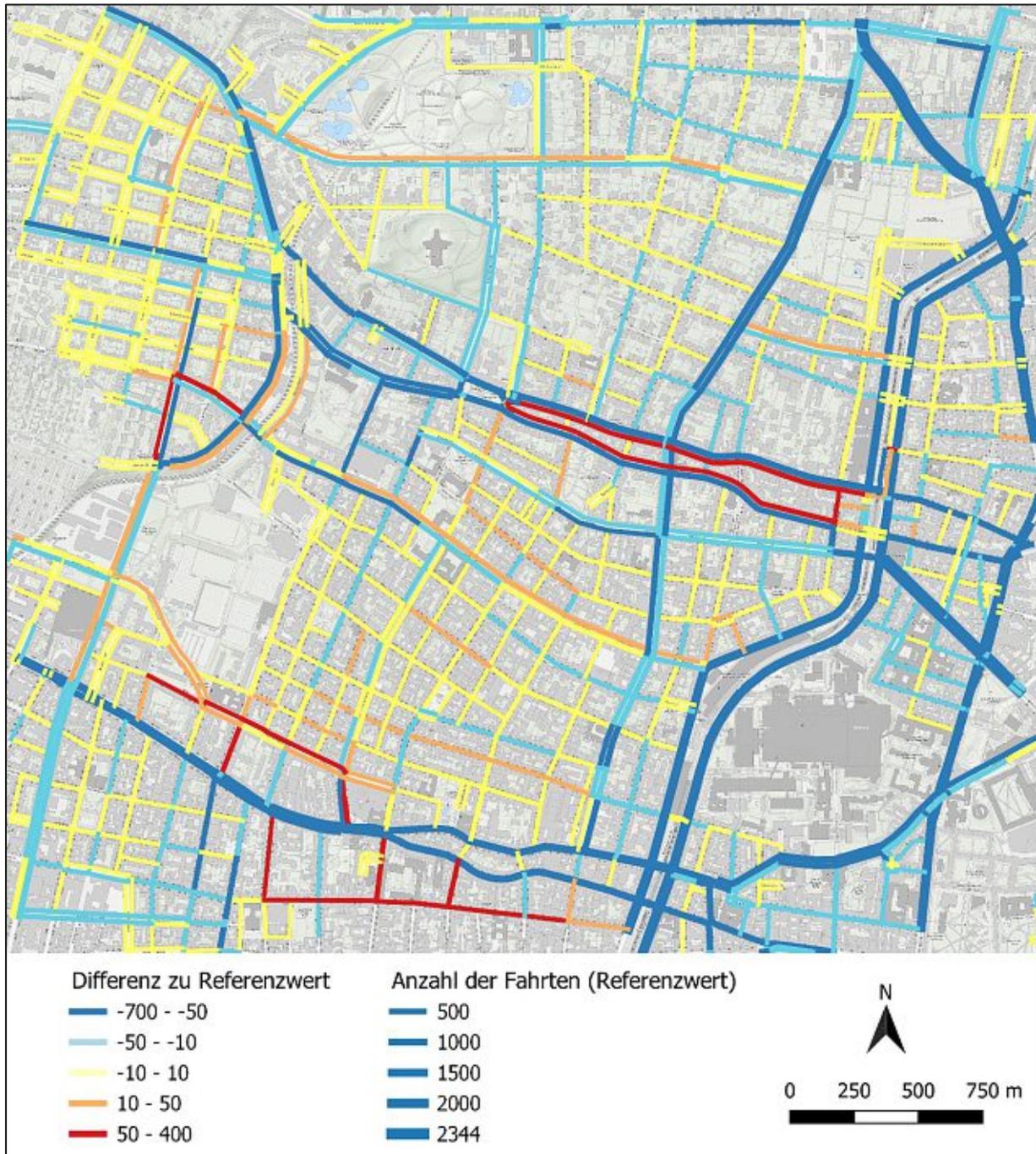


Abb. 10.24: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 30 zur Ausgangslage; M 1:25.000

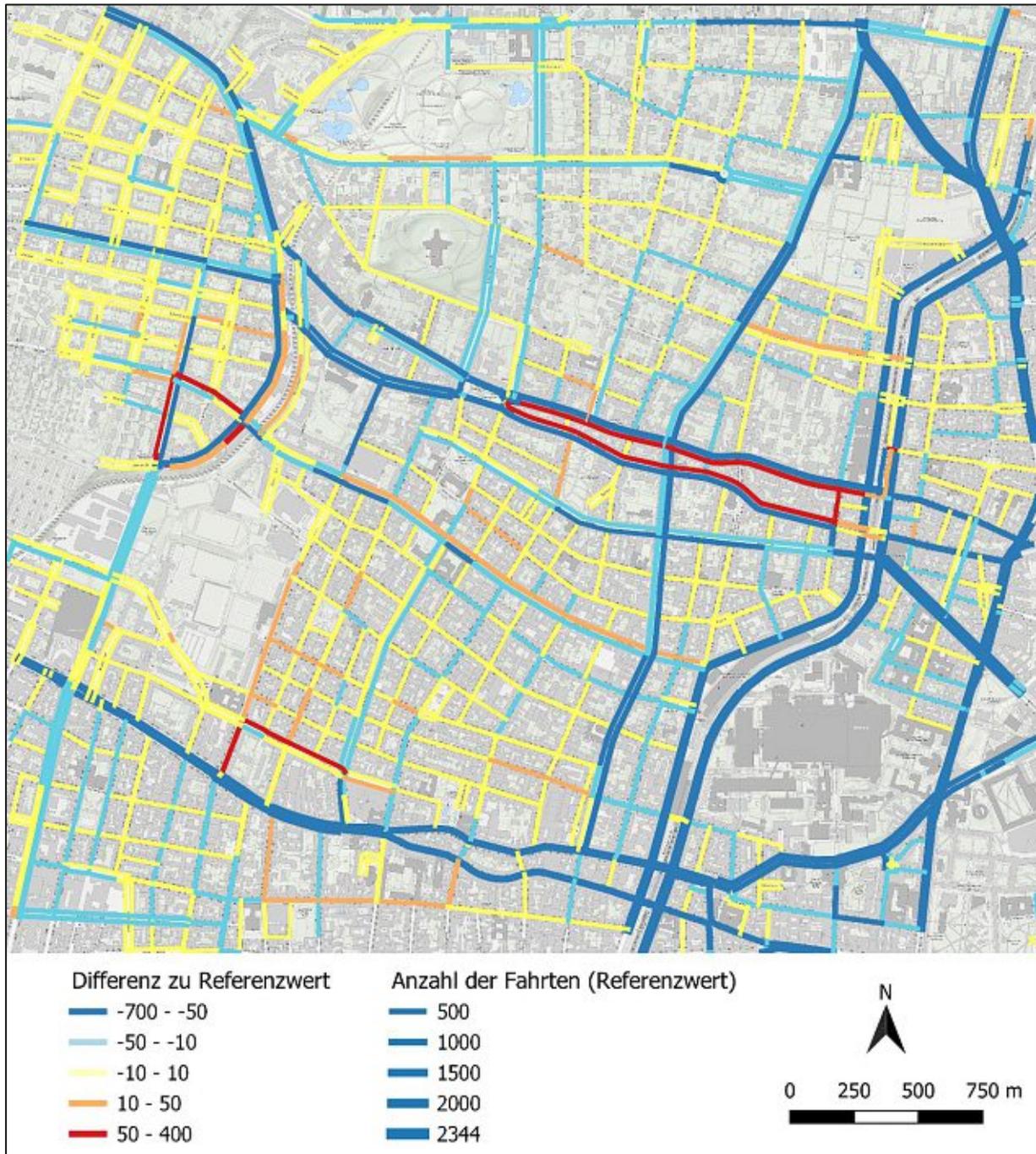


Abb. 10.25: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 31 zur Ausgangslage; M 1:25.000

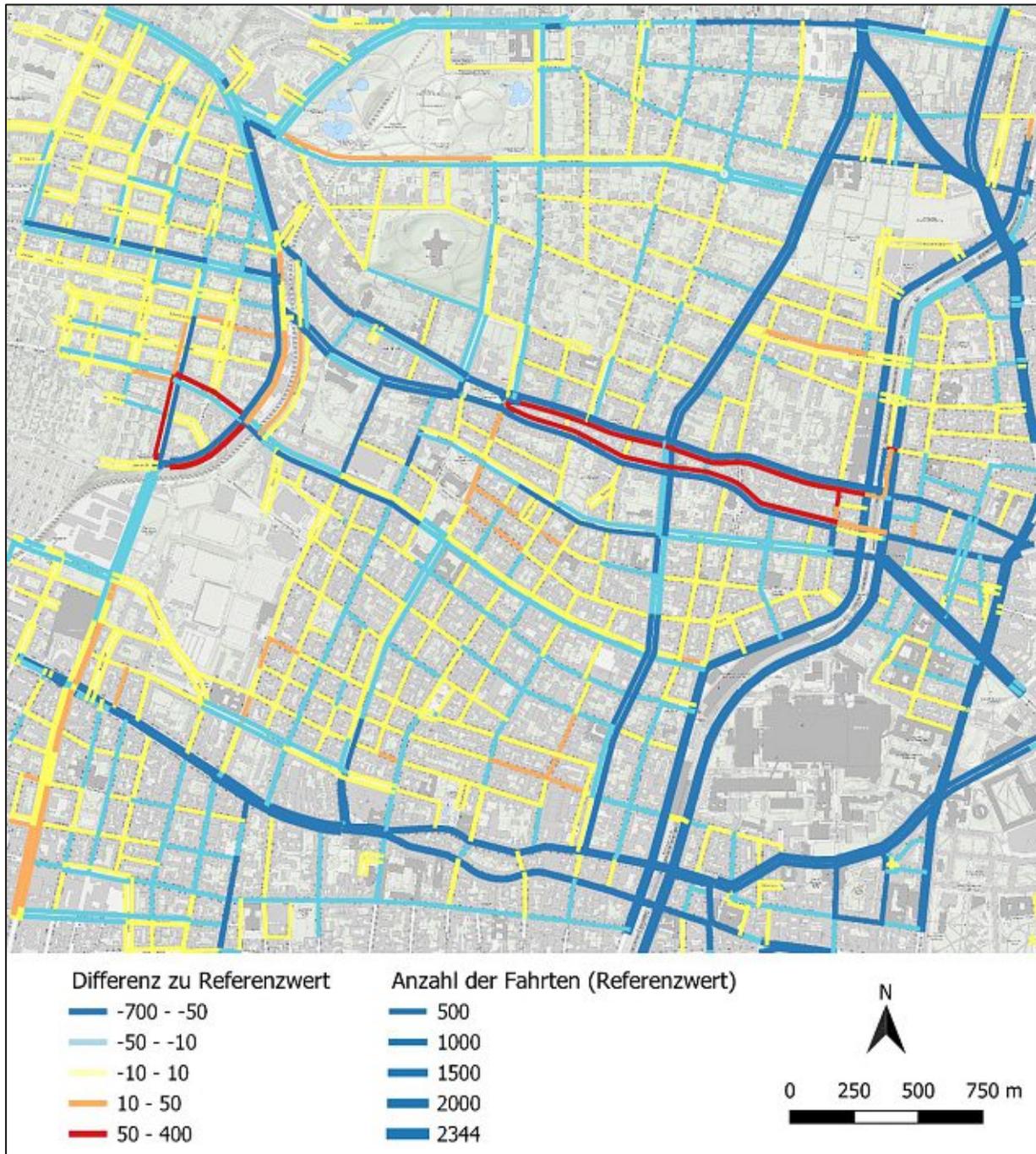


Abb. 10.26: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 32 zur Ausgangslage;
M 1:25.000

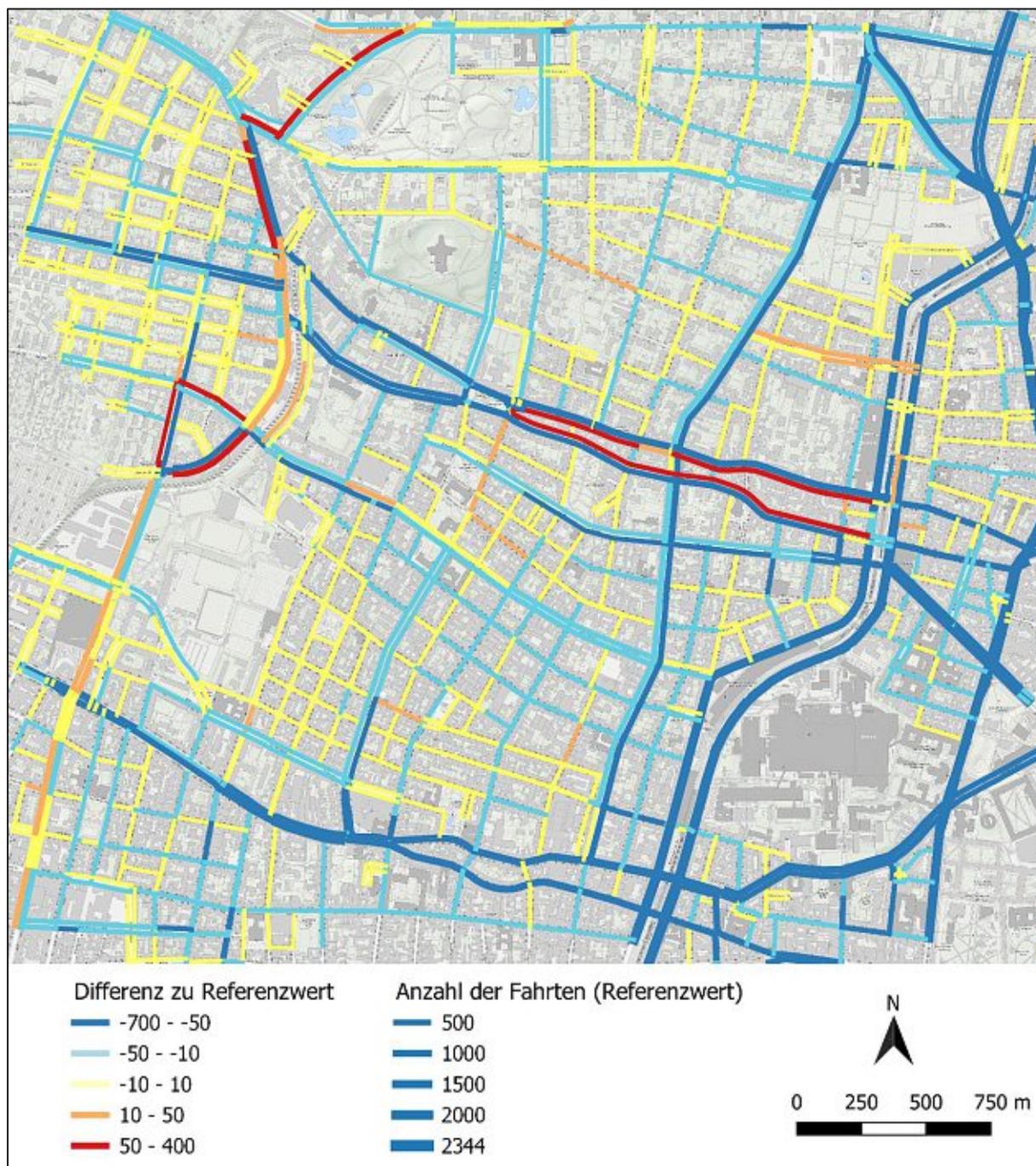


Abb. 10.27: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 33 zur Ausgangslage; M 1:25.000

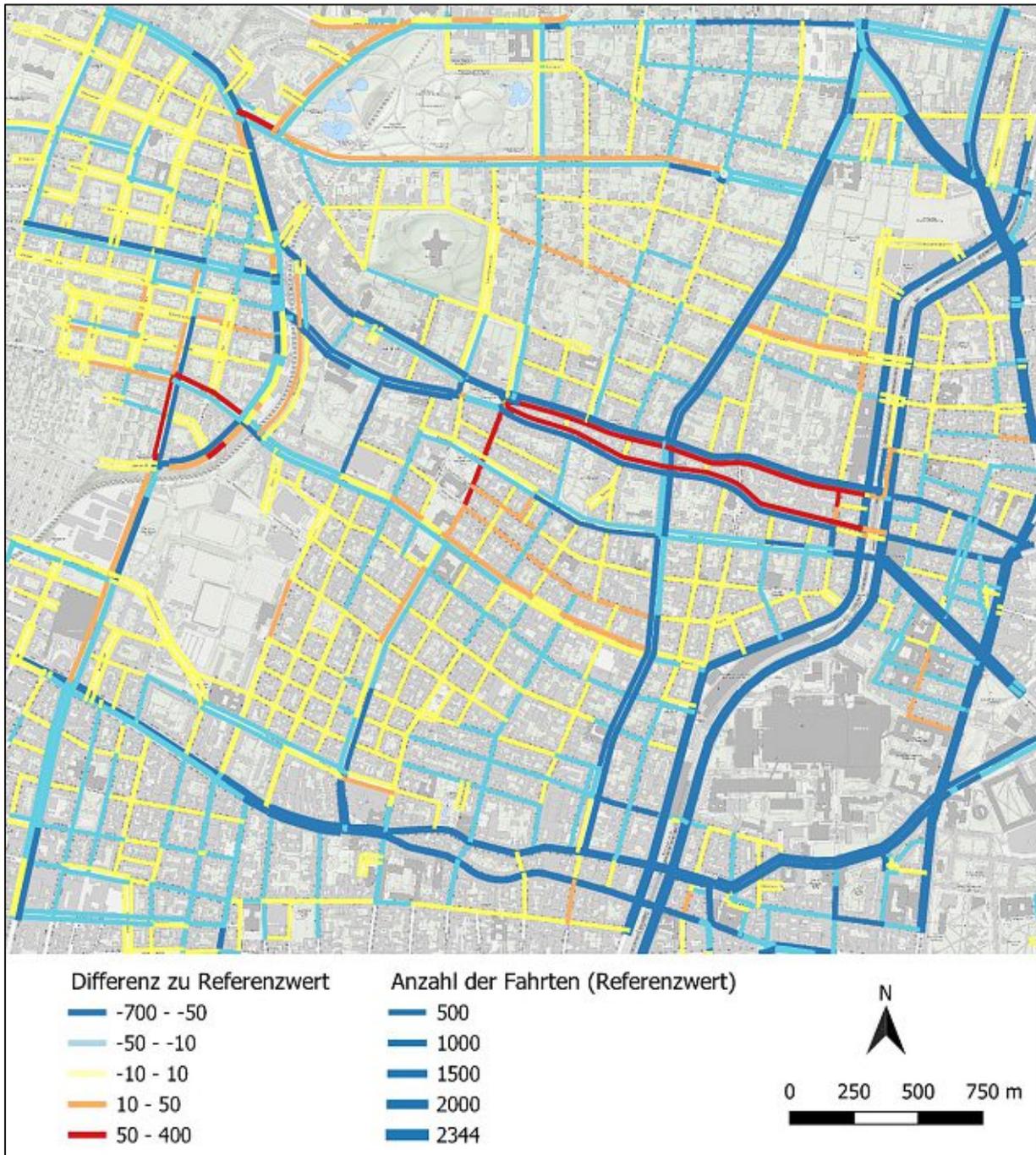


Abb. 10.28: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 34 zur Ausgangslage; M 1:25.000

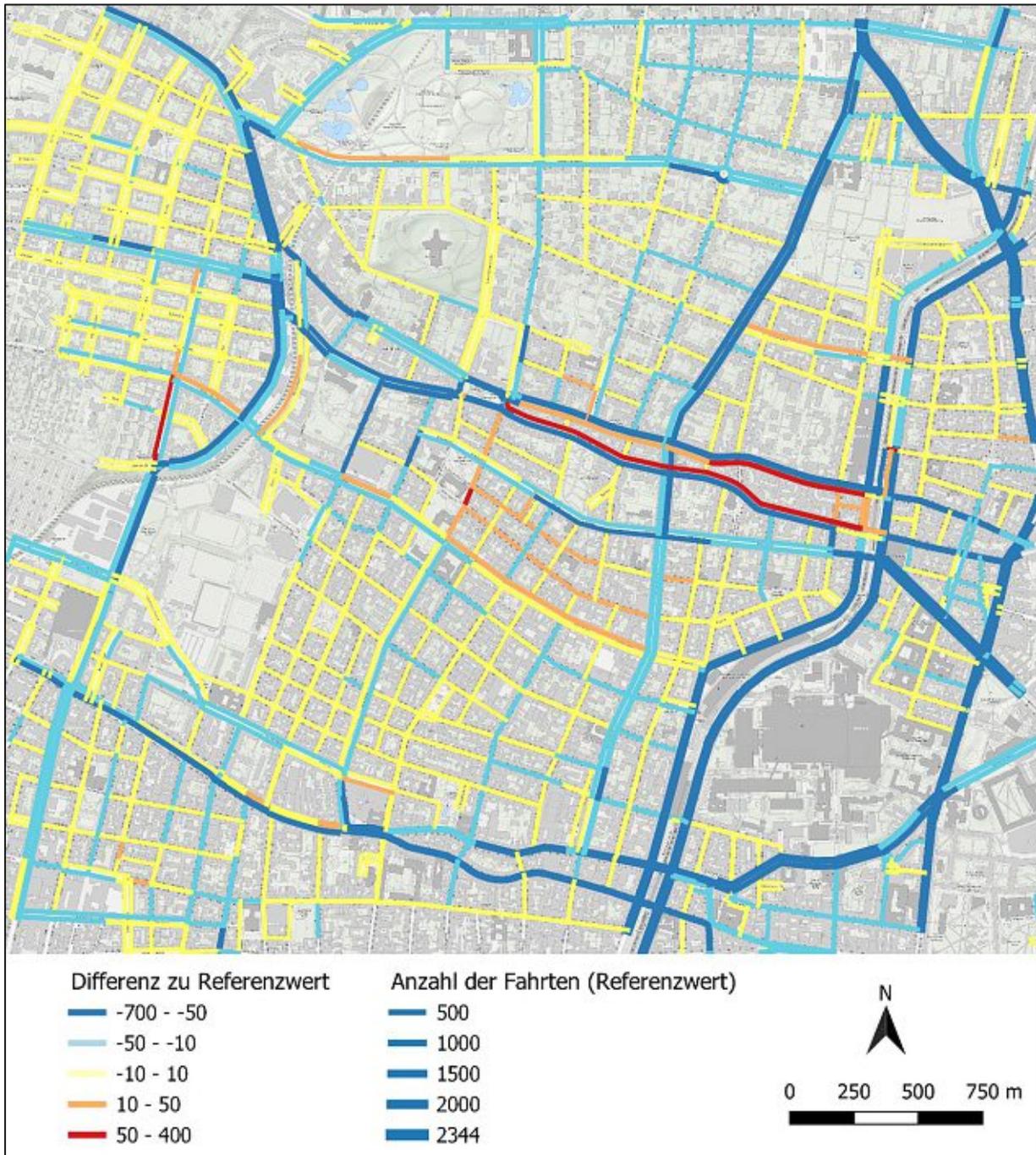


Abb. 10.29: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 35 zur Ausgangslage; M 1:25.000

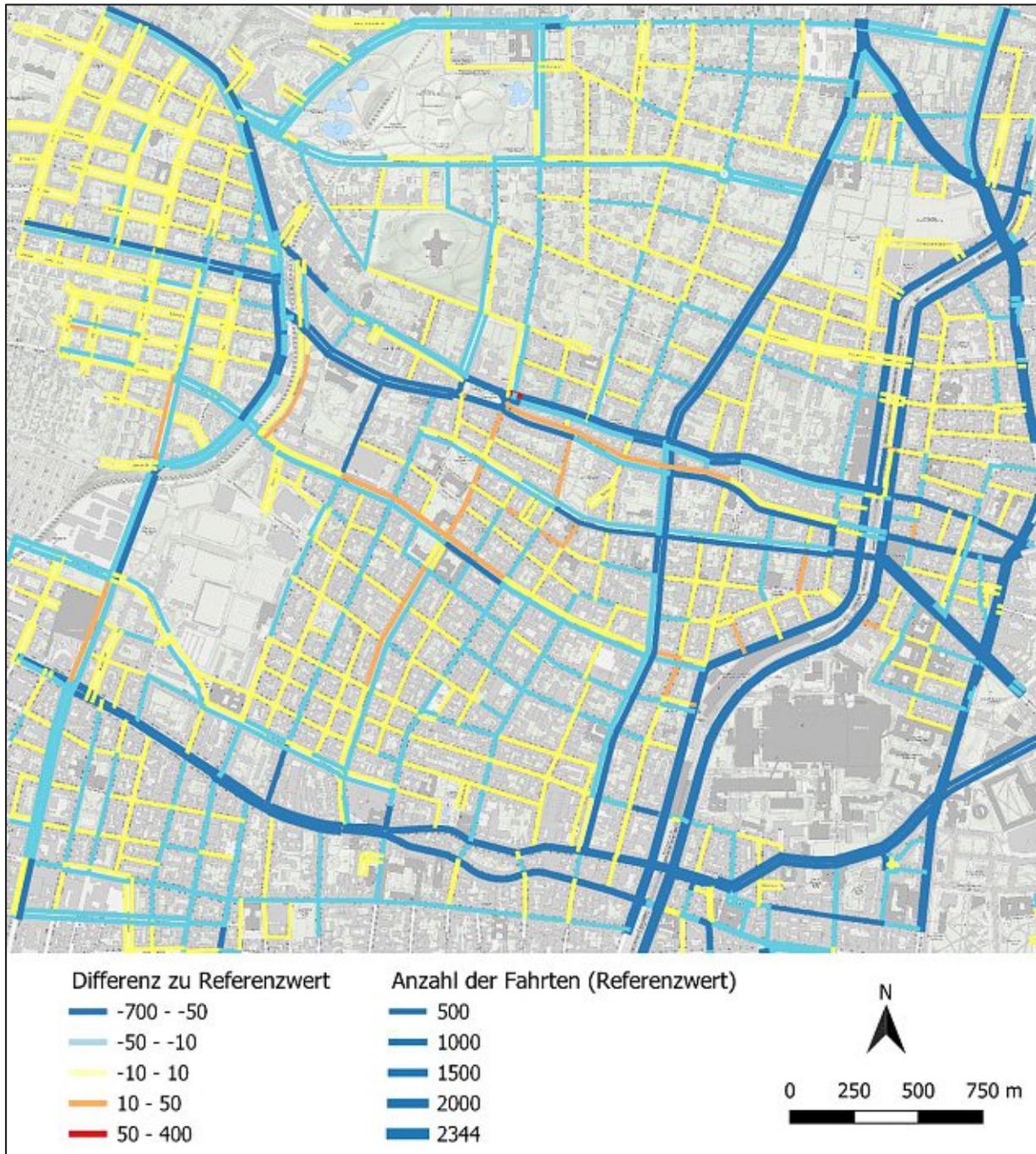


Abb. 10.30: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 36 zur Ausgangslage;
M 1:25.000

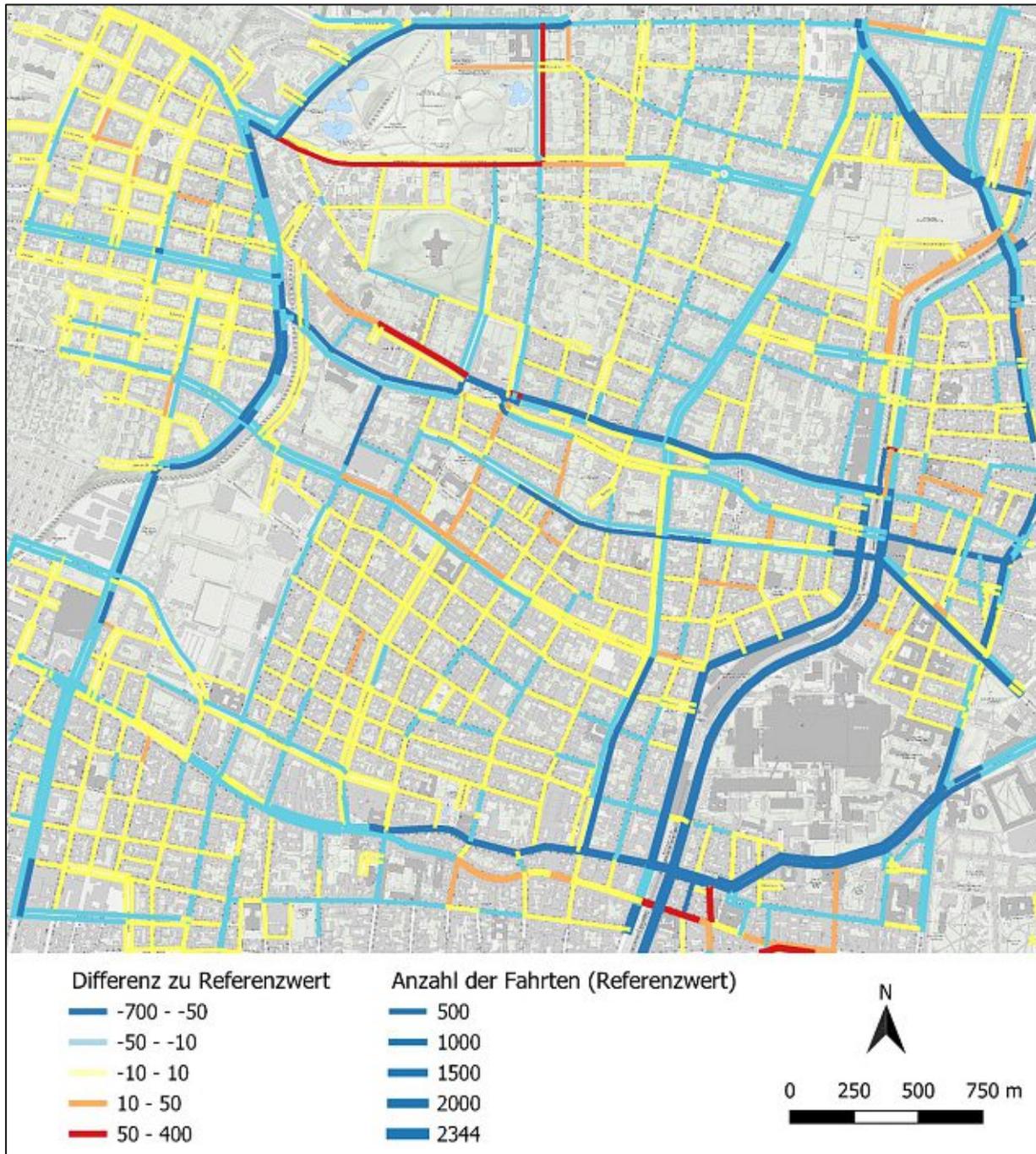


Abb. 10.31: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 37 zur Ausgangslage; M 1:25.000

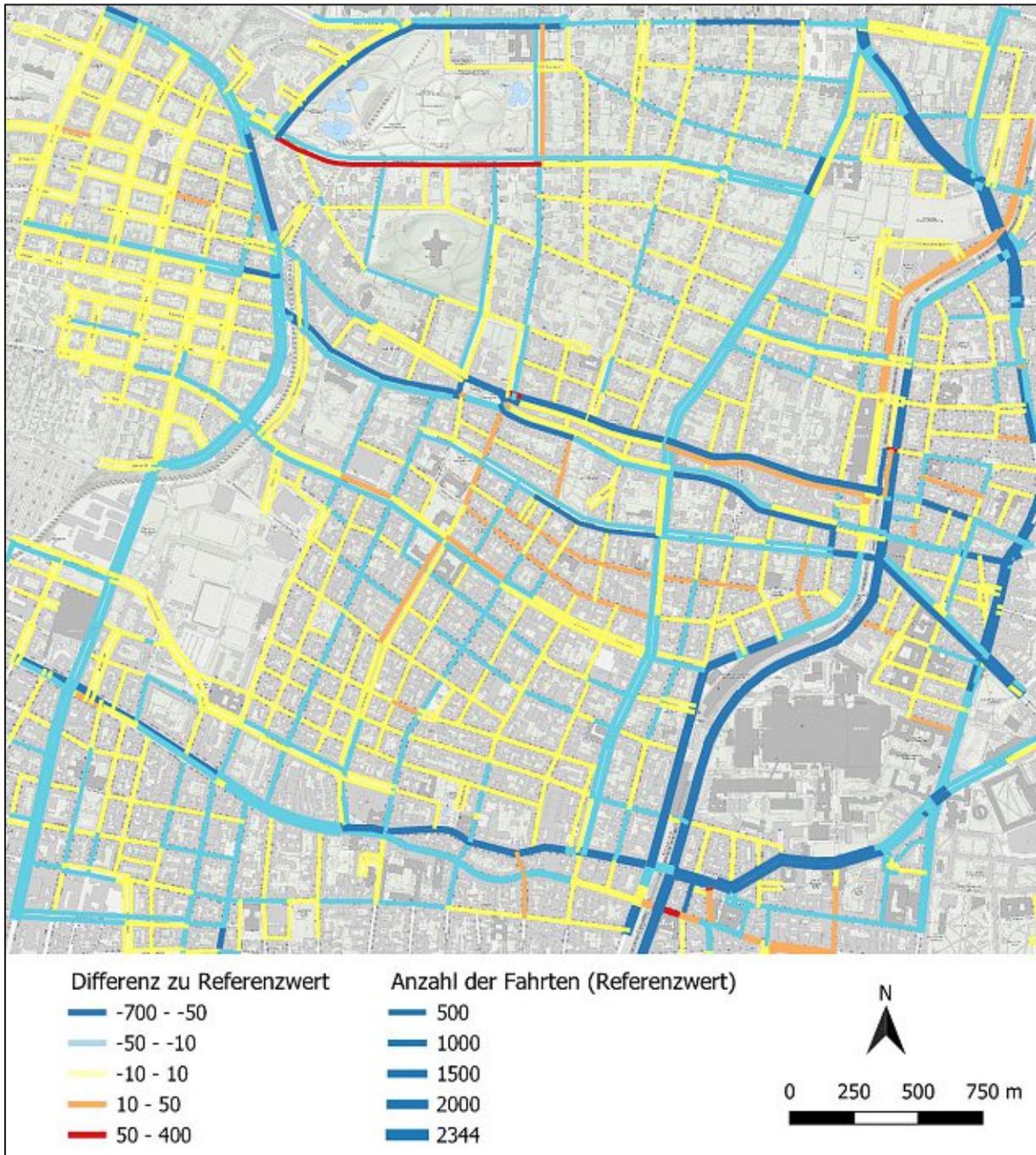


Abb. 10.32: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 38 zur Ausgangslage; M 1:25.000

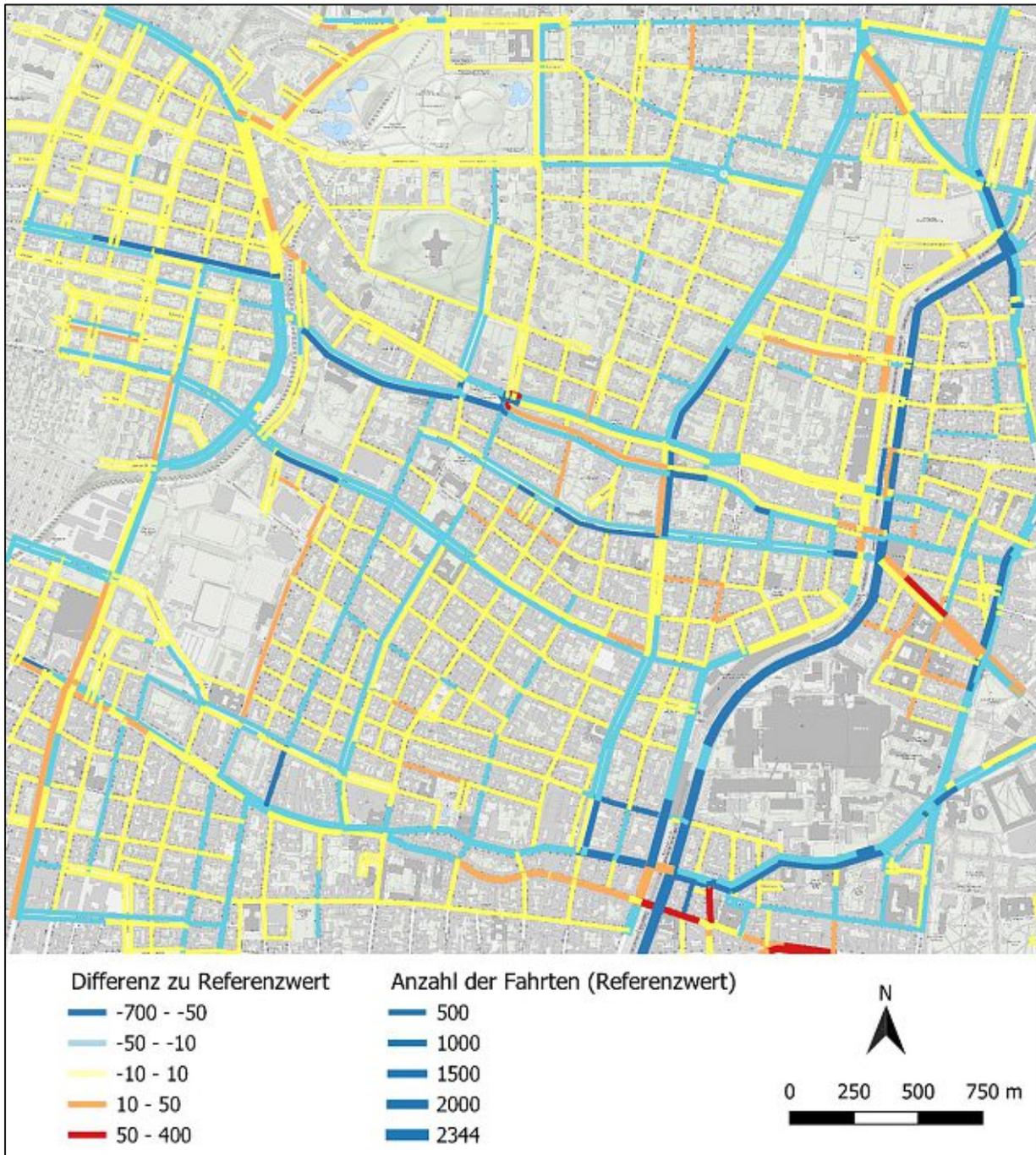


Abb. 10.33: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 39 zur Ausgangslage; M 1:25.000

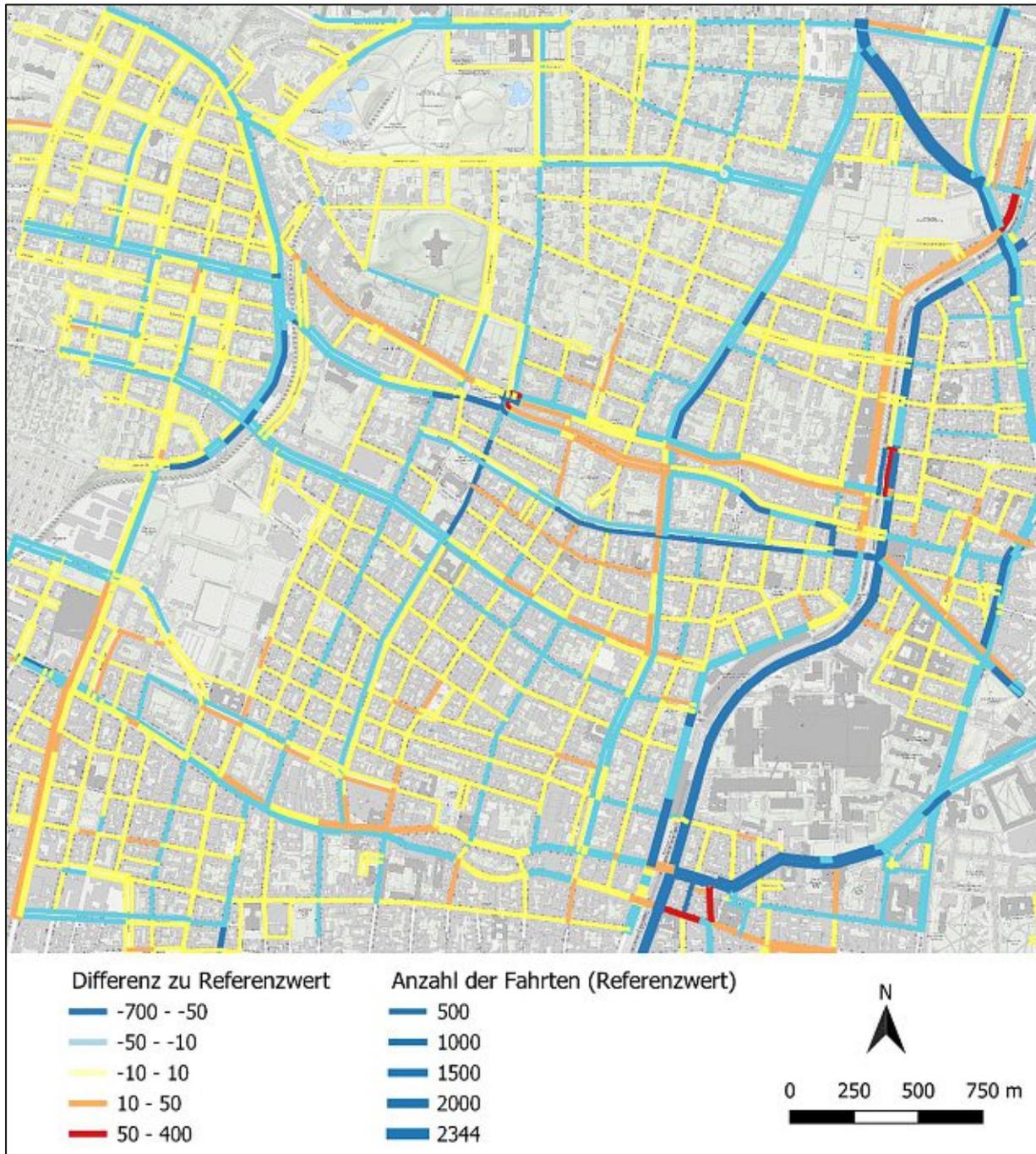


Abb. 10.34: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 40 zur Ausgangslage;
M 1:25.000

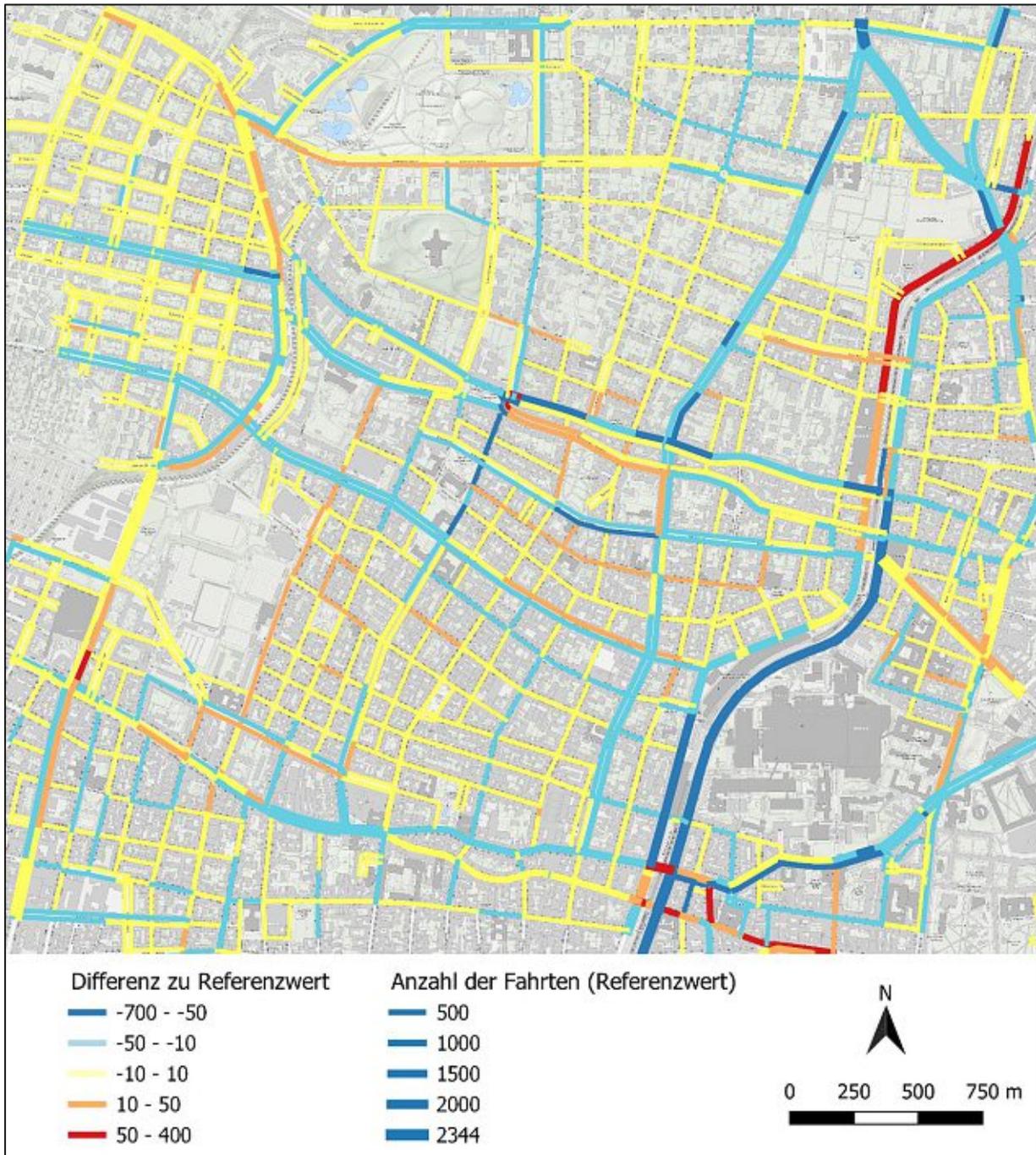


Abb. 10.35: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante; Differenz von KW 41 zur Ausgangslage; M 1:25.000

10.3.2 Querschnittsbetrachtungen

| Querschnitt | Fahrtrichtung | χ^2 | P-Wert |
|-------------|---------------|----------|--------|
| 1 | stadtausw. | 6,462 | 0,264 |
| | stadteinw. | 10,868 | 0,054 |
| 2 | stadtausw. | 4,207 | 0,520 |
| | stadteinw. | 6,950 | 0,224 |
| 3 | stadtausw. | 3,423 | 0,635 |
| | stadteinw. | 11,553 | 0,041 |

Tab. 10.3: Chi-Quadrat-Test der Randsummen der Taxifahrten pro Querschnitt und Fahrtrichtung

| Querschnitt | Fahrtrichtung | χ^2 | P-Wert |
|-------------|---------------|----------|---------|
| 1 | stadtausw. | 3832,820 | < 0,001 |
| | stadteinw. | 2172,938 | < 0,001 |
| 2 | stadtausw. | 4343,723 | < 0,001 |
| | stadteinw. | 2316,700 | < 0,001 |
| 3 | stadtausw. | 392,028 | < 0,001 |
| | stadteinw. | 105,909 | < 0,001 |

Tab. 10.4: Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstests der Taxifahrten pro Querschnitt und Fahrtrichtung

10.3.2.1 Querschnitt 1

- Fahrtrichtung stadteinwärts

| <i>Schnitt 1 stadteinw.</i> | Stern- wartestr. | Gentz- gasse | Währinger Straße | Schul- gasse | Kreuz- gasse | Summe |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|
| Referenz- wert | 81 | 153 | 302 | 162 | 81 | 778 |
| KW 21 | 100 | 277 | 28 | 214 | 53 | 672 |
| KW 22 | 97 | 290 | 7 | 220 | 60 | 674 |
| KW 23 | 104 | 327 | 6 | 301 | 66 | 804 |
| KW 24 | 108 | 327 | 1 | 254 | 82 | 772 |
| KW 25 | 103 | 314 | 2 | 293 | 104 | 816 |
| KW 26 | 128 | 330 | 4 | 283 | 69 | 814 |
| KW 27 | 91 | 311 | 3 | 225 | 67 | 697 |
| KW 28 | 71 | 284 | 4 | 191 | 63 | 613 |
| KW 29 | 72 | 278 | 1 | 149 | 65 | 565 |
| KW 30 | 69 | 311 | 1 | 139 | 64 | 584 |
| KW 31 | 89 | 282 | 0 | 106 | 47 | 524 |
| KW 32 | 80 | 264 | 0 | 135 | 66 | 545 |
| KW 33 | 86 | 227 | 1 | 100 | 65 | 479 |
| KW 34 | 87 | 300 | 1 | 120 | 76 | 584 |
| KW 35 | 74 | 217 | 92 | 114 | 73 | 570 |
| KW 36 | 83 | 112 | 232 | 85 | 64 | 576 |
| KW 37 | 77 | 137 | 258 | 112 | 84 | 668 |
| KW 38 | 88 | 178 | 221 | 125 | 68 | 680 |
| KW 39 | 95 | 145 | 252 | 134 | 70 | 696 |
| KW 40 | 88 | 179 | 249 | 106 | 82 | 704 |
| KW 41 | 95 | 155 | 284 | 129 | 66 | 729 |

Tab. 10.5: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante (Querschnitt 1, stadteinwärts)

| <i>Schnitt 1 stadteinw.</i> | Stern- wartestr. | Gentz- gasse | Währinger Straße | Schul- gasse | Kreuz- gasse |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Referenz- wert | 10,35 | 19,68 | 38,78 | 20,77 | 10,42 |
| KW 21 | 14,88 | 41,22 | 4,17 | 31,85 | 7,89 |
| KW 22 | 14,39 | 43,03 | 1,04 | 32,64 | 8,90 |
| KW 23 | 12,94 | 40,67 | 0,75 | 37,44 | 8,21 |
| KW 24 | 13,99 | 42,36 | 0,13 | 32,90 | 10,62 |
| KW 25 | 12,62 | 38,48 | 0,25 | 35,91 | 12,75 |
| KW 26 | 15,72 | 40,54 | 0,49 | 34,77 | 8,48 |
| KW 27 | 13,06 | 44,62 | 0,43 | 32,28 | 9,61 |
| KW 28 | 11,58 | 46,33 | 0,65 | 31,16 | 10,28 |
| KW 29 | 12,74 | 49,20 | 0,18 | 26,37 | 11,50 |
| KW 30 | 11,82 | 53,25 | 0,17 | 23,80 | 10,96 |
| KW 31 | 16,98 | 53,82 | 0,00 | 20,23 | 8,97 |
| KW 32 | 14,68 | 48,44 | 0,00 | 24,77 | 12,11 |
| KW 33 | 17,95 | 47,39 | 0,21 | 20,88 | 13,57 |
| KW 34 | 14,90 | 51,37 | 0,17 | 20,55 | 13,01 |
| KW 35 | 12,98 | 38,07 | 16,14 | 20,00 | 12,81 |
| KW 36 | 14,41 | 19,44 | 40,28 | 14,76 | 11,11 |
| KW 37 | 11,53 | 20,51 | 38,62 | 16,77 | 12,57 |
| KW 38 | 12,94 | 26,18 | 32,50 | 18,38 | 10,00 |
| KW 39 | 13,65 | 20,83 | 36,21 | 19,25 | 10,06 |
| KW 40 | 12,50 | 25,43 | 35,37 | 15,06 | 11,65 |
| KW 41 | 13,03 | 21,26 | 38,96 | 17,70 | 9,05 |

Tab. 10.6: Anteil der Fahrten pro Woche und Straßenkante am Taxiaufkommen; Zeilenprozent (Querschnitt 1, stadteinw.)

| <i>Schnitt 1 stadteinw.</i> | KW 17 und 20 | | KW 21-26 | | KW 36-41 | |
|---------------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| | korr. Residuen | P-Wert | korr. Residuen | P-Wert | korr. Residuen | P-Wert |
| Stern- wartestr. | -3,443 | < 0,001 | 2,692 | 0,004 | -0,202 | 0,420 |
| Gentz- gasse | -9,891 | < 0,001 | 21,118 | < 0,001 | -14,174 | < 0,001 |
| Währinger Straße | 18,521 | < 0,001 | -44,661 | < 0,001 | 31,738 | < 0,001 |
| Schul- gasse | -4,541 | < 0,001 | 18,773 | < 0,001 | -15,726 | < 0,001 |
| Kreuz- gasse | 0,398 | 0,345 | -1,816 | 0,035 | 1,552 | 0,060 |

Tab. 10.7: Post-hoc-Test der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante (Querschnitt 1, stadteinwärts); $\alpha = 0,0033$

10.3.2.2 Querschnitt 2

- Fahrtrichtung stadtauswärts

| <i>Schnitt 2 stadtausw.</i> | Hasen- auerstr. | Stern- wartestr. | Gentz- gasse | Währ. Straße | Schul- gasse | Kreuz- gasse | Summe |
|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|
| Referenz- wert | 112 | 28 | 496 | 77 | 35 | 163 | 909 |
| KW 21 | 130 | 42 | 36 | 336 | 46 | 168 | 758 |
| KW 22 | 131 | 52 | 8 | 343 | 56 | 175 | 765 |
| KW 23 | 168 | 53 | 17 | 413 | 68 | 207 | 926 |
| KW 24 | 178 | 62 | 9 | 430 | 57 | 190 | 926 |
| KW 25 | 164 | 67 | 13 | 380 | 47 | 236 | 907 |
| KW 26 | 130 | 64 | 11 | 430 | 57 | 228 | 920 |
| KW 27 | 145 | 48 | 13 | 291 | 59 | 244 | 800 |
| KW 28 | 110 | 45 | 8 | 277 | 0 | 226 | 666 |
| KW 29 | 125 | 40 | 2 | 273 | 0 | 184 | 624 |
| KW 30 | 125 | 35 | 7 | 270 | 0 | 200 | 637 |
| KW 31 | 108 | 29 | 6 | 253 | 0 | 184 | 580 |
| KW 32 | 113 | 27 | 4 | 275 | 0 | 164 | 583 |
| KW 33 | 106 | 34 | 3 | 239 | 0 | 147 | 529 |
| KW 34 | 127 | 32 | 5 | 316 | 0 | 172 | 652 |
| KW 35 | 100 | 34 | 118 | 248 | 0 | 187 | 687 |
| KW 36 | 112 | 19 | 295 | 98 | 0 | 159 | 683 |
| KW 37 | 89 | 23 | 397 | 68 | 0 | 163 | 740 |
| KW 38 | 79 | 17 | 411 | 74 | 0 | 159 | 740 |
| KW 39 | 98 | 21 | 459 | 96 | 0 | 165 | 839 |
| KW 40 | 108 | 24 | 490 | 94 | 0 | 170 | 886 |
| KW 41 | 113 | 25 | 448 | 79 | 0 | 179 | 844 |

Tab. 10.8: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante (Querschnitt 2, stadtauswärts)

| <i>Schnitt 2 stadtausw.</i> | Hasenauer- straße | Stern- wartestr. | Gentz- gasse | Währinger Straße | Schul- gasse | Kreuz- gasse |
|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Referenz- wert | 12,27 | 3,03 | 54,54 | 8,48 | 3,80 | 17,89 |
| KW 21 | 17,15 | 5,54 | 4,75 | 44,33 | 6,07 | 22,16 |
| KW 22 | 17,12 | 6,80 | 1,05 | 44,84 | 7,32 | 22,88 |
| KW 23 | 18,14 | 5,72 | 1,84 | 44,60 | 7,34 | 22,35 |
| KW 24 | 19,22 | 6,70 | 0,97 | 46,44 | 6,16 | 20,52 |
| KW 25 | 18,08 | 7,39 | 1,43 | 41,90 | 5,18 | 26,02 |
| KW 26 | 14,13 | 6,96 | 1,20 | 46,74 | 6,20 | 24,78 |
| KW 27 | 18,13 | 6,00 | 1,63 | 36,38 | 7,38 | 30,50 |
| KW 28 | 16,52 | 6,76 | 1,20 | 41,59 | 0,00 | 33,93 |
| KW 29 | 20,03 | 6,41 | 0,32 | 43,75 | 0,00 | 29,49 |
| KW 30 | 19,62 | 5,49 | 1,10 | 42,39 | 0,00 | 31,40 |
| KW 31 | 18,62 | 5,00 | 1,03 | 43,62 | 0,00 | 31,72 |
| KW 32 | 19,38 | 4,63 | 0,69 | 47,17 | 0,00 | 28,13 |
| KW 33 | 20,04 | 6,43 | 0,57 | 45,18 | 0,00 | 27,79 |
| KW 34 | 19,48 | 4,91 | 0,77 | 48,47 | 0,00 | 26,38 |
| KW 35 | 14,56 | 4,95 | 17,18 | 36,10 | 0,00 | 27,22 |
| KW 36 | 16,40 | 2,78 | 43,19 | 14,35 | 0,00 | 23,28 |
| KW 37 | 12,03 | 3,11 | 53,65 | 9,19 | 0,00 | 22,03 |
| KW 38 | 10,68 | 2,30 | 55,54 | 10,00 | 0,00 | 21,49 |
| KW 39 | 11,68 | 2,50 | 54,71 | 11,44 | 0,00 | 19,67 |
| KW 40 | 12,19 | 2,71 | 55,30 | 10,61 | 0,00 | 19,19 |
| KW 41 | 13,39 | 2,96 | 53,08 | 9,36 | 0,00 | 21,21 |

Tab. 10.9: Anteil der Fahrten pro Woche und Straßenkante am Taxiaufkommen; Zeilenprozent (Querschnitt 2, stadtausw.)

| <i>Schnitt 2 stadtausw.</i> | KW 17 und 20 | | KW 21-26 | | KW 36-41 | |
|---------------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| | korr. Residuen | P-Wert | korr. Residuen | P-Wert | korr. Residuen | P-Wert |
| Hasenauer- straße | -3,132 | 0,001 | 7,259 | < 0,001 | -5,043 | < 0,001 |
| Stern- wartestr. | -3,217 | 0,001 | 9,721 | < 0,001 | -7,473 | < 0,001 |
| Gentz- gasse | 24,198 | < 0,001 | -60,222 | < 0,001 | 43,153 | < 0,001 |
| Währinger Straße | -18,098 | < 0,001 | 42,880 | < 0,001 | -30,086 | < 0,001 |
| Schul- gasse | 1,006 | 0,157 | 15,765 | < 0,001 | -16,708 | < 0,001 |
| Kreuz- gasse | -4,055 | < 0,001 | 3,919 | < 0,001 | -0,980 | 0,164 |

Tab. 10.10: Post-hoc-Test der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante (Querschnitt 2, stadtauswärts); $\alpha = 0,0028$

- Fahrtrichtung stadteinwärts

| <i>Schnitt 2 stadteinw.</i> | KW 17 und 20 | | KW 21-26 | | KW 36-41 | |
|---------------------------------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|
| | korr. Residuen | P-Wert | korr. Residuen | P-Wert | korr. Residuen | P-Wert |
| Hasenauer- straße | -1,646 | 0,050 | 1,149 | 0,125 | 0,064 | 0,474 |
| Gentz- gasse | -6,478 | < 0,001 | 12,842 | < 0,001 | -8,210 | < 0,001 |
| Währinger Straße | 11,103 | < 0,001 | -38,839 | < 0,001 | 31,187 | < 0,001 |
| Schul- gasse | -2,417 | 0,008 | 30,430 | < 0,001 | -29,139 | < 0,001 |
| Kreuz- gasse | -0,072 | 0,471 | -2,998 | 0,001 | 3,103 | 0,001 |
| Antoni- gasse | -0,647 | 0,259 | 2,676 | 0,004 | -2,238 | 0,013 |

Tab. 10.11: Post-hoc-Test der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante (Querschnitt 2, stadteinwärts);
 $\alpha = 0,0028$

10.3.2.3 Querschnitt 3

- Fahrtrichtung stadtauswärts

| <i>Schnitt 3 stadtausw.</i> | Hasenauer- straße | Gentz- gasse | Währinger Straße | Kreuz- gasse | Summe |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------|
| Referenz- wert | 54 | 307 | 93 | 158 | 612 |
| KW 21 | 93 | 271 | 12 | 162 | 538 |
| KW 22 | 65 | 269 | 6 | 173 | 513 |
| KW 23 | 110 | 300 | 10 | 192 | 612 |
| KW 24 | 117 | 308 | 12 | 172 | 609 |
| KW 25 | 100 | 302 | 11 | 215 | 628 |
| KW 26 | 87 | 309 | 10 | 206 | 612 |
| KW 27 | 97 | 250 | 5 | 203 | 555 |
| KW 28 | 72 | 223 | 2 | 183 | 480 |
| KW 29 | 85 | 191 | 3 | 143 | 422 |
| KW 30 | 82 | 216 | 6 | 148 | 452 |
| KW 31 | 71 | 190 | 4 | 151 | 416 |
| KW 32 | 67 | 201 | 3 | 125 | 396 |
| KW 33 | 62 | 179 | 0 | 139 | 380 |
| KW 34 | 71 | 226 | 5 | 117 | 419 |
| KW 35 | 67 | 253 | 5 | 149 | 474 |
| KW 36 | 48 | 265 | 5 | 159 | 477 |
| KW 37 | 50 | 326 | 7 | 146 | 529 |
| KW 38 | 41 | 287 | 25 | 155 | 508 |
| KW 39 | 58 | 313 | 48 | 128 | 547 |
| KW 40 | 56 | 318 | 78 | 133 | 585 |
| KW 41 | 55 | 279 | 76 | 130 | 540 |

Tab. 10.12: Anzahl der Fahrten pro Woche und Straßenkante (Querschnitt 3, stadtauswärts)

| <i>Schnitt 3 stadtausw.</i> | Hasenauer- straße | Gentz- gasse | Währinger Straße | Kreuz- gasse |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Referenz- wert | 8,83 | 50,20 | 15,21 | 25,76 |
| KW 21 | 17,29 | 50,37 | 2,23 | 30,11 |
| KW 22 | 12,67 | 52,44 | 1,17 | 33,72 |
| KW 23 | 17,97 | 49,02 | 1,63 | 31,37 |
| KW 24 | 19,21 | 50,57 | 1,97 | 28,24 |
| KW 25 | 15,92 | 48,09 | 1,75 | 34,24 |
| KW 26 | 14,22 | 50,49 | 1,63 | 33,66 |
| KW 27 | 17,48 | 45,05 | 0,90 | 36,58 |
| KW 28 | 15,00 | 46,46 | 0,42 | 38,13 |
| KW 29 | 20,14 | 45,26 | 0,71 | 33,89 |
| KW 30 | 18,14 | 47,79 | 1,33 | 32,74 |
| KW 31 | 17,07 | 45,67 | 0,96 | 36,30 |
| KW 32 | 16,92 | 50,76 | 0,76 | 31,57 |
| KW 33 | 16,32 | 47,11 | 0,00 | 36,58 |
| KW 34 | 16,95 | 53,94 | 1,19 | 27,92 |
| KW 35 | 14,14 | 53,38 | 1,05 | 31,43 |
| KW 36 | 10,06 | 55,56 | 1,05 | 33,33 |
| KW 37 | 9,45 | 61,63 | 1,32 | 27,60 |
| KW 38 | 8,07 | 56,50 | 4,92 | 30,51 |
| KW 39 | 10,60 | 57,22 | 8,78 | 23,40 |
| KW 40 | 9,57 | 54,36 | 13,33 | 22,74 |
| KW 41 | 10,19 | 51,67 | 14,07 | 24,07 |

Tab. 10.13: Anteil der Fahrten pro Woche und Straßenkante am Taxiaufkommen; Zeilenprozent (Querschnitt 3, stadtausw.)

| <i>Schnitt 3 stadtausw.</i> | KW 17 und 20 | | KW 21-26 | | KW 36-41 | |
|---------------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| | korr. Residuen | P-Wert | korr. Residuen | P-Wert | korr. Residuen | P-Wert |
| Hasenauer- straße | -4,192 | < 0,001 | 9,169 | < 0,001 | -6,200 | < 0,001 |
| Gentz- gasse | -1,772 | 0,038 | -3,891 | < 0,001 | 5,247 | < 0,001 |
| Währinger Straße | 14,378 | < 0,001 | -14,559 | < 0,001 | 4,155 | < 0,001 |
| Kreuz- gasse | -2,605 | 0,005 | 5,313 | < 0,001 | -3,463 | < 0,001 |

Tab. 10.14: Post-hoc-Test der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante (Querschnitt 3, stadtauswärts); $\alpha = 0,0042$

- Fahrtrichtung stadteinwärts

| <i>Schnitt 3 stadteinw.</i> | KW 17 und 20 | | KW 21-26 | | KW 36-41 | |
|---------------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| | korr. Residuen | P-Wert | korr. Residuen | P-Wert | korr. Residuen | P-Wert |
| Hasenauer- straße | -4,085 | < 0,001 | -4,577 | < 0,001 | 7,576 | < 0,001 |
| Gentz- gasse | 4,536 | < 0,001 | -3,378 | < 0,001 | 0,188 | 0,425 |
| Währinger Straße | 1,070 | 0,142 | 1,824 | 0,034 | -2,620 | 0,004 |
| Kreuz- gasse | 2,931 | 0,002 | 0,568 | 0,285 | -2,674 | 0,004 |
| Antoni- gasse | -2,984 | 0,001 | 4,519 | < 0,001 | -2,459 | 0,007 |

Tab. 10.15: Post-hoc-Test der Anzahl der Fahrten pro Straßenkante (Querschnitt 3, stadteinwärts);
 $\alpha = 0,0033$

10.4 Geschwindigkeitsuntersuchung ausgewählter Straßenkanten

10.4.1 Baustellenbereich

10.4.1.1 Abschnitt 1: Währinger Straße zw. Semperstr. und Canong. FR stadtauswärts

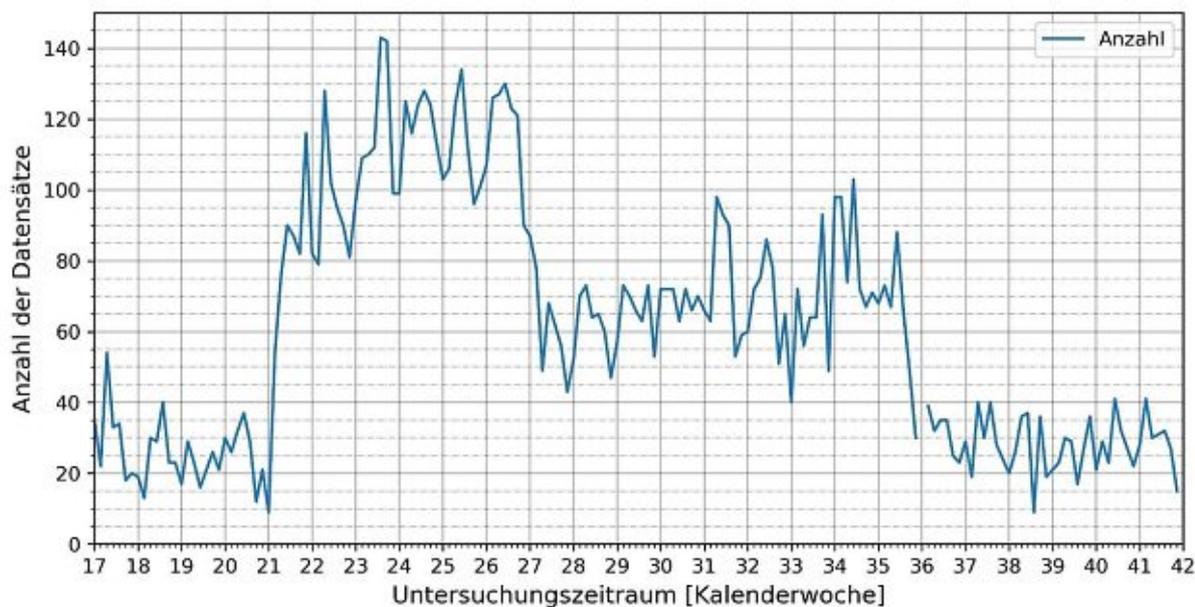


Abb. 10.36: Abschnitt 1; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr

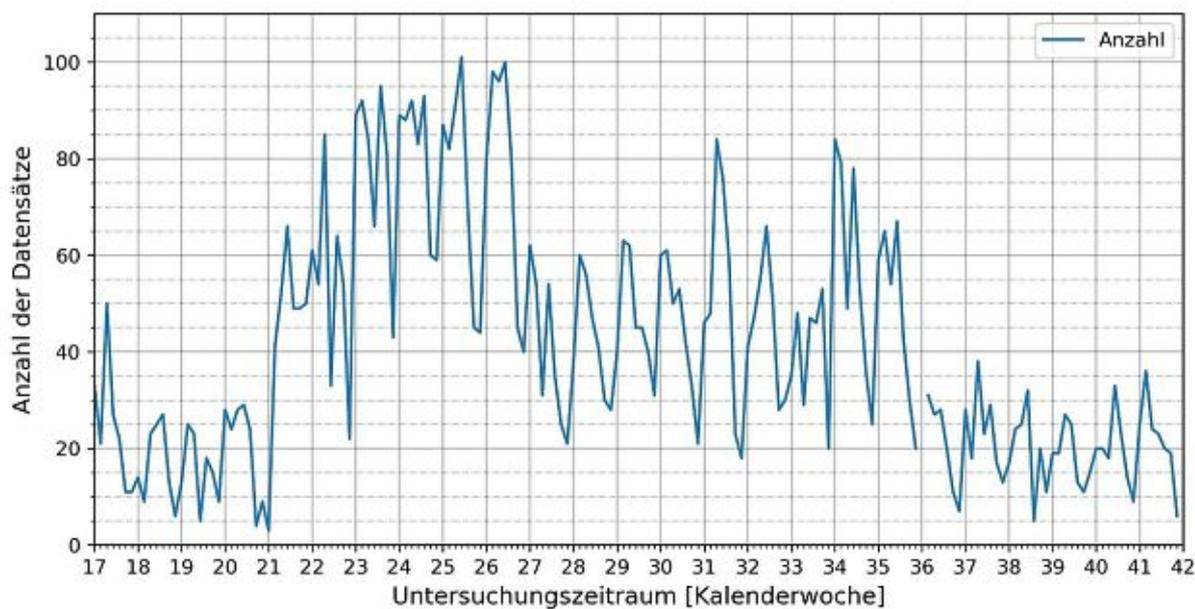


Abb. 10.37: Abschnitt 1; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr

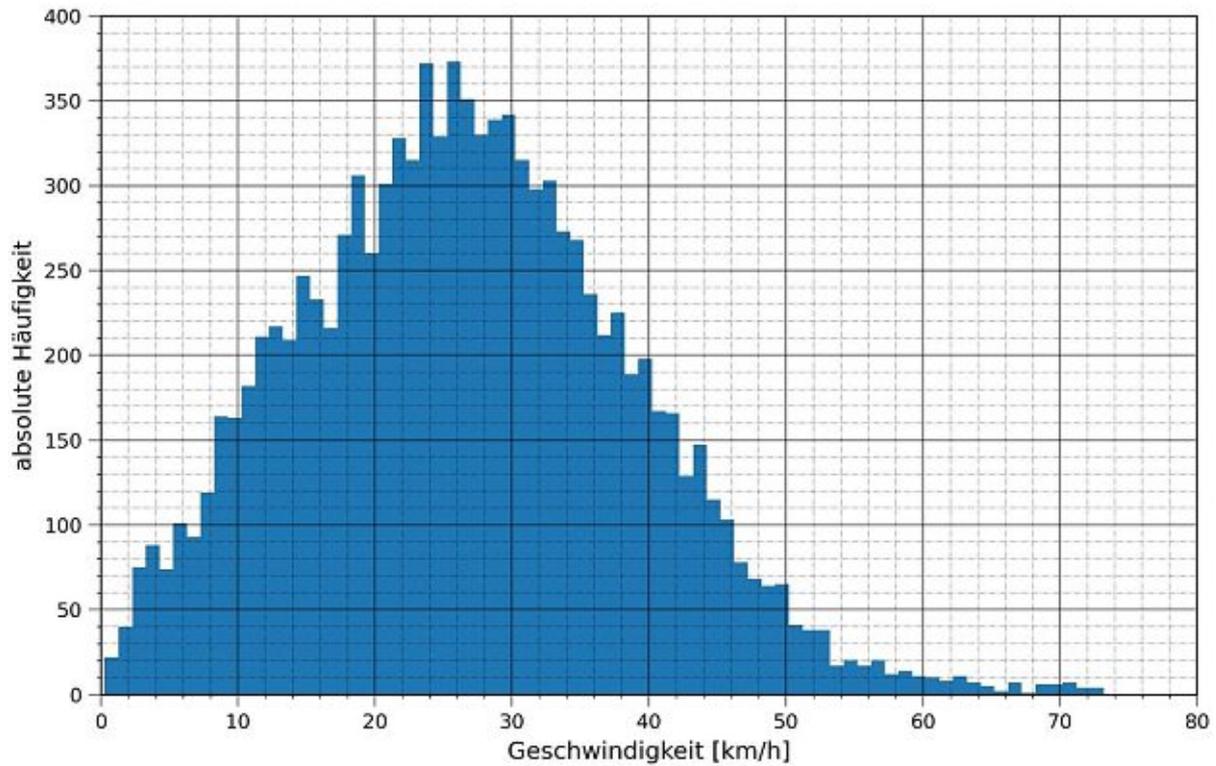


Abb. 10.38: Abschnitt 1; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr

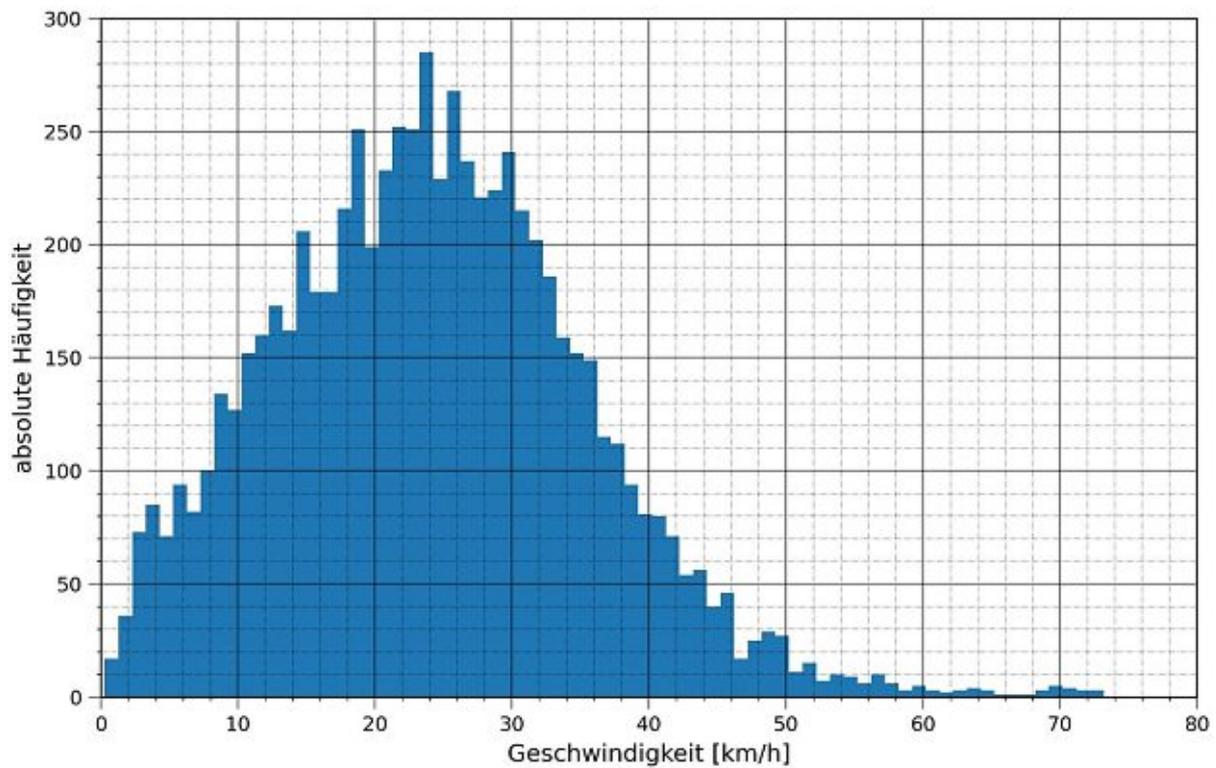


Abb. 10.39: Abschnitt 1; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr

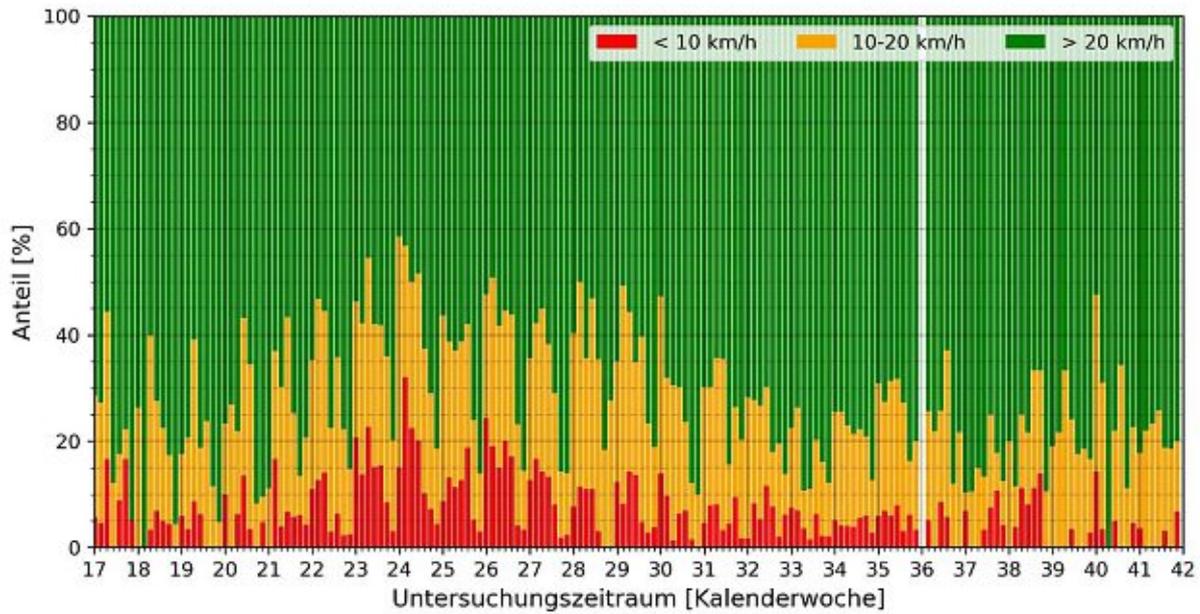


Abb. 10.40: Abschnitt 1; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr

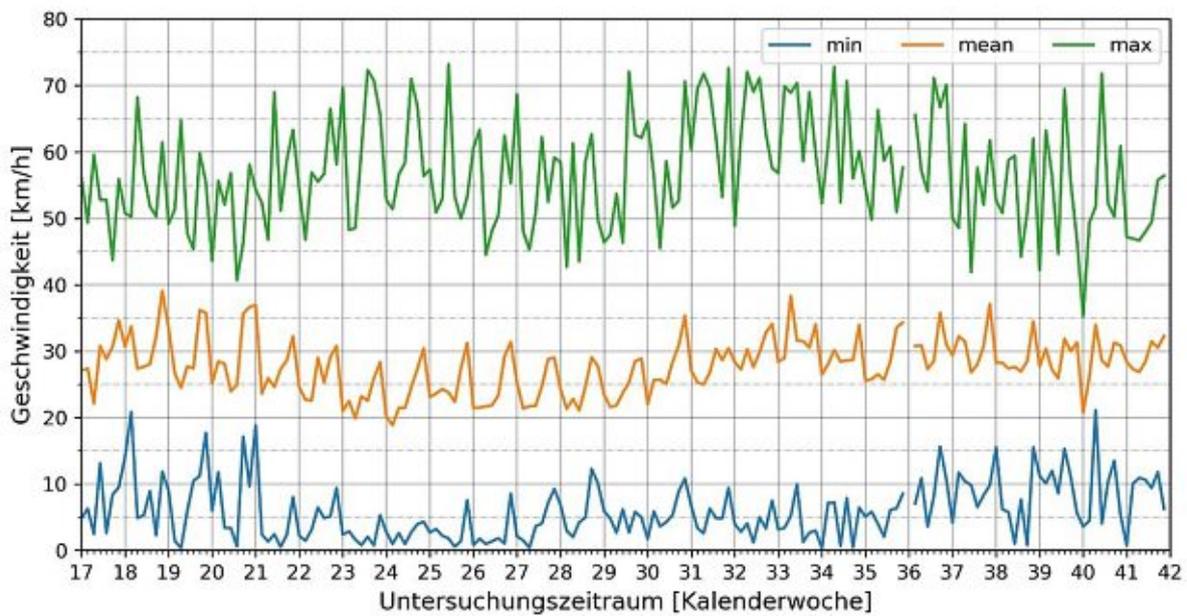


Abb. 10.41: Abschnitt 1; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

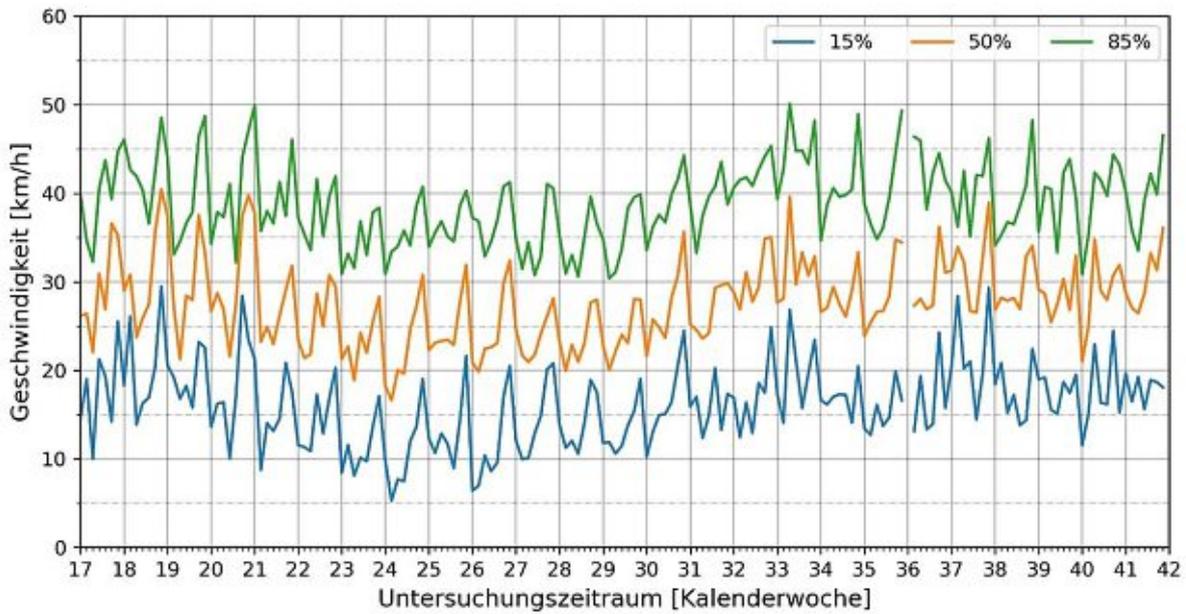


Abb. 10.42: Abschnitt 1; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

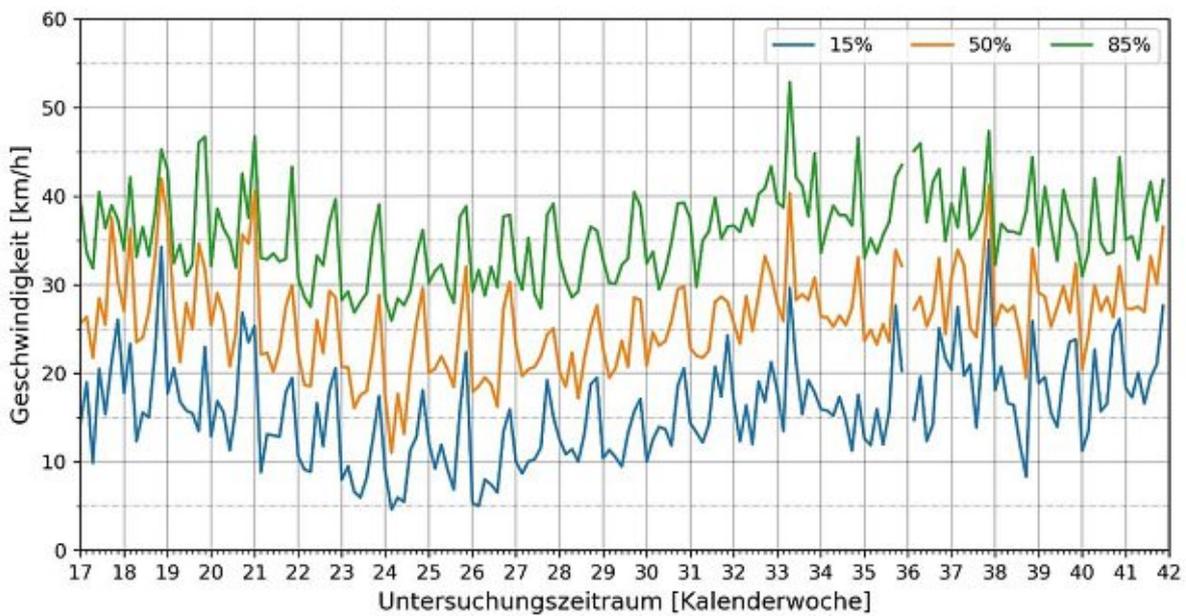


Abb. 10.43: Abschnitt 1; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

10.4.1.2 Abschnitt 2: Gentzgasse zw. Türkenschanzstr. und Köhlerg. FR stadtauswärts

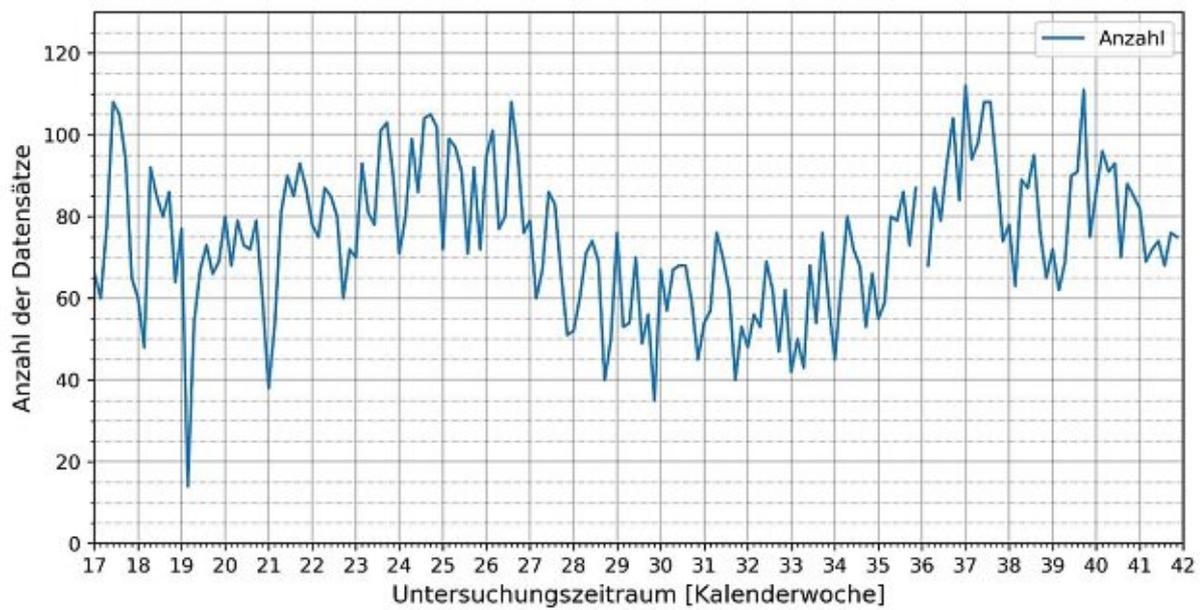


Abb. 10.44: Abschnitt 2; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr

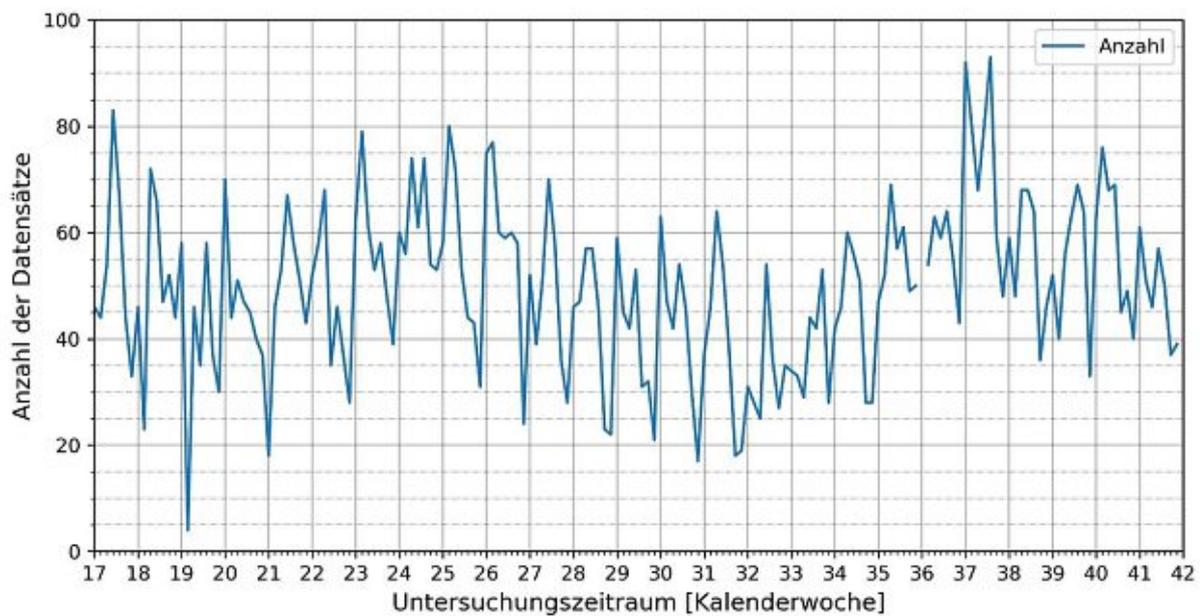


Abb. 10.45: Abschnitt 2; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr

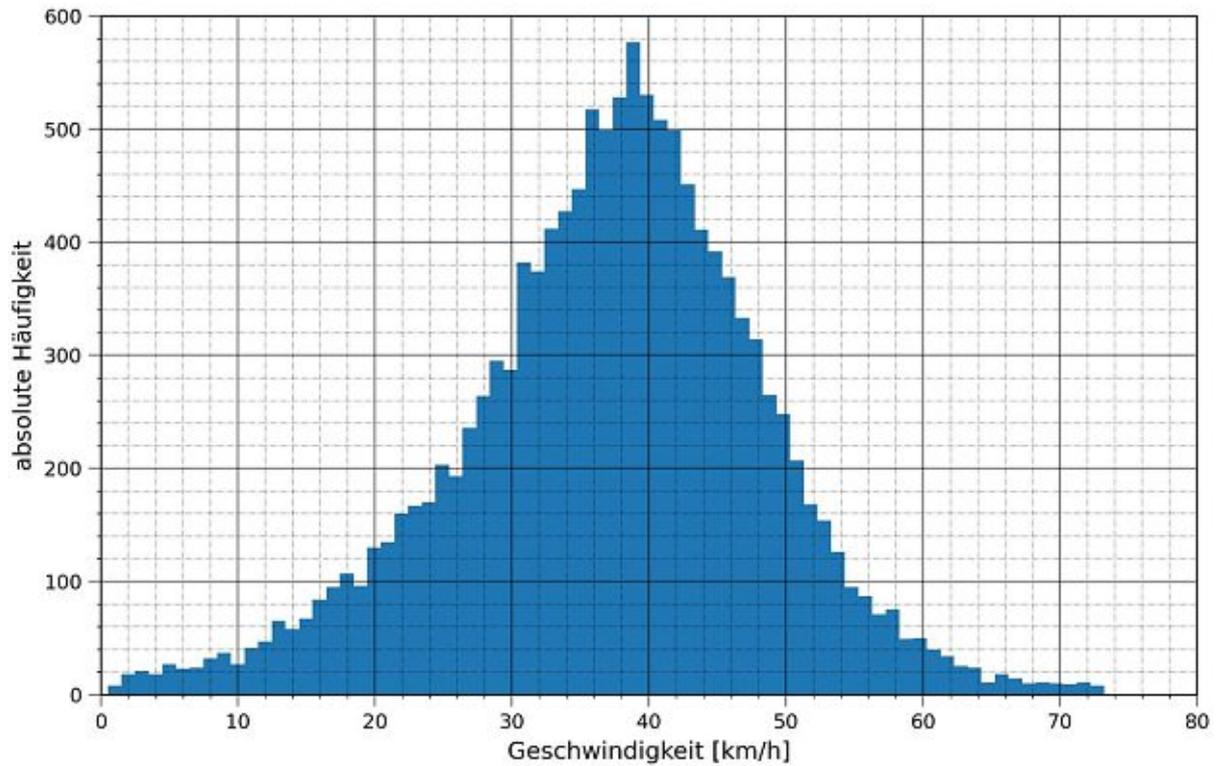


Abb. 10.46: Abschnitt 2; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr

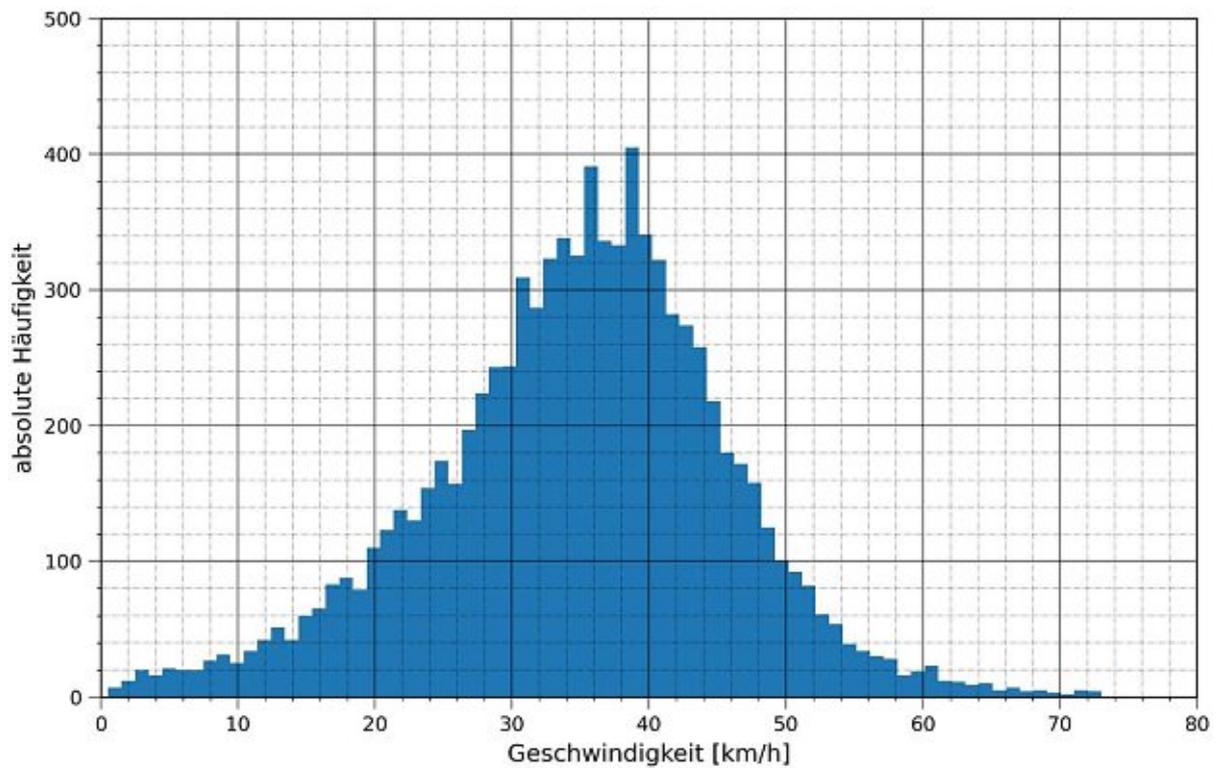


Abb. 10.47: Abschnitt 2; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr

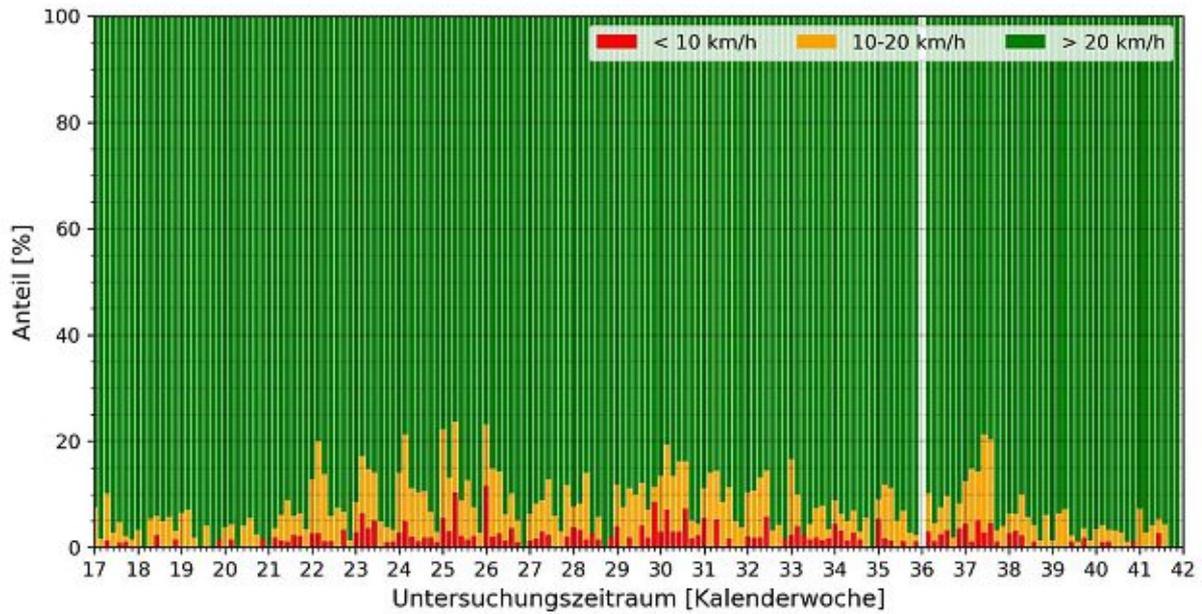


Abb. 10.48: Abschnitt 2; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr

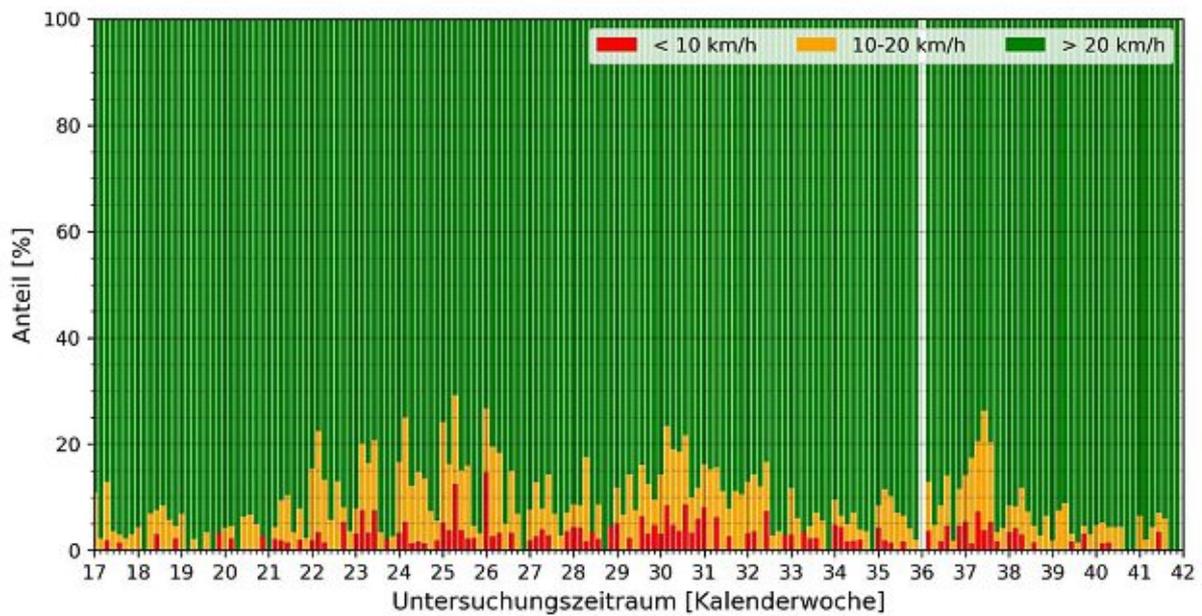


Abb. 10.49: Abschnitt 2; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr

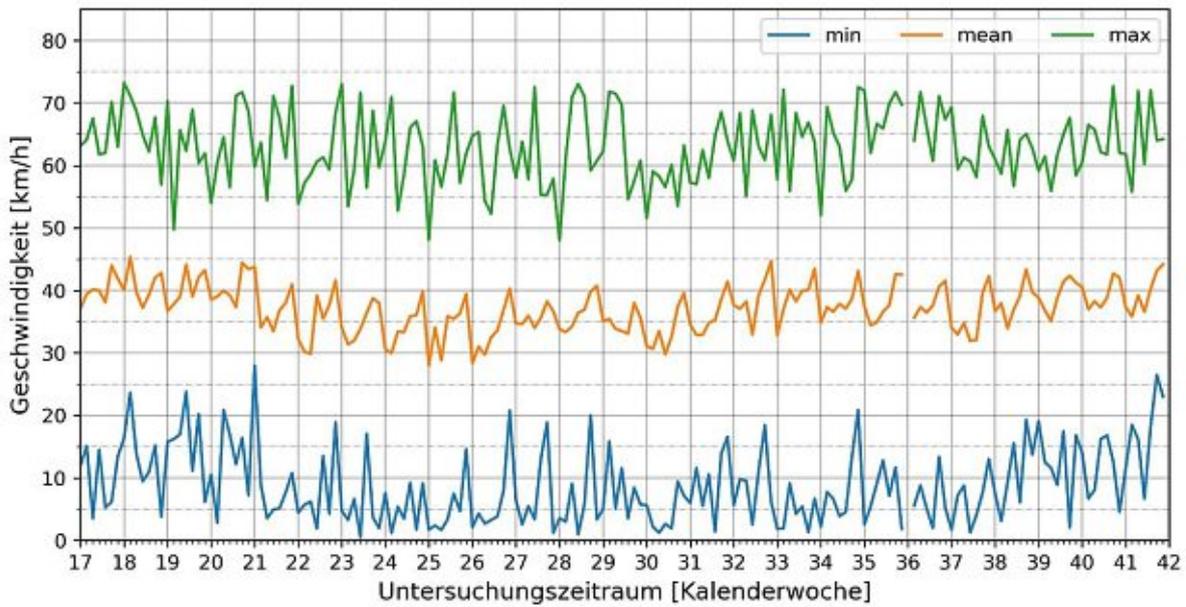


Abb. 10.50: Abschnitt 2; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

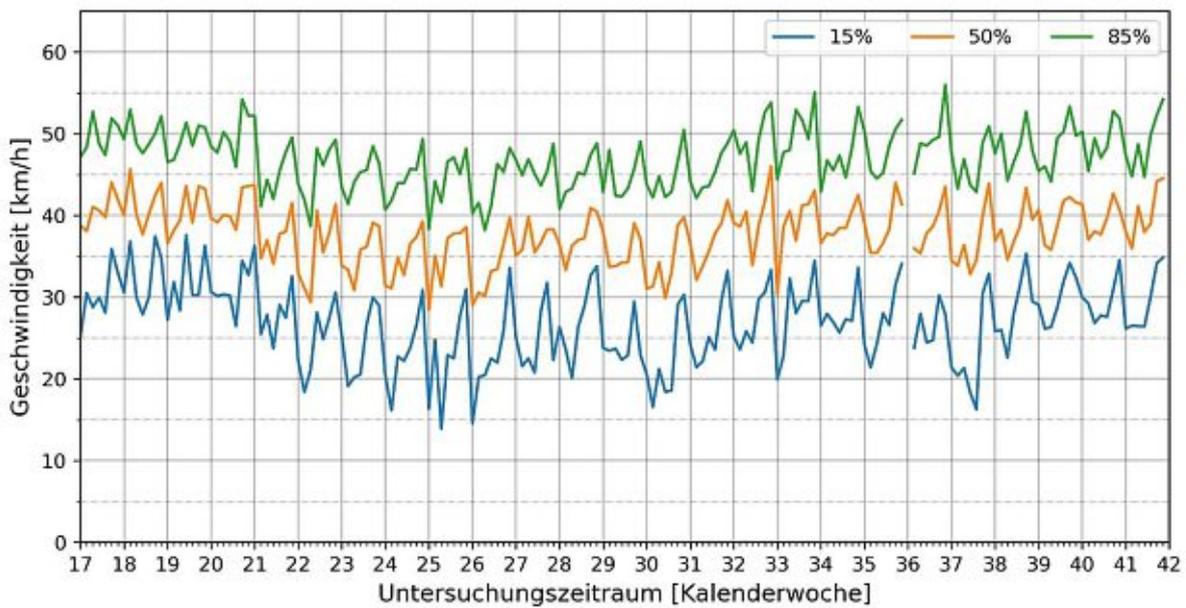


Abb. 10.51: Abschnitt 2; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

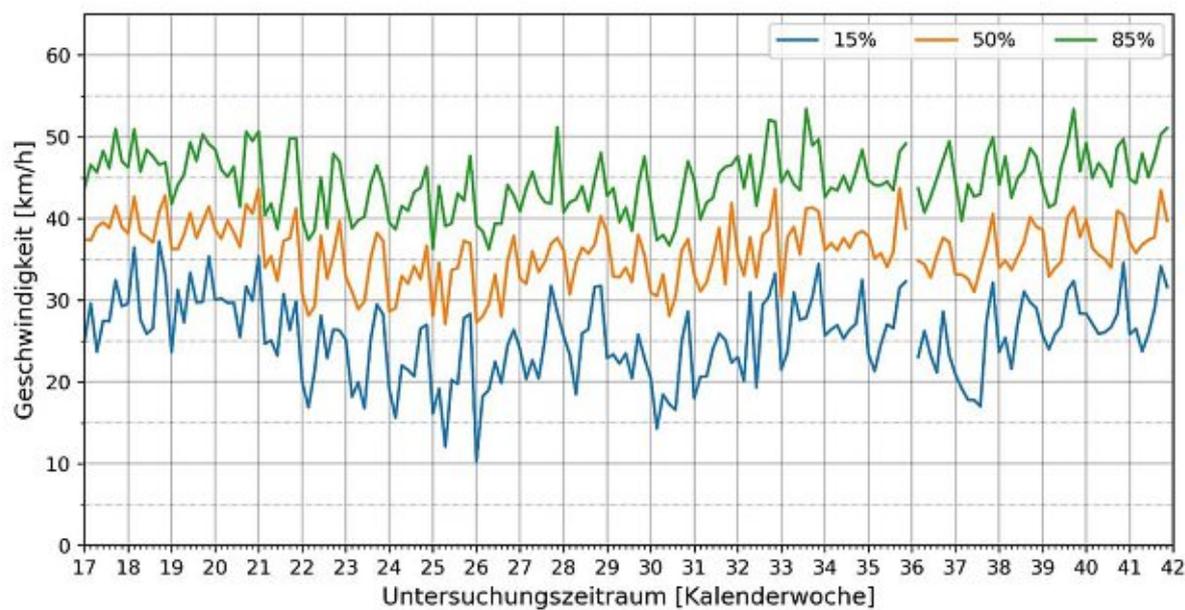


Abb. 10.52: Abschnitt 2; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

10.4.1.3 Abschnitt 3: Währinger Straße zw. Paulineng. und Köhlerg. FR stadteinwärts

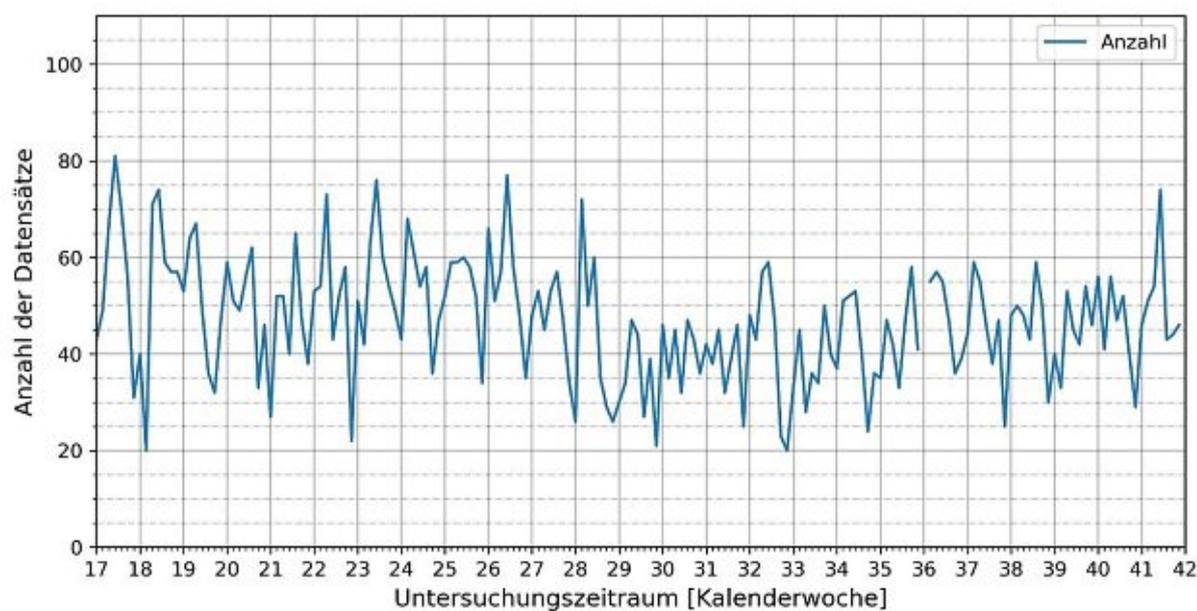


Abb. 10.53: Abschnitt 3; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr

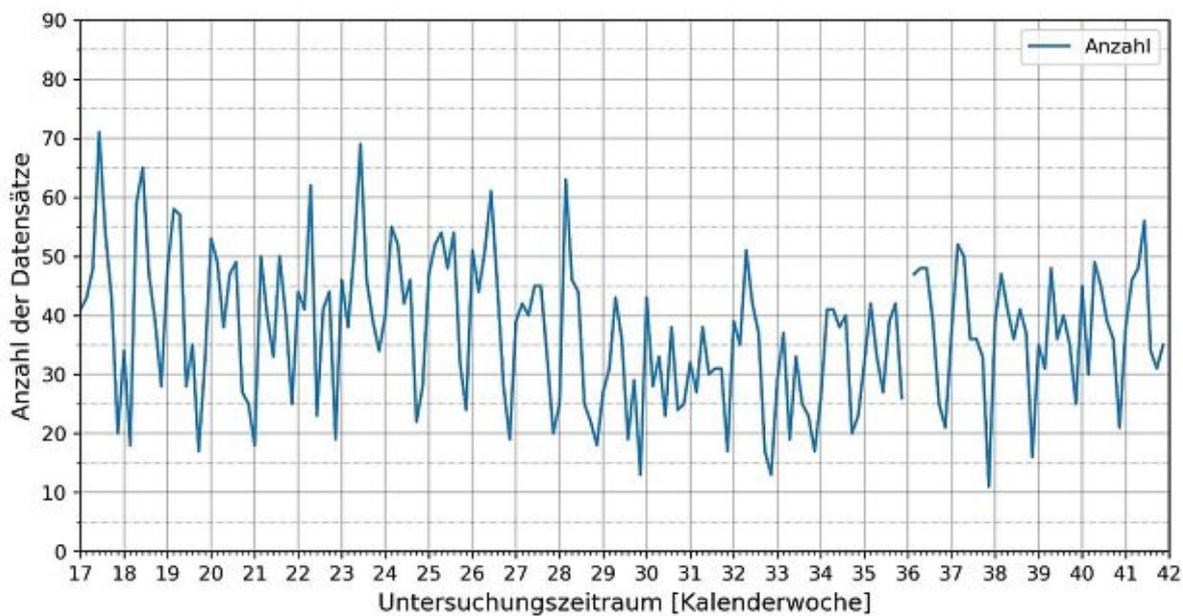


Abb. 10.54: Abschnitt 3; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr

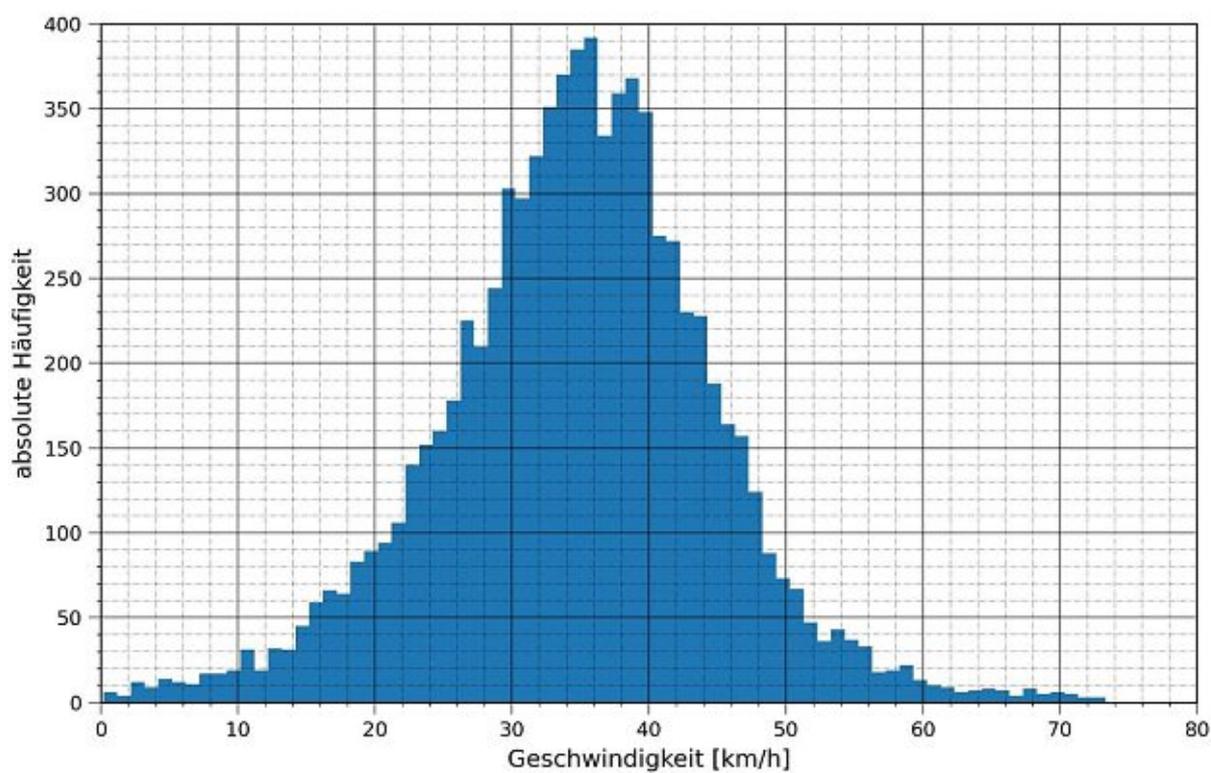


Abb. 10.55: Abschnitt 3; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr

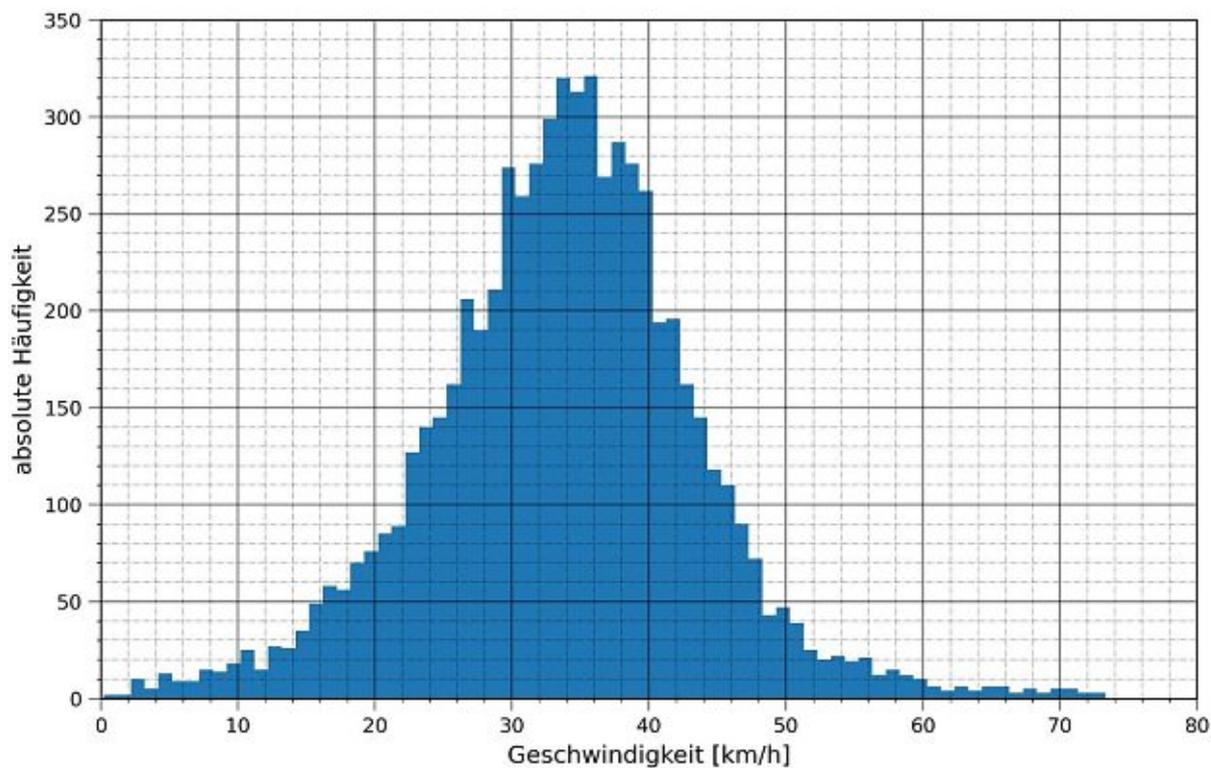


Abb. 10.56: Abschnitt 3; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr

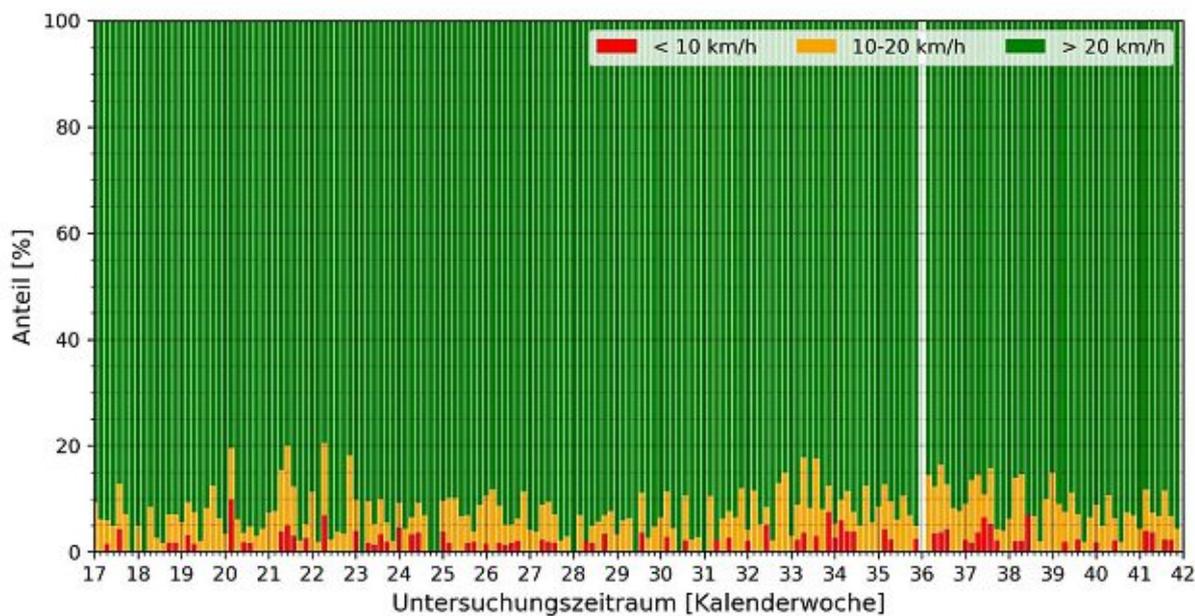


Abb. 10.57: Abschnitt 3; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr

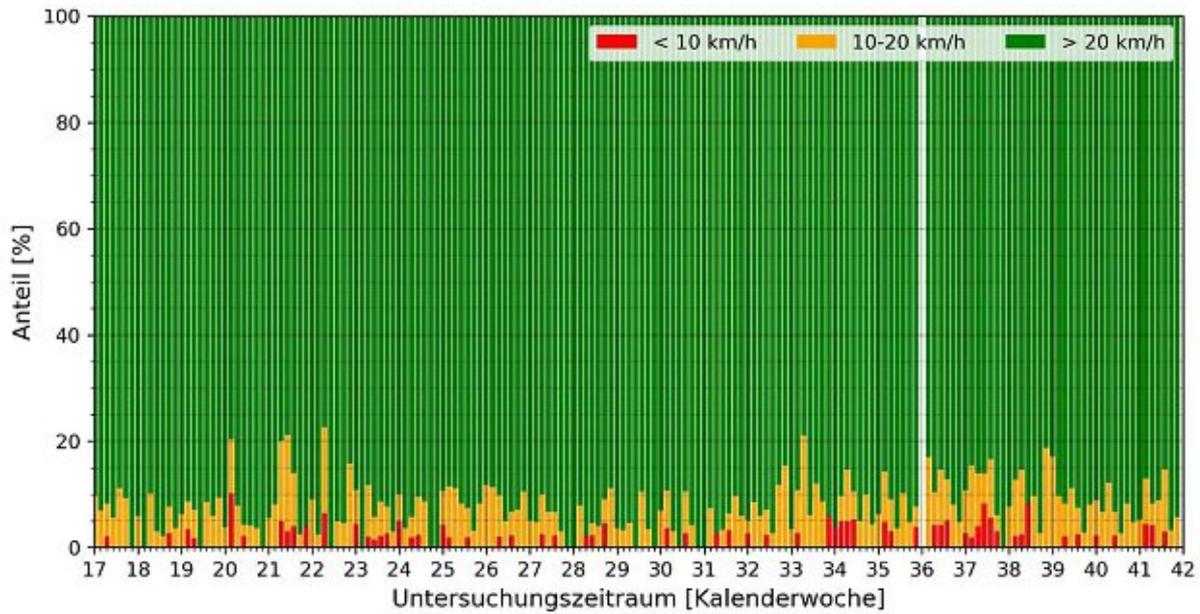


Abb. 10.58: Abschnitt 3; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr

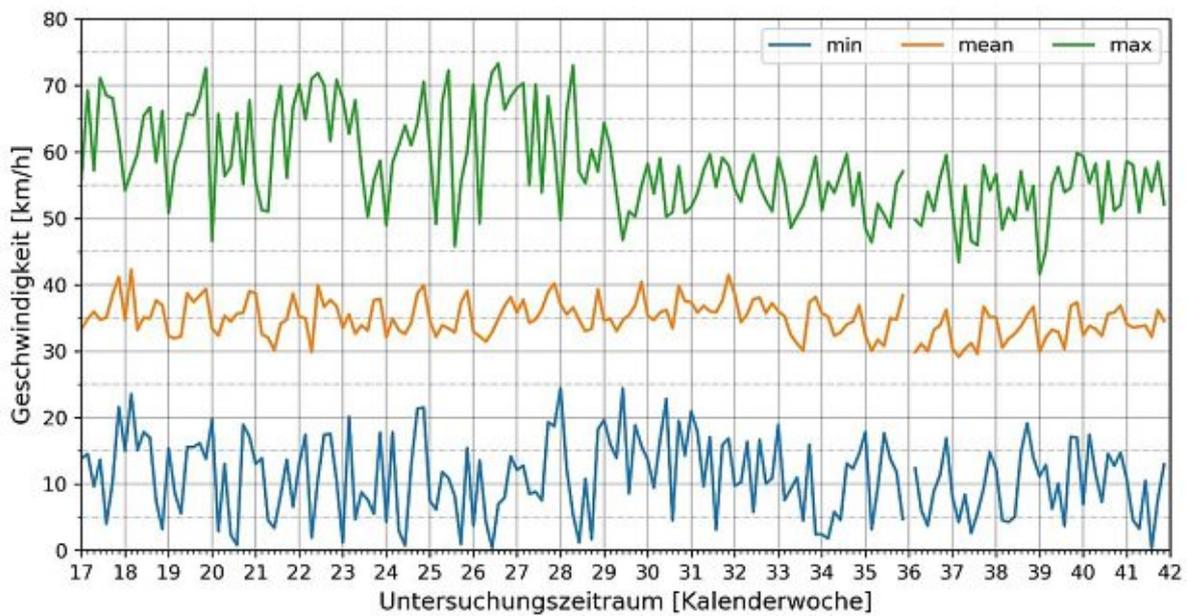


Abb. 10.59: Abschnitt 3; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

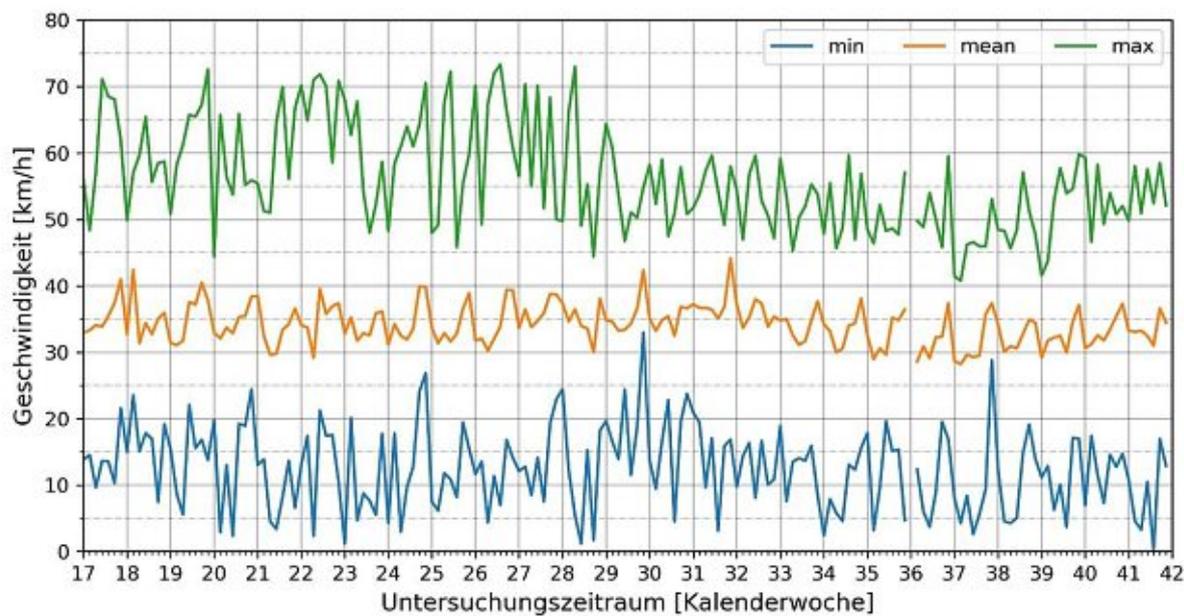


Abb. 10.60: Abschnitt 3; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

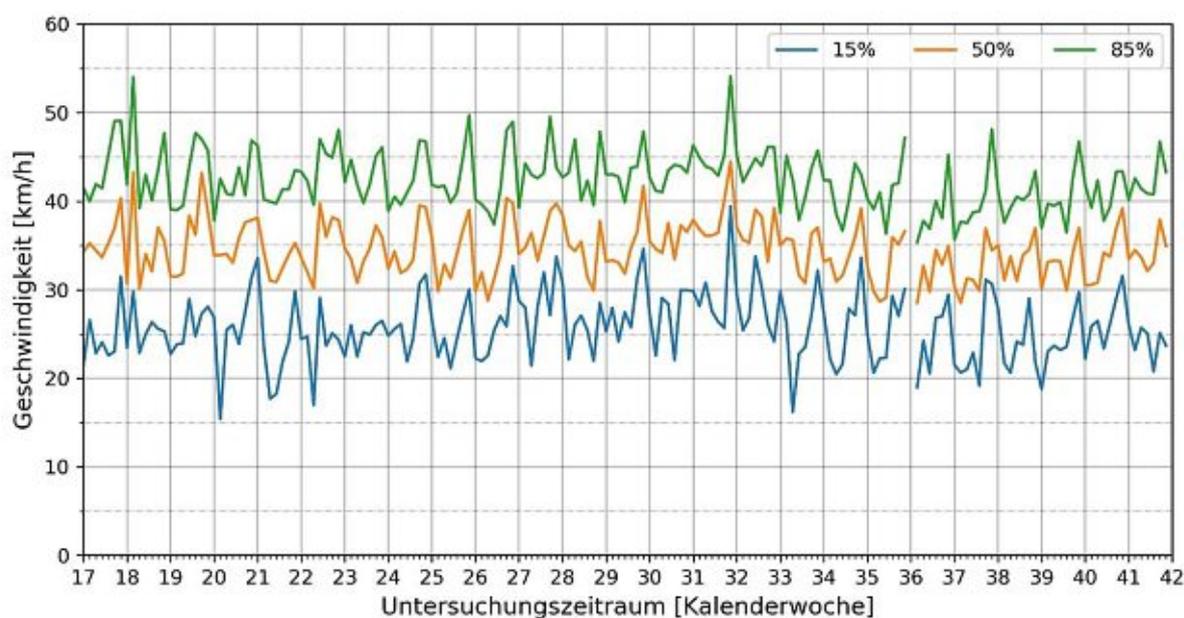


Abb. 10.61: Abschnitt 3; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

10.4.2 Ausweichstrecken

10.4.2.1 Abschnitt 4: Hasenauerstr. zw. Blasstr. und G.-Tschermak-G. FR stadtauswärts

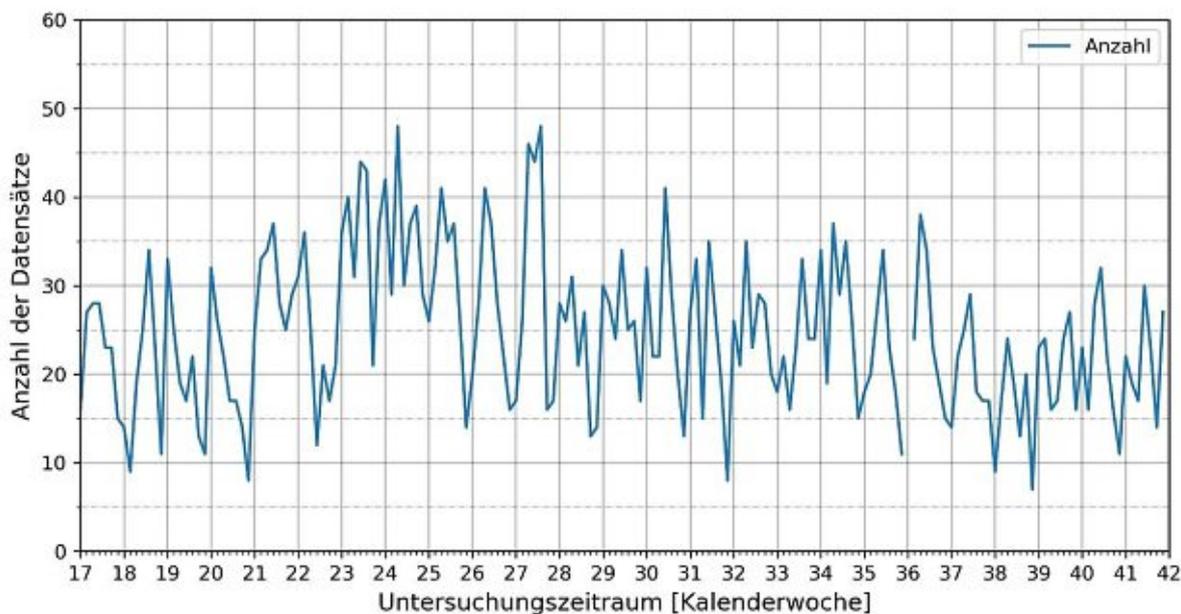


Abb. 10.62: Abschnitt 4; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr

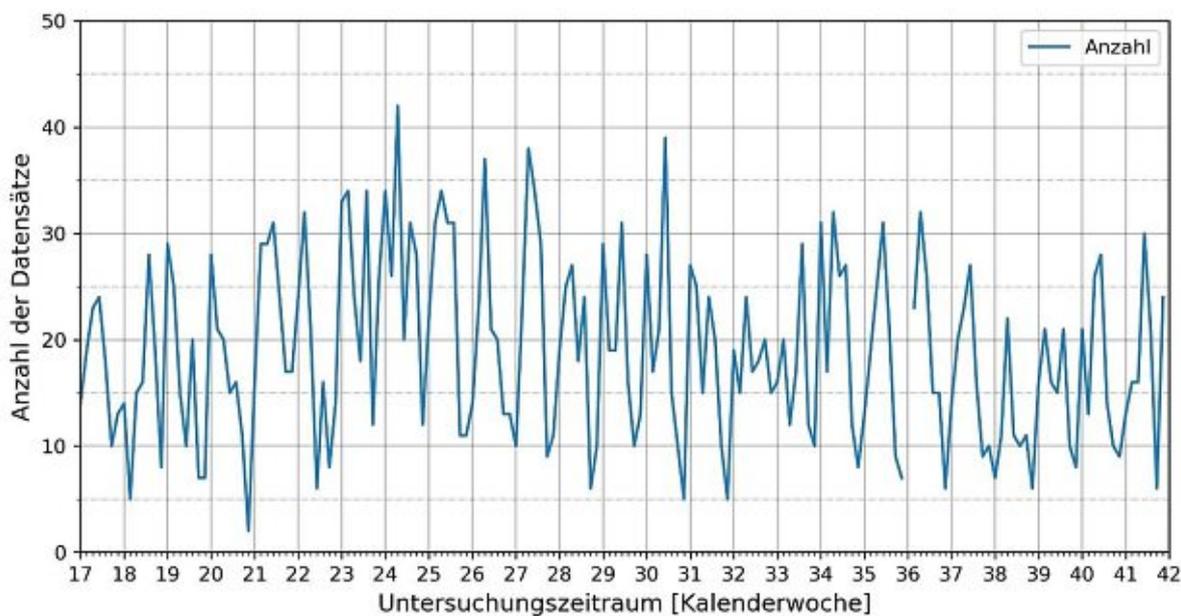


Abb. 10.63: Abschnitt 4; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr

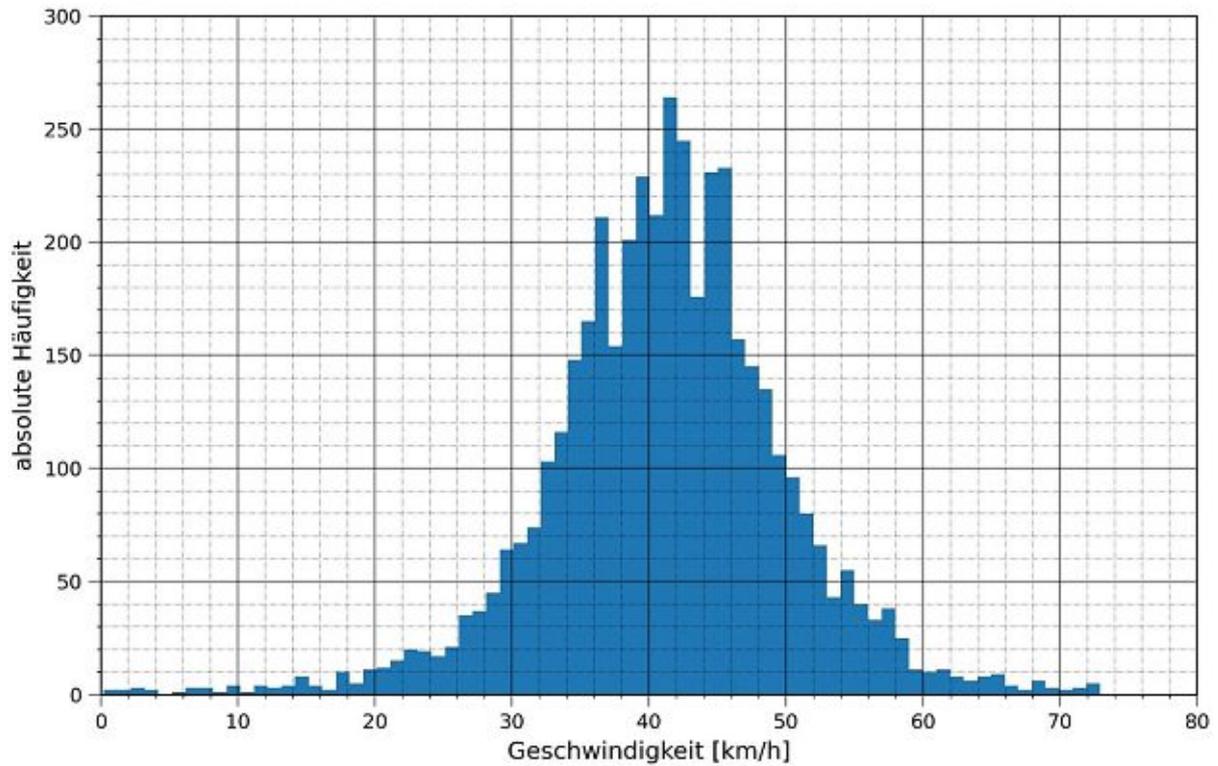


Abb. 10.64: Abschnitt 4; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr

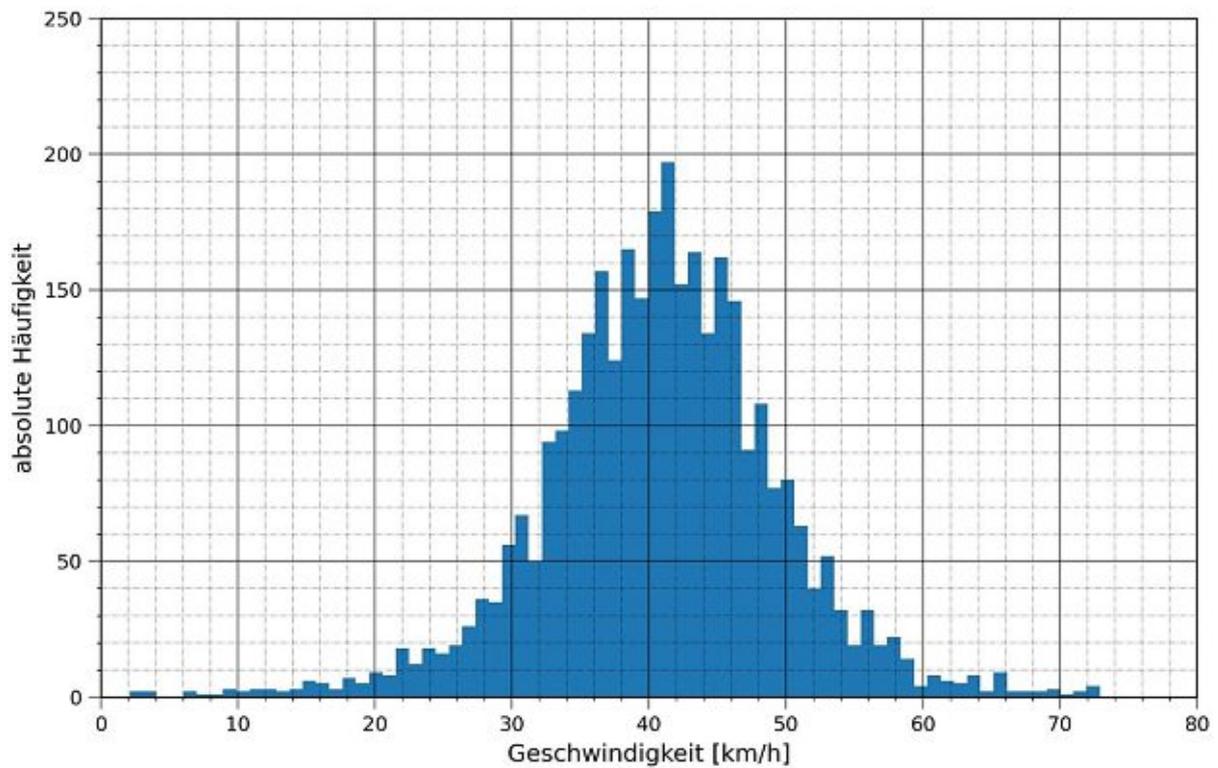


Abb. 10.65: Abschnitt 4; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr

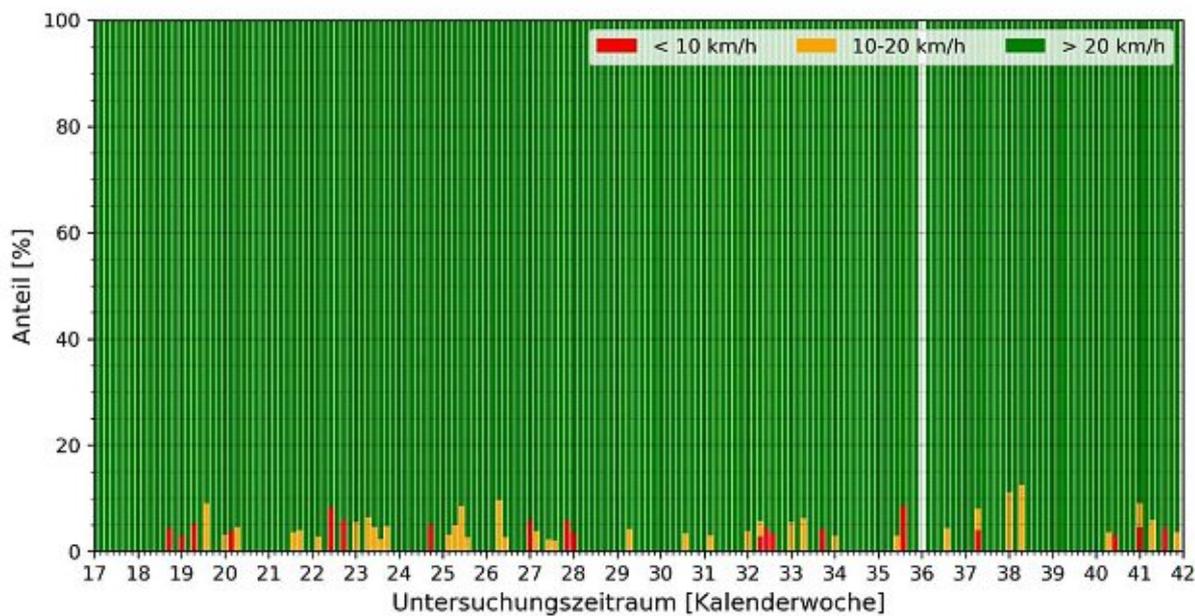


Abb. 10.66: Abschnitt 4; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr

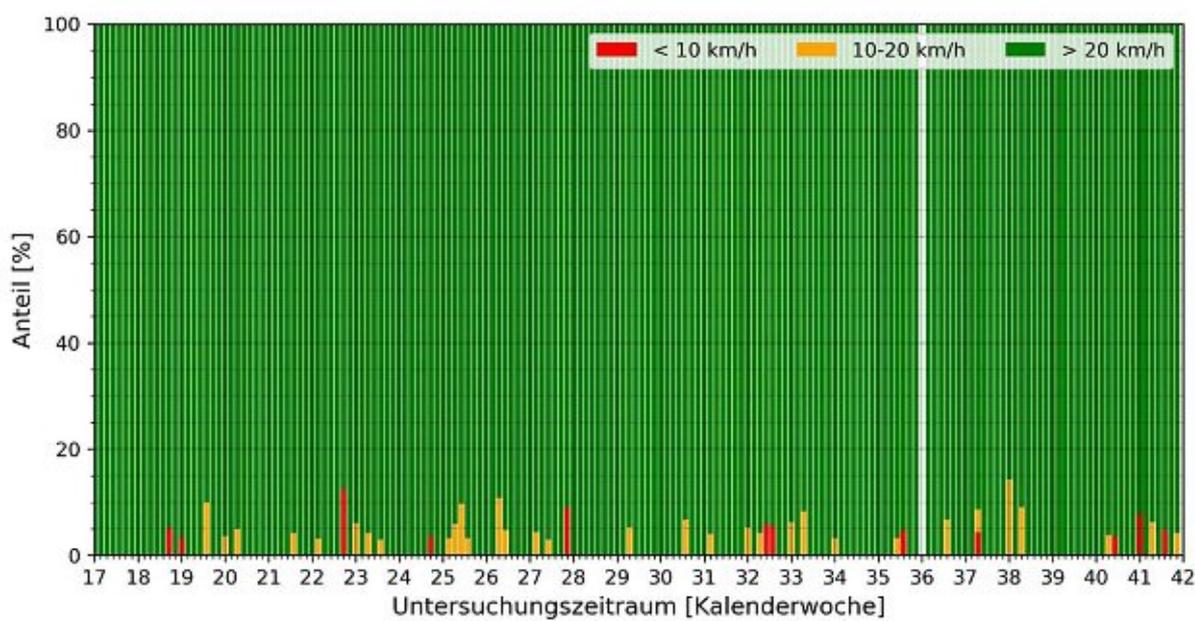


Abb. 10.67: Abschnitt 4; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr

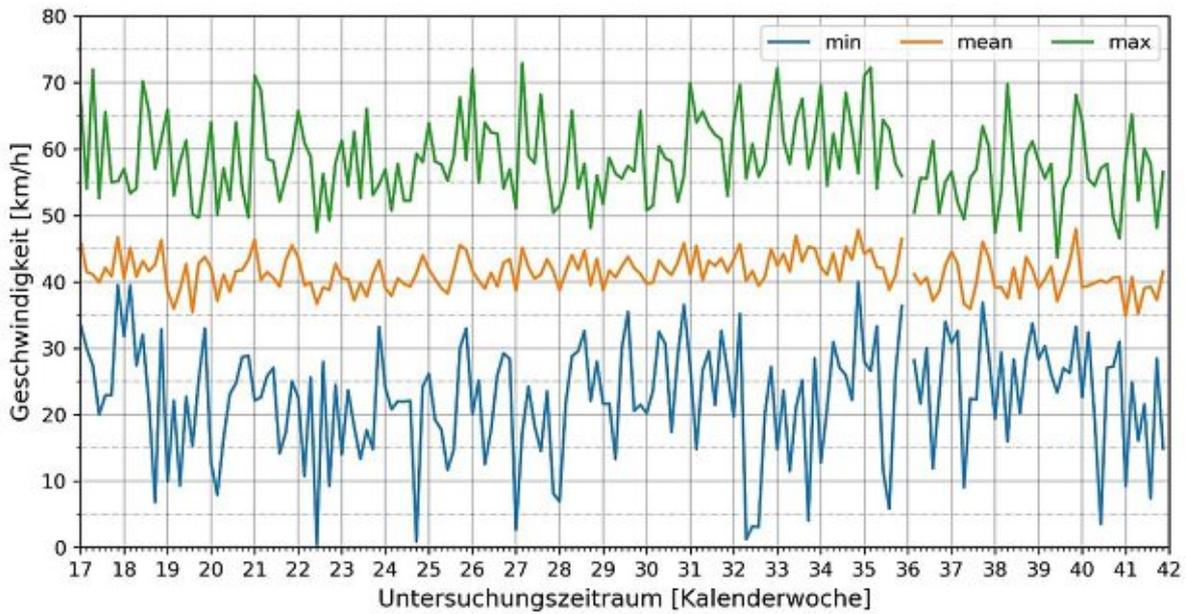


Abb. 10.68: Abschnitt 4; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

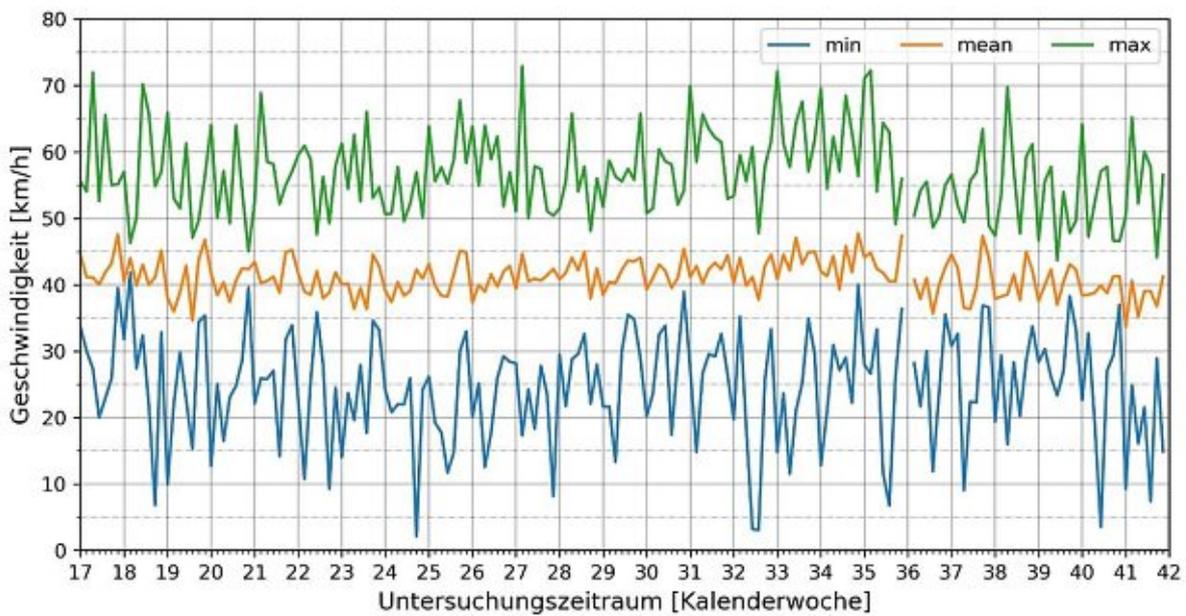


Abb. 10.69: Abschnitt 4; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

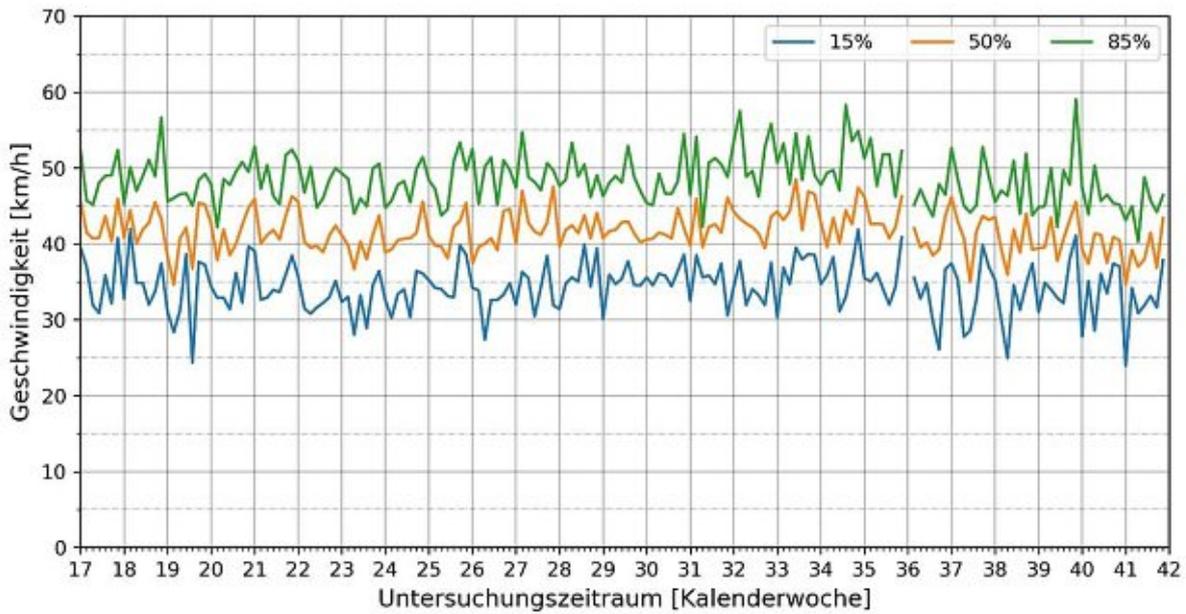


Abb. 10.70: Abschnitt 4; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

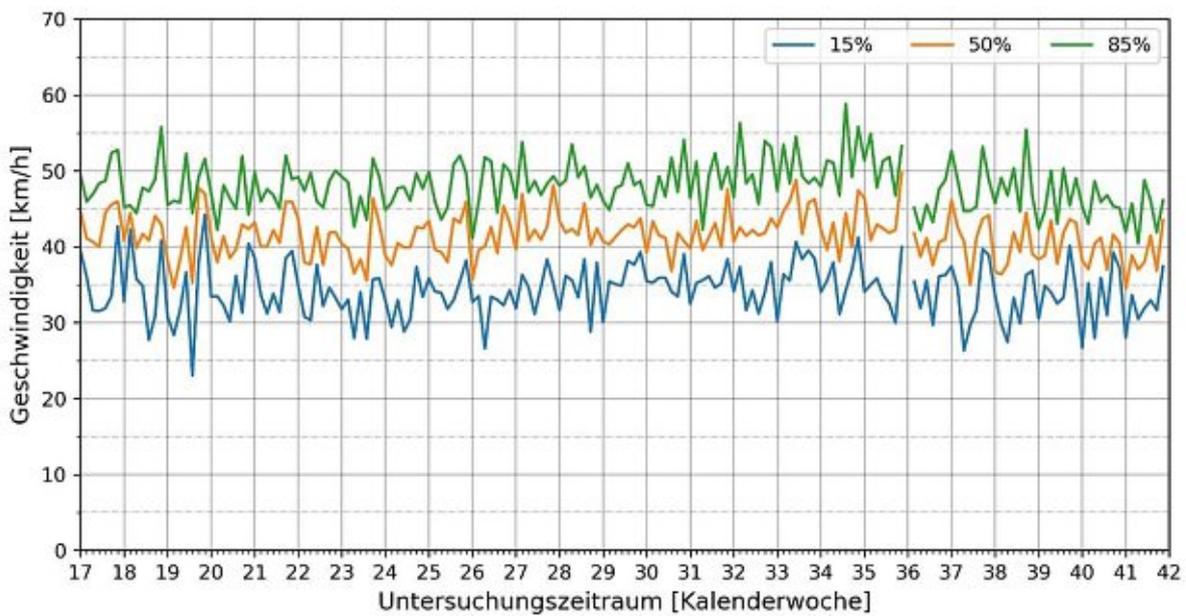


Abb. 10.71: Abschnitt 4; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

10.4.2.2 Abschnitt 5: Sternwartestraße zw. Semperst. und Weitlofg. FR stadtauswärts

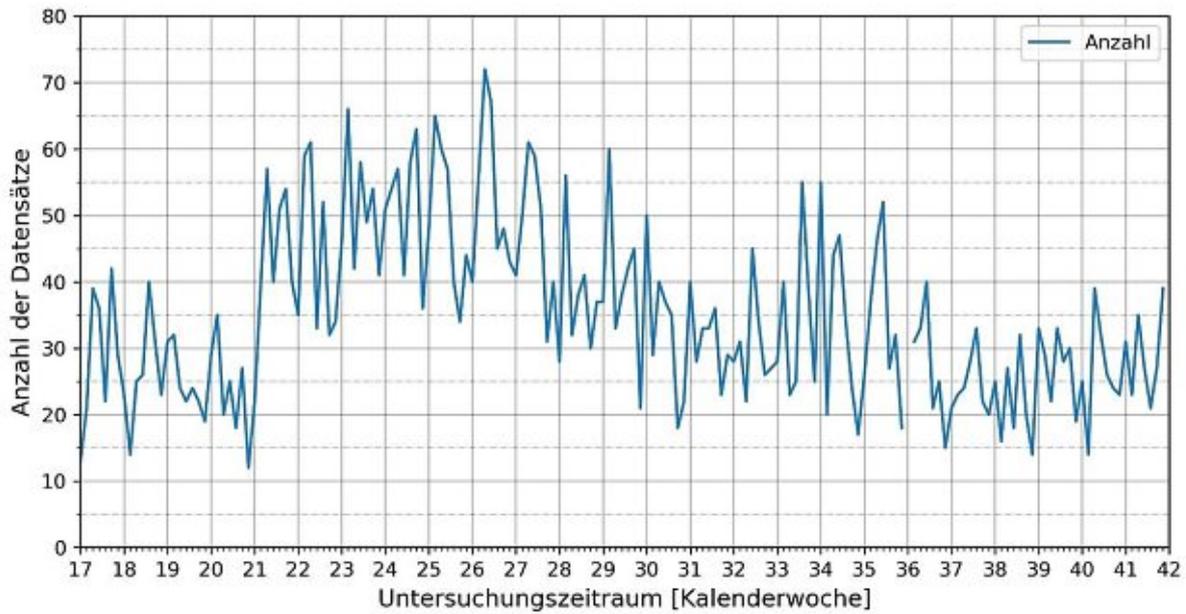


Abb. 10.72: Abschnitt 5; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr

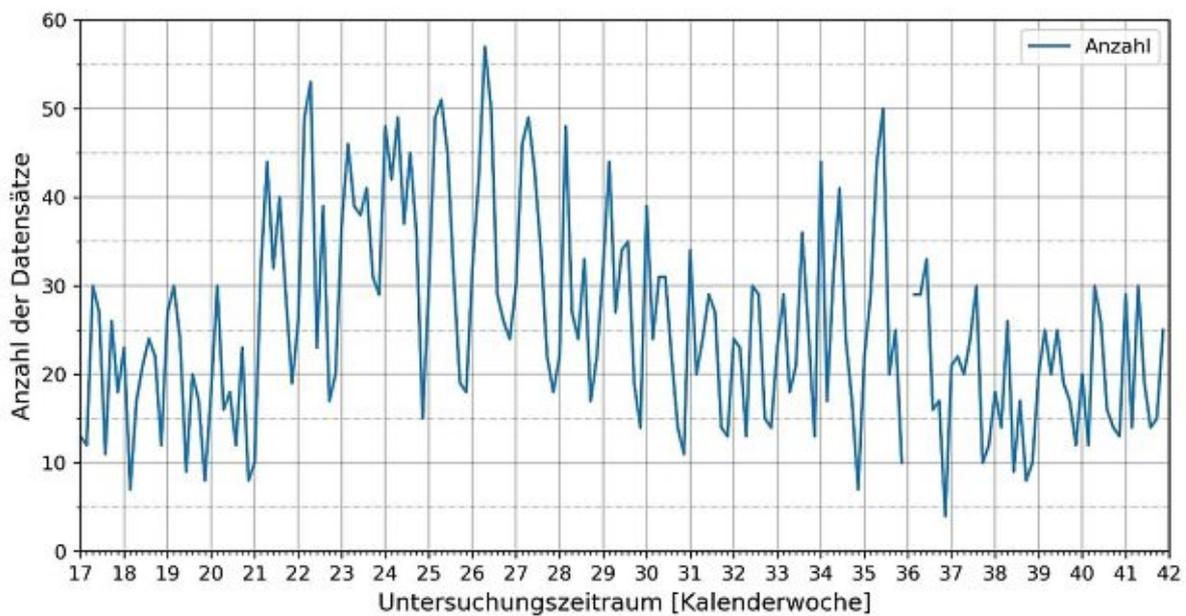


Abb. 10.73: Abschnitt 5; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr

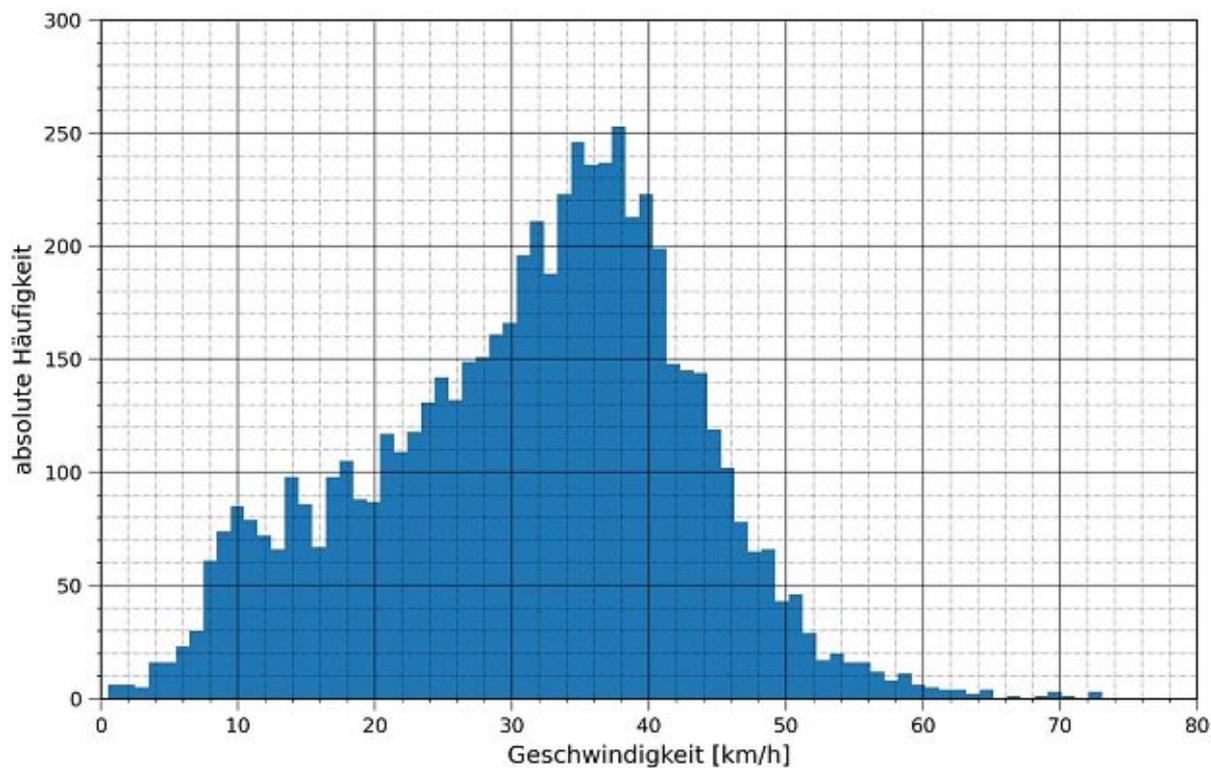


Abb. 10.74: Abschnitt 5; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr

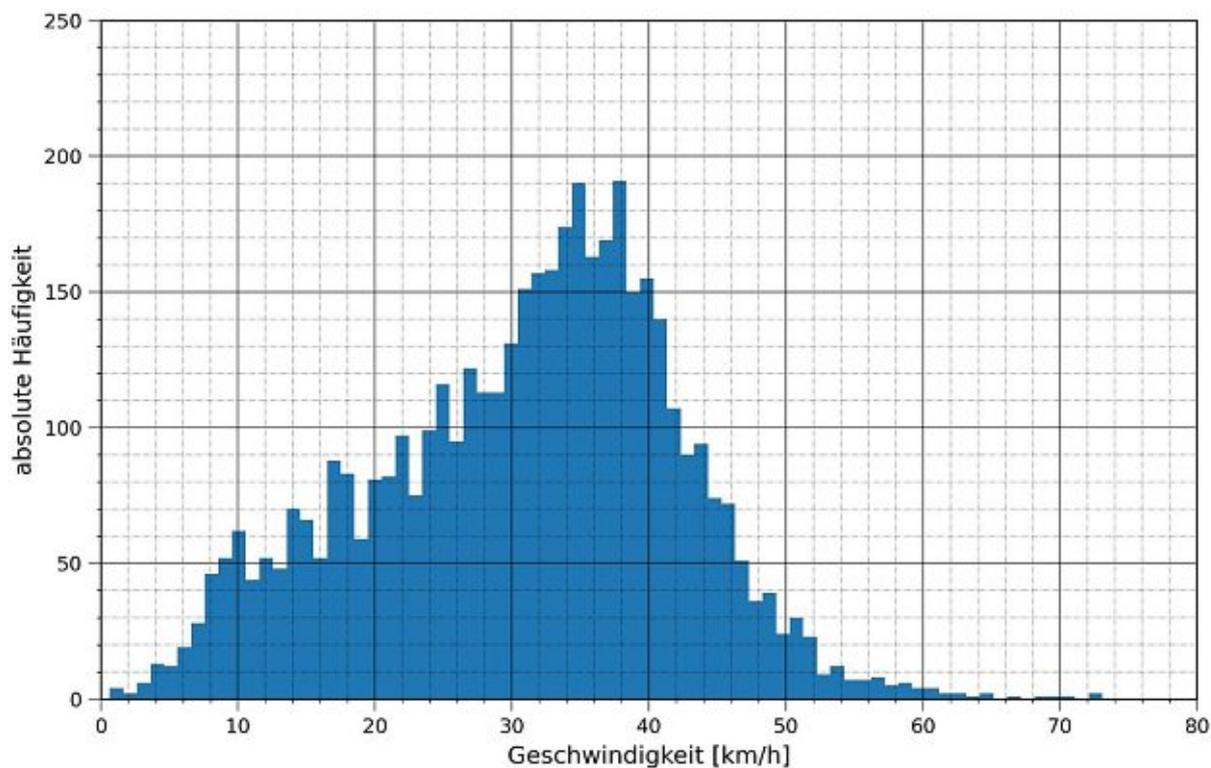


Abb. 10.75: Abschnitt 5; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr

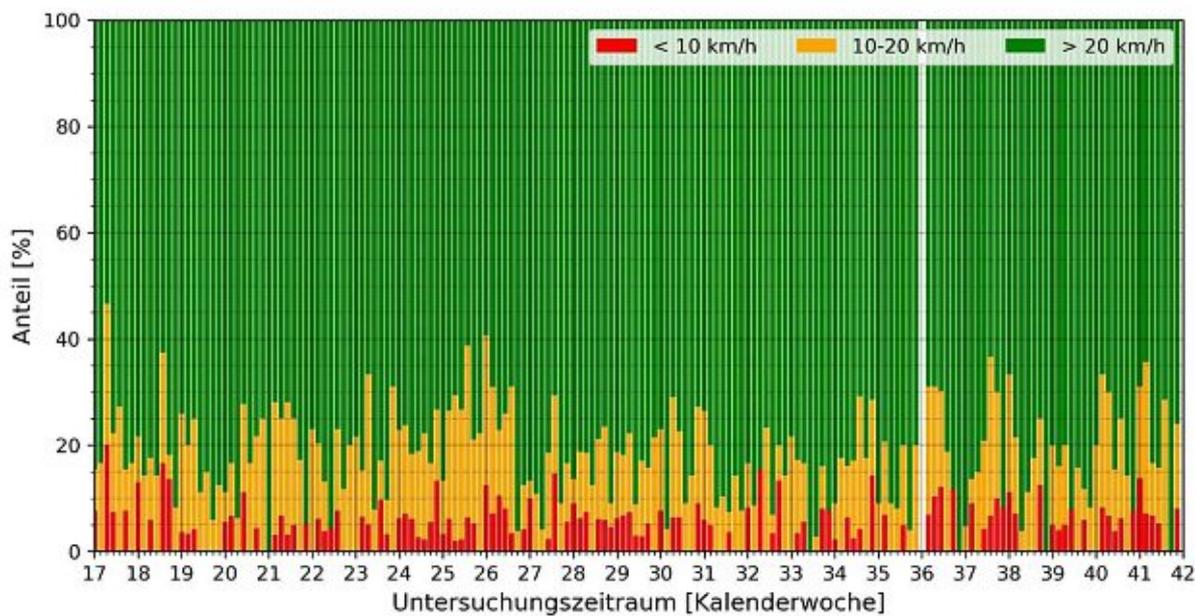


Abb. 10.76: Abschnitt 5; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr

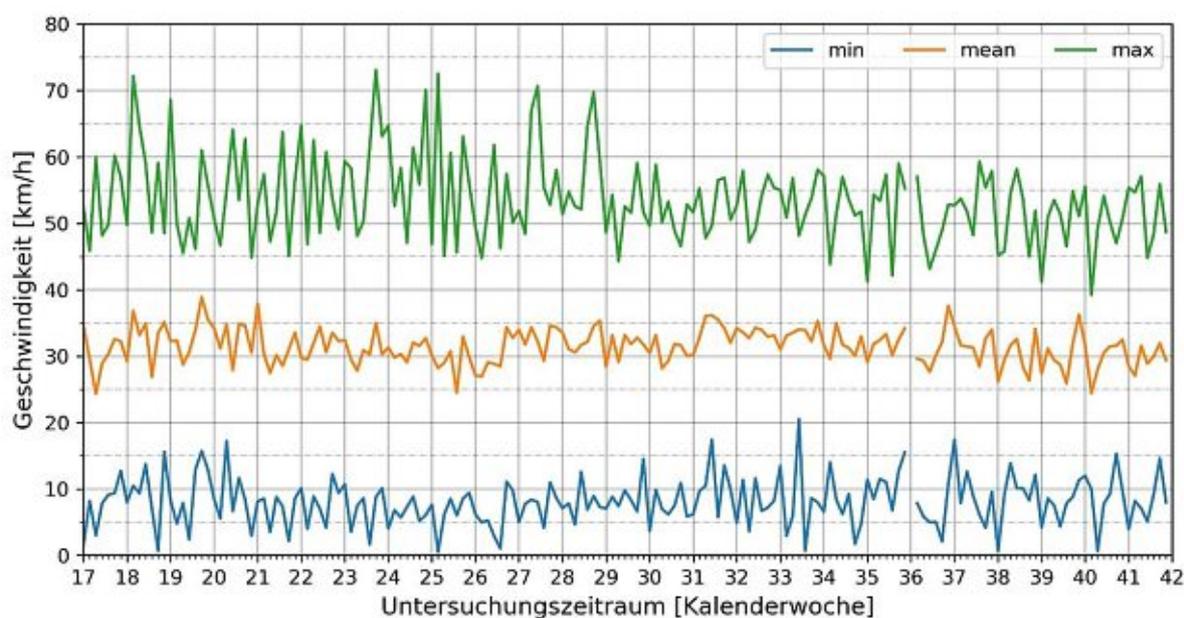


Abb. 10.77: Abschnitt 5; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

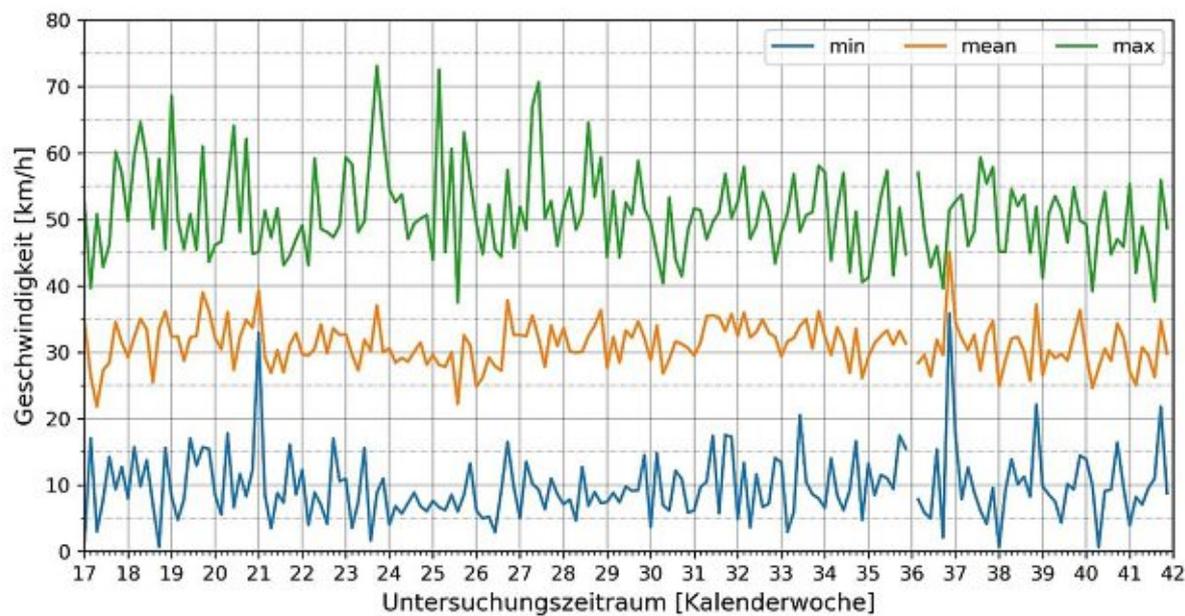


Abb. 10.78: Abschnitt 5; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

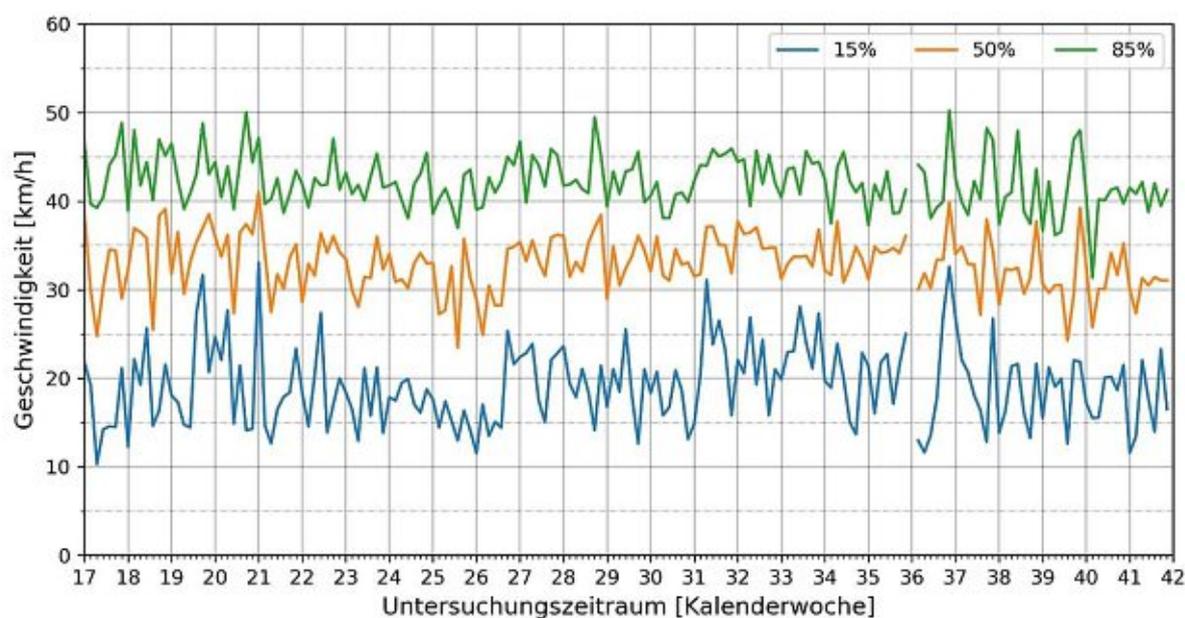


Abb. 10.79: Abschnitt 5; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

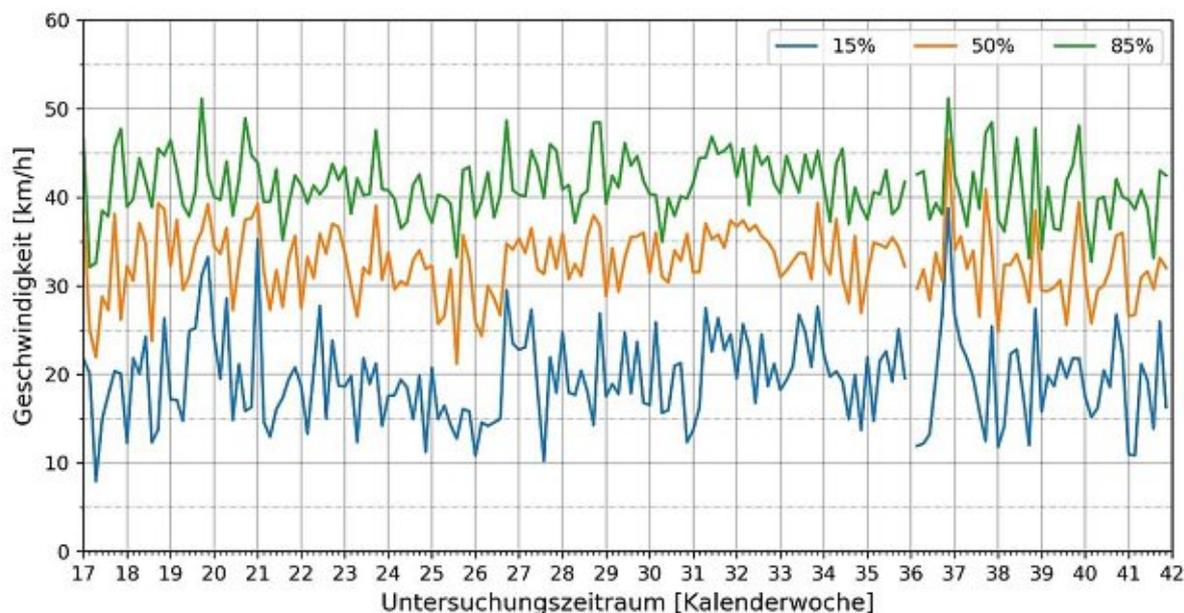


Abb. 10.80: Abschnitt 5; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

10.4.2.3 Abschnitt 6: Kreuzgasse zw. Martinstraße und Eduardgasse FR stadtauswärts

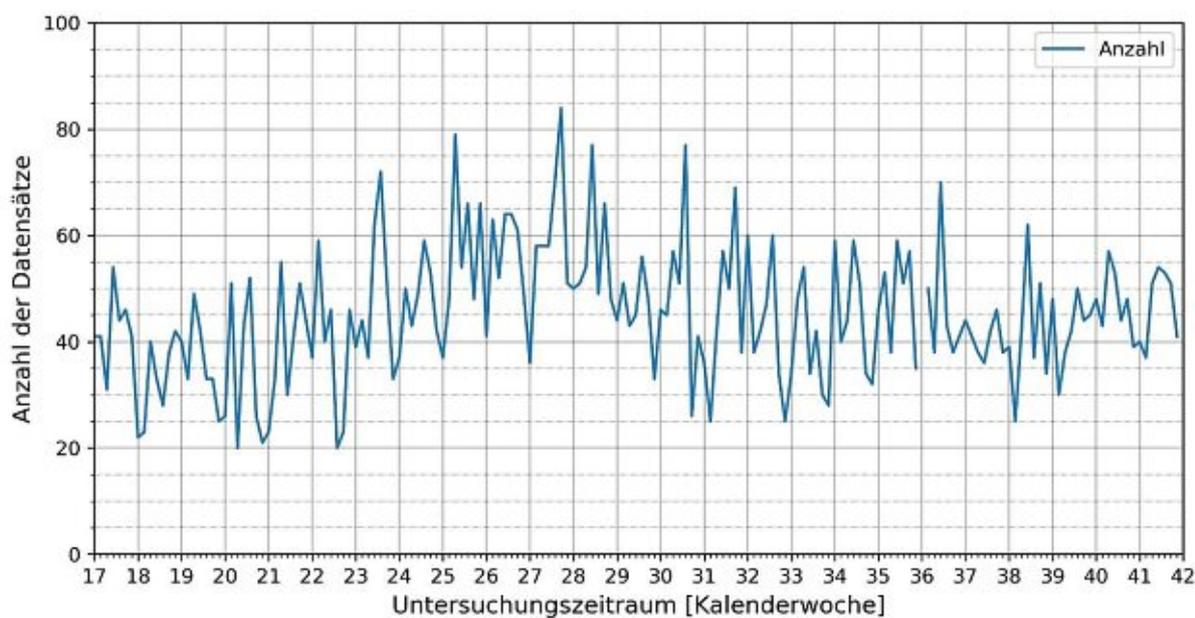


Abb. 10.81: Abschnitt 6; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr

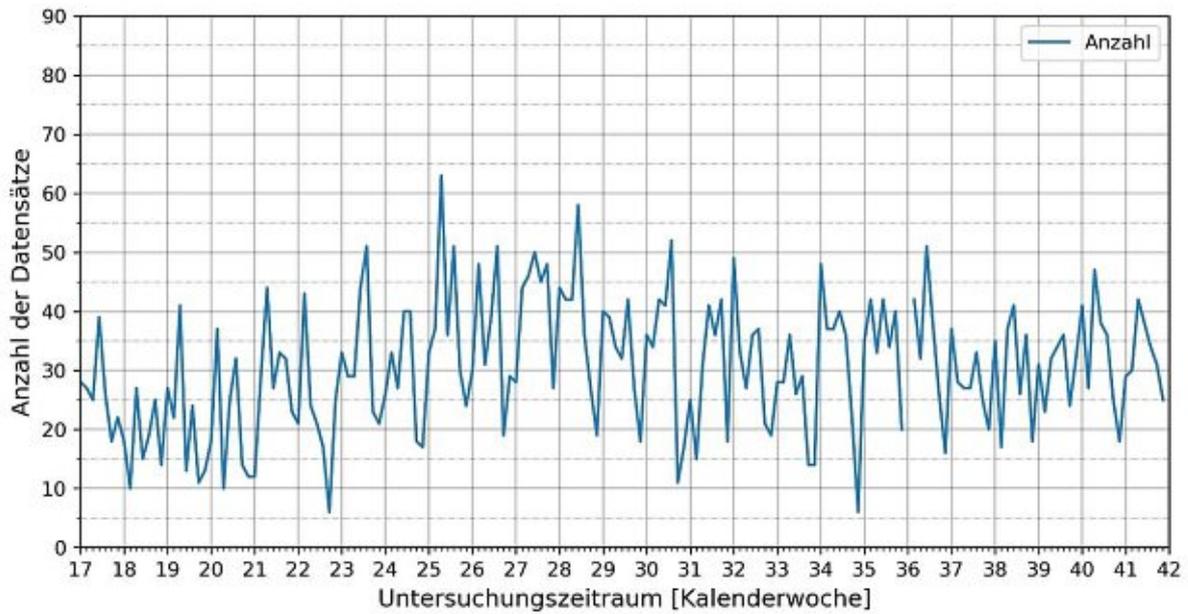


Abb. 10.82: Abschnitt 6; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr

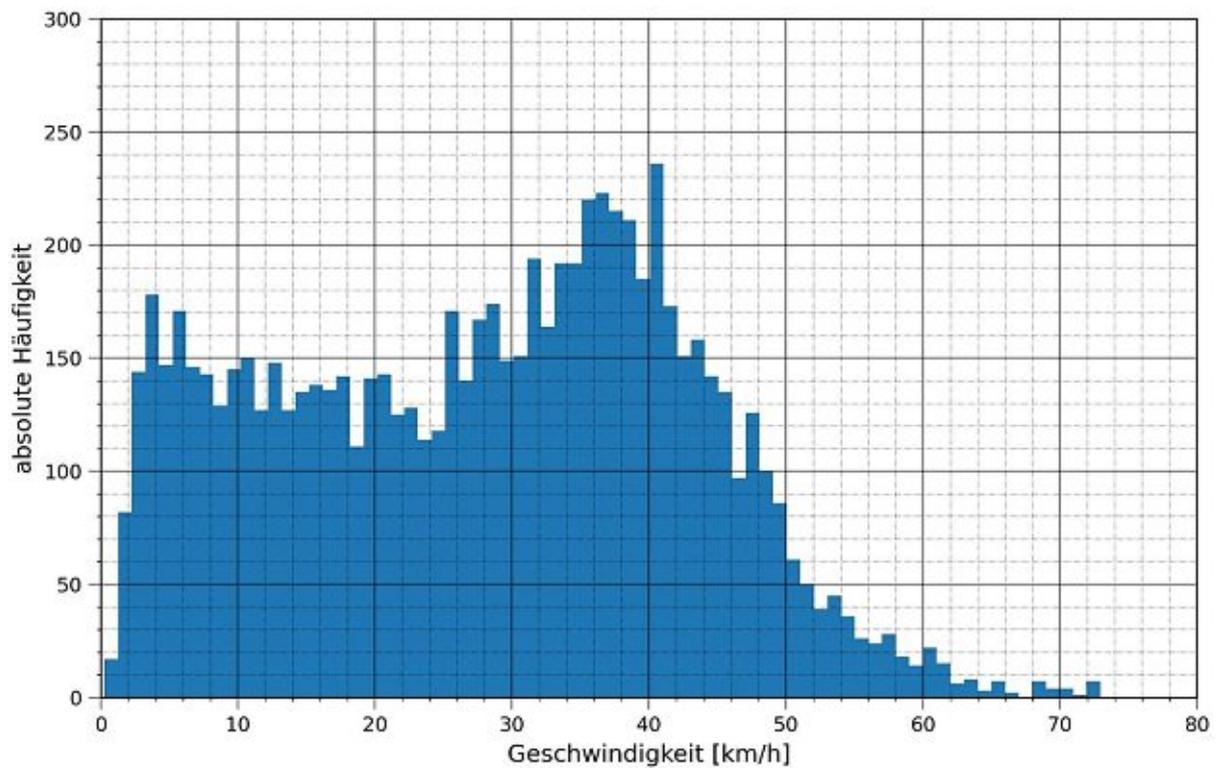


Abb. 10.83: Abschnitt 6; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr

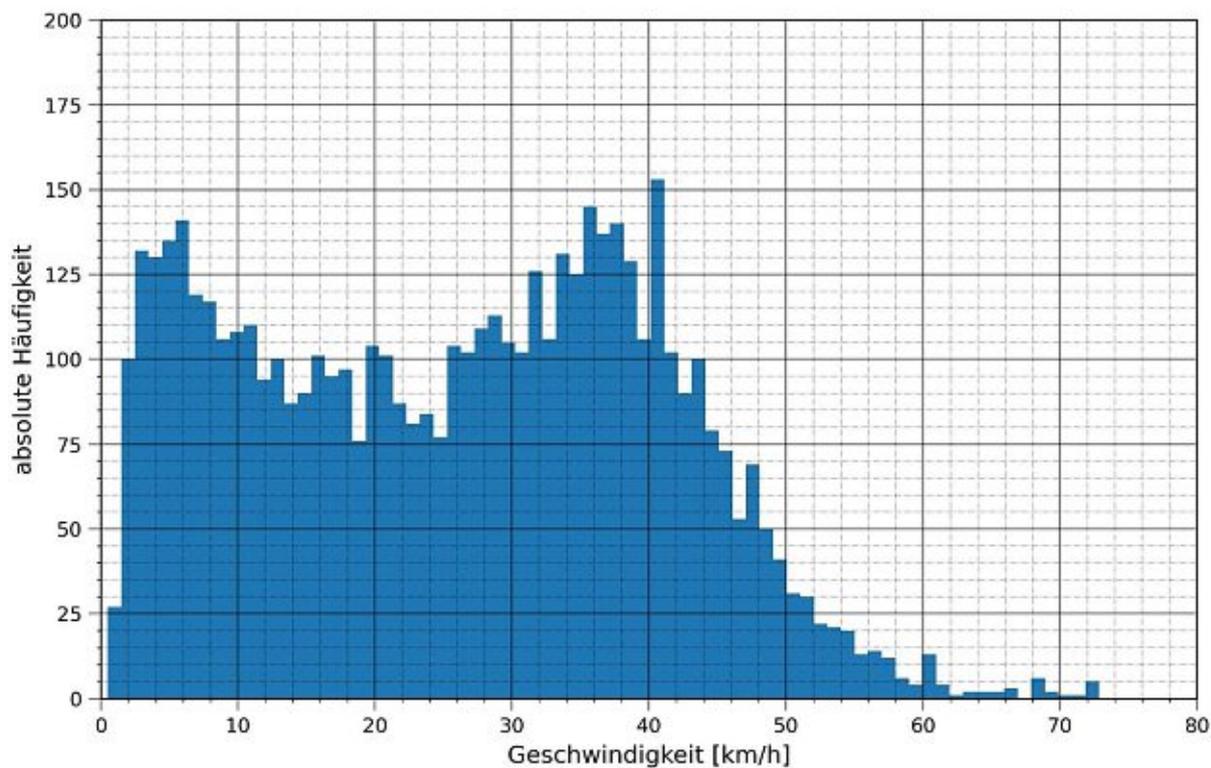


Abb. 10.84: Abschnitt 6; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr

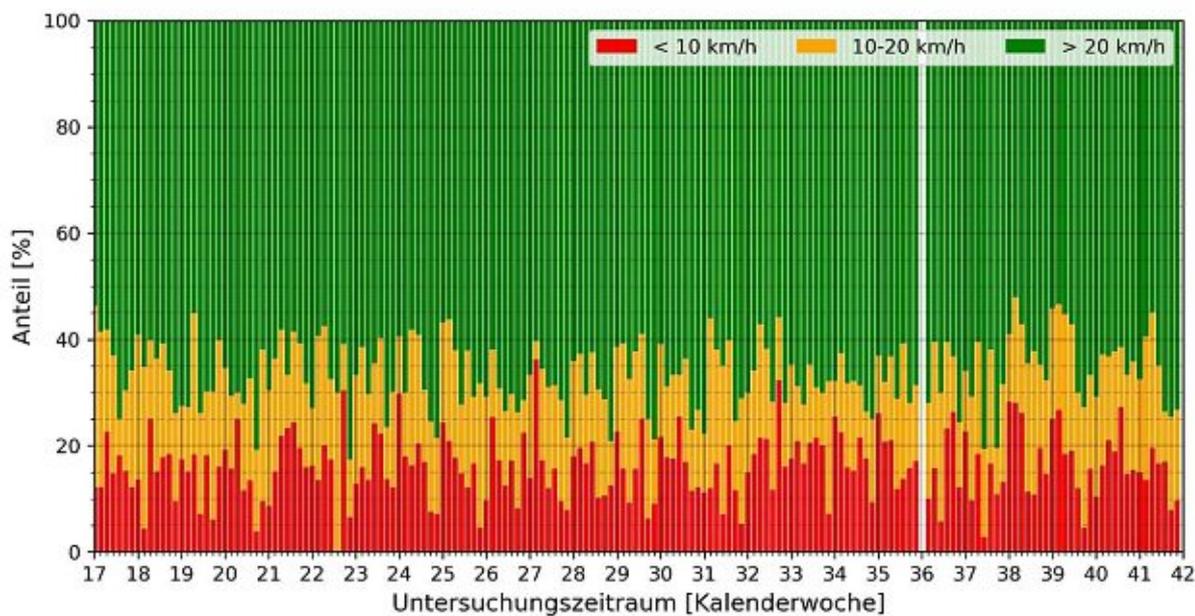


Abb. 10.85: Abschnitt 6; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr

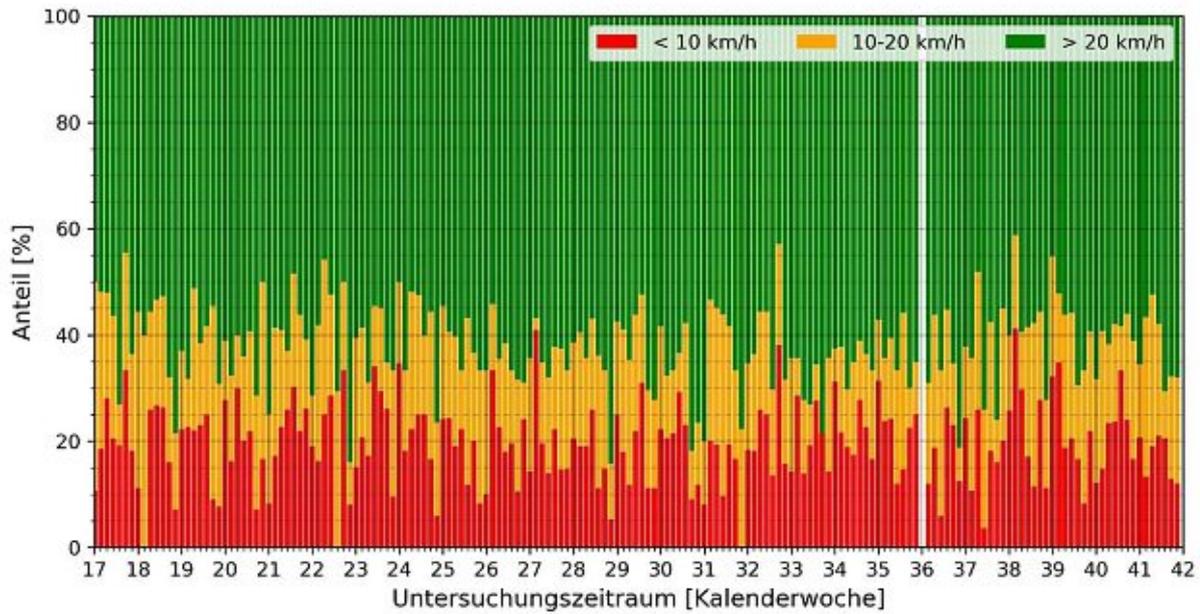


Abb. 10.86: Abschnitt 6; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr

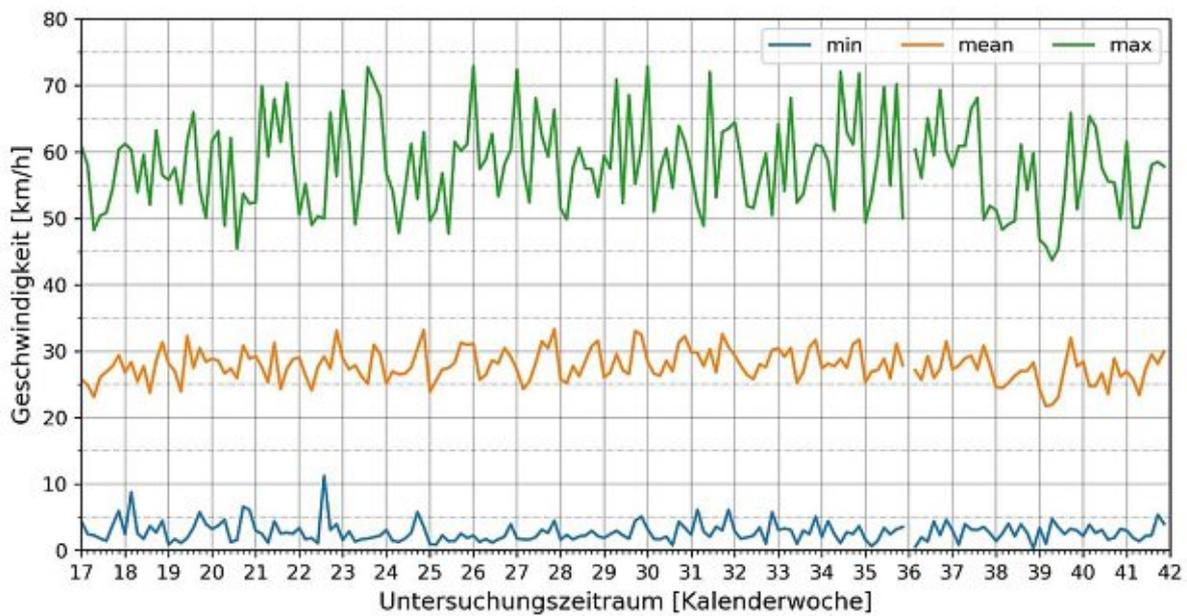


Abb. 10.87: Abschnitt 6; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

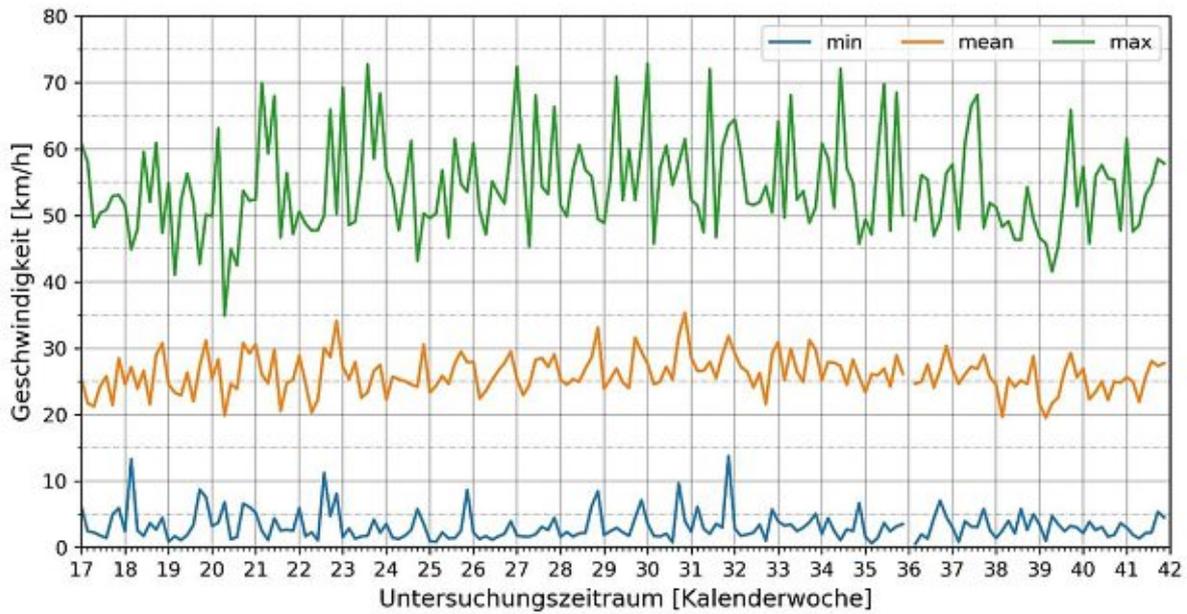


Abb. 10.88: Abschnitt 6; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

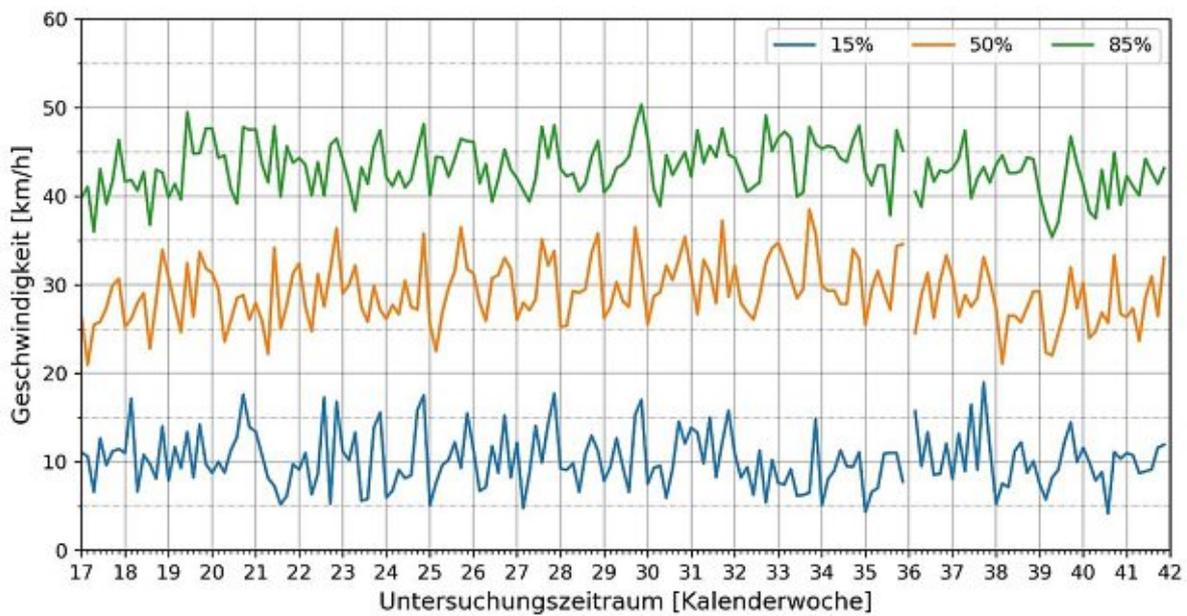


Abb. 10.89: Abschnitt 6; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

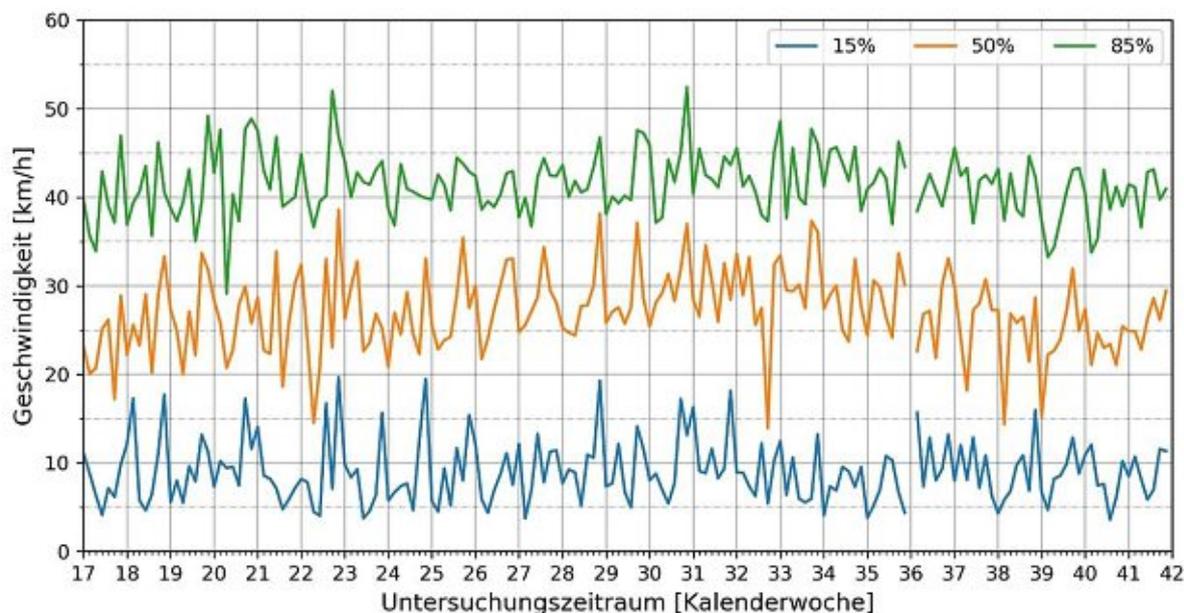


Abb. 10.90: Abschnitt 6; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

10.4.2.4 Abschnitt 7: Gentzgasse Bereich Kutschergasse FR stadteinwärts

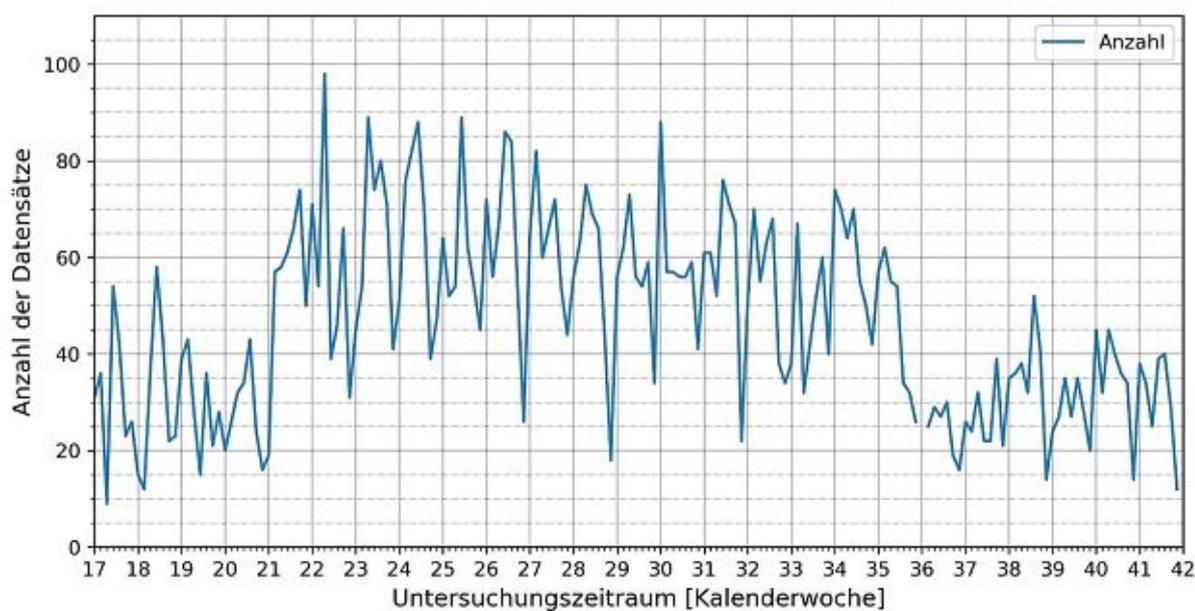


Abb. 10.91: Abschnitt 7; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr

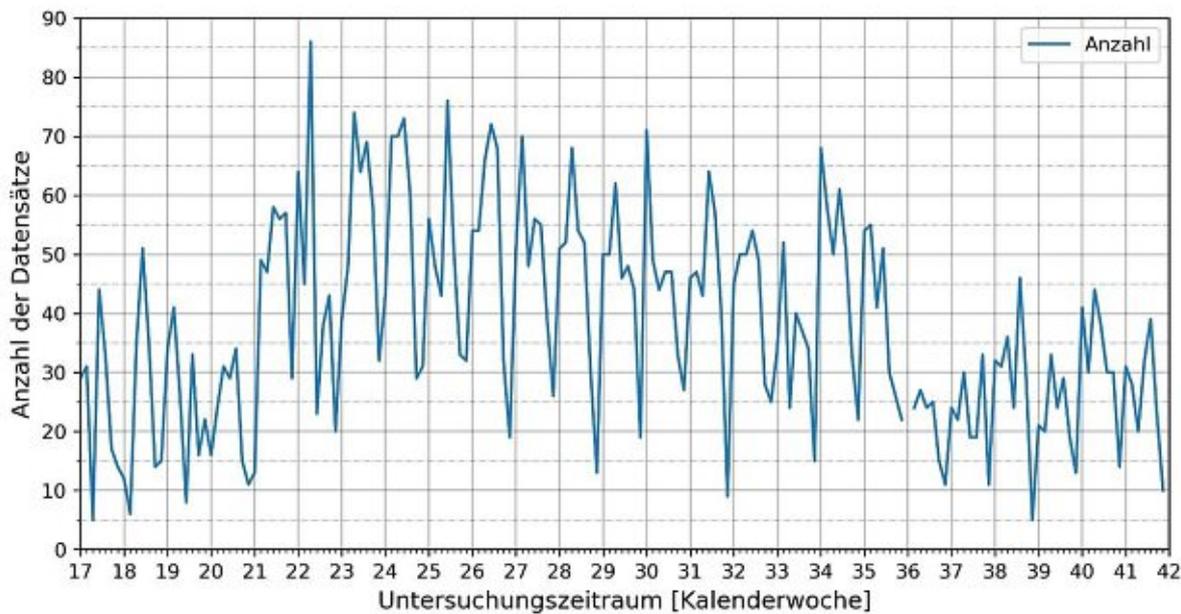


Abb. 10.92: Abschnitt 7; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr

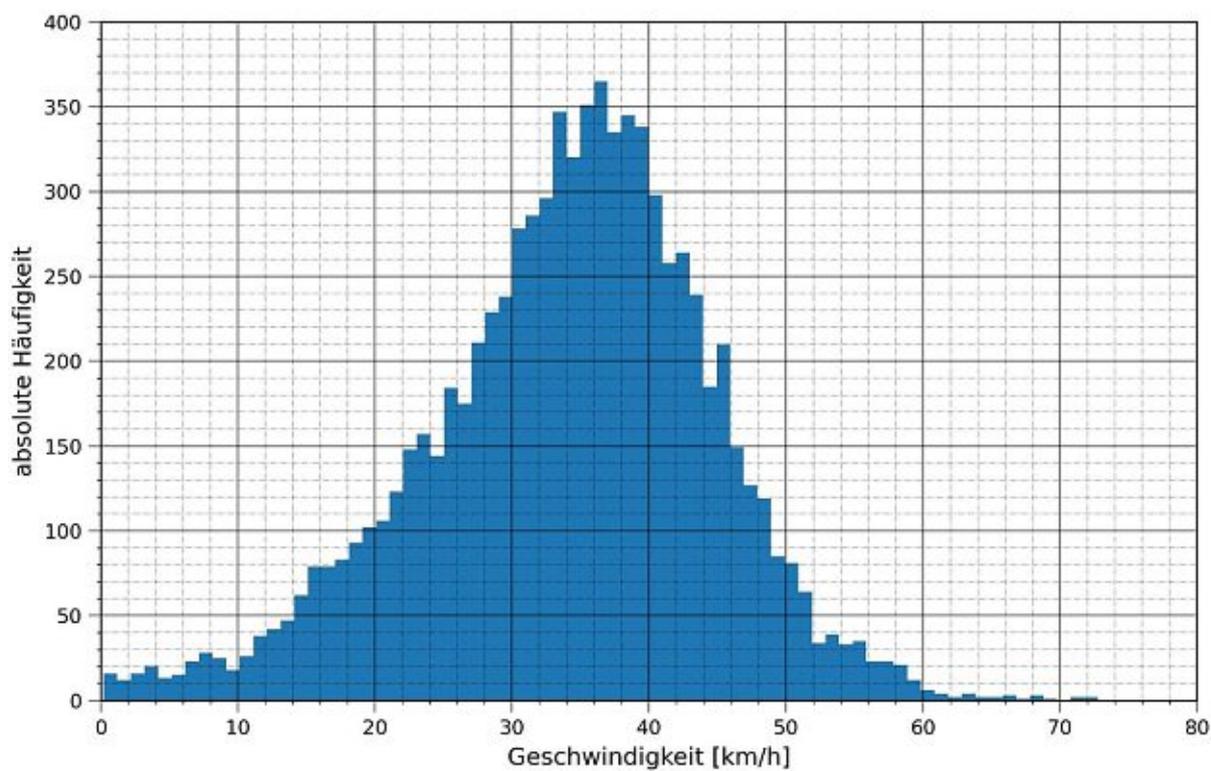


Abb. 10.93: Abschnitt 7; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr

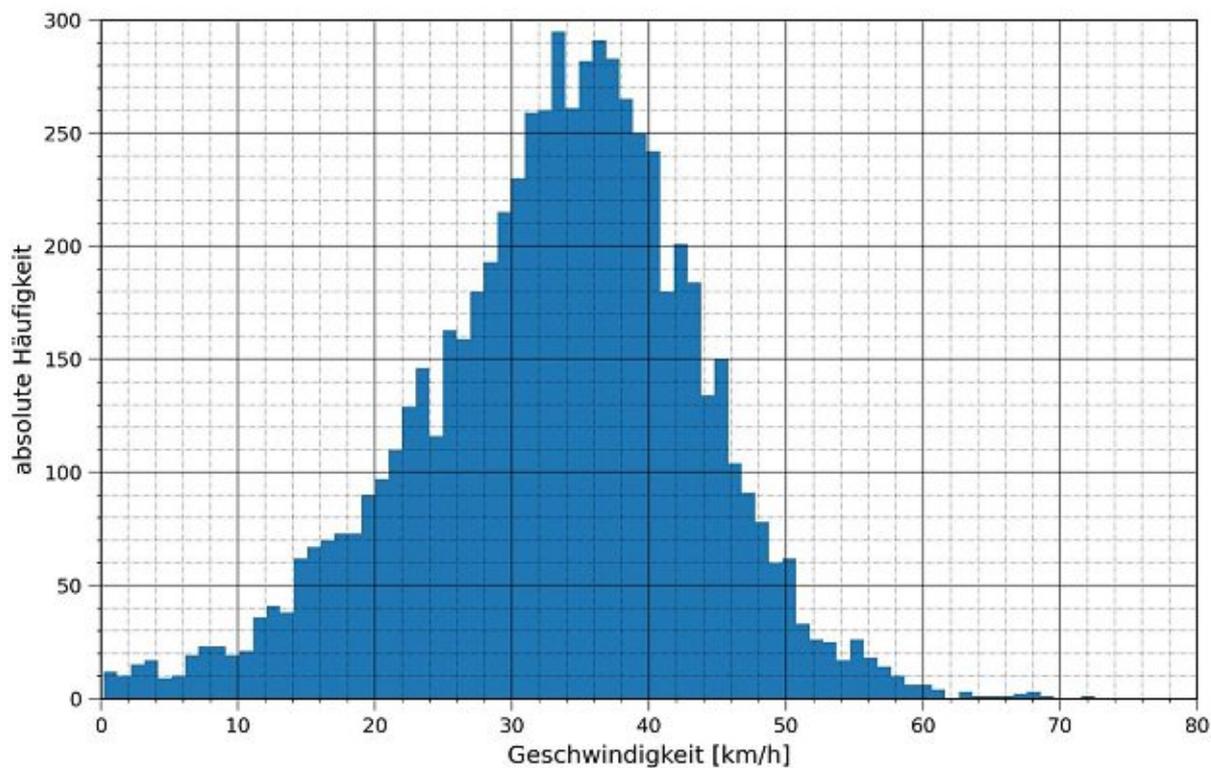


Abb. 10.94: Abschnitt 7; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr

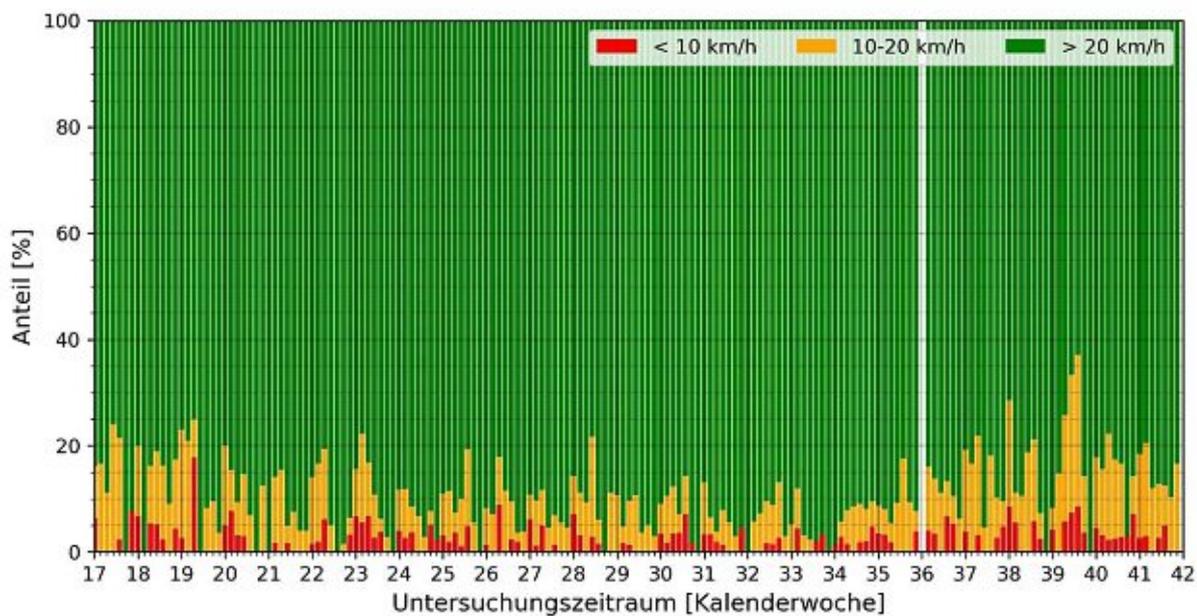


Abb. 10.95: Abschnitt 7; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr

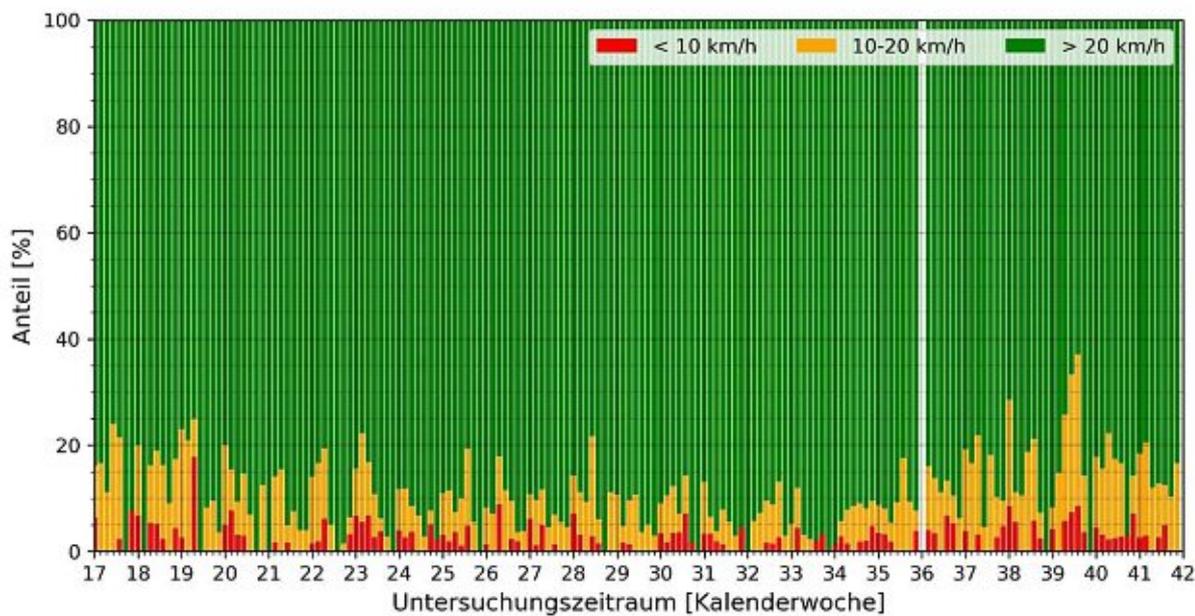


Abb. 10.96: Abschnitt 7; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr

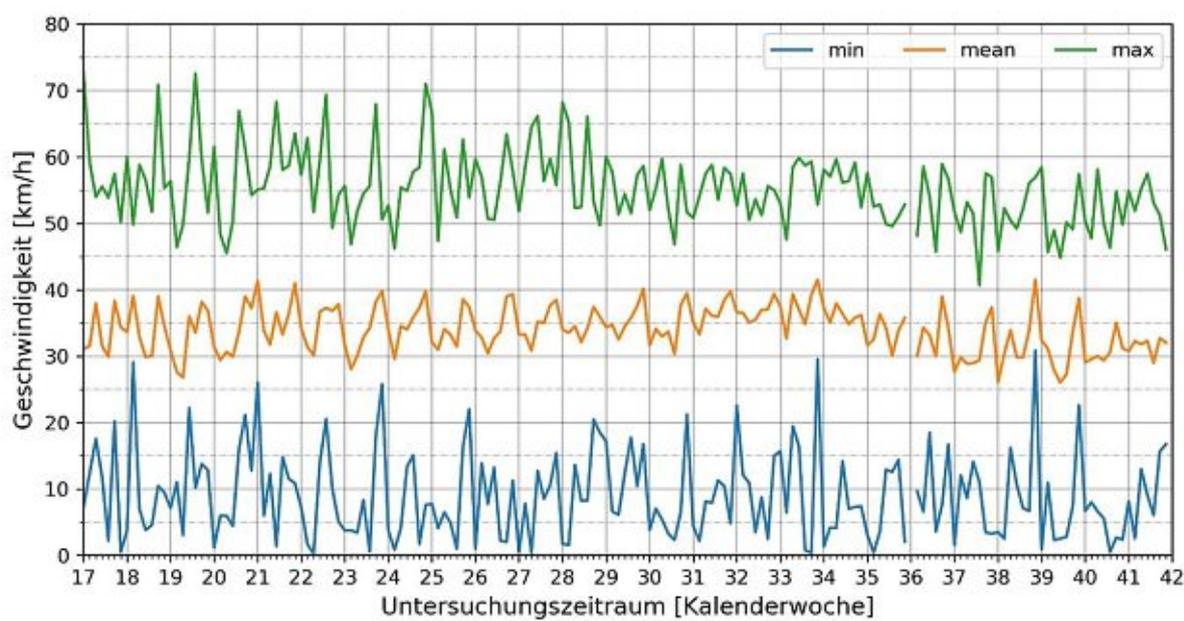


Abb. 10.97: Abschnitt 7; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

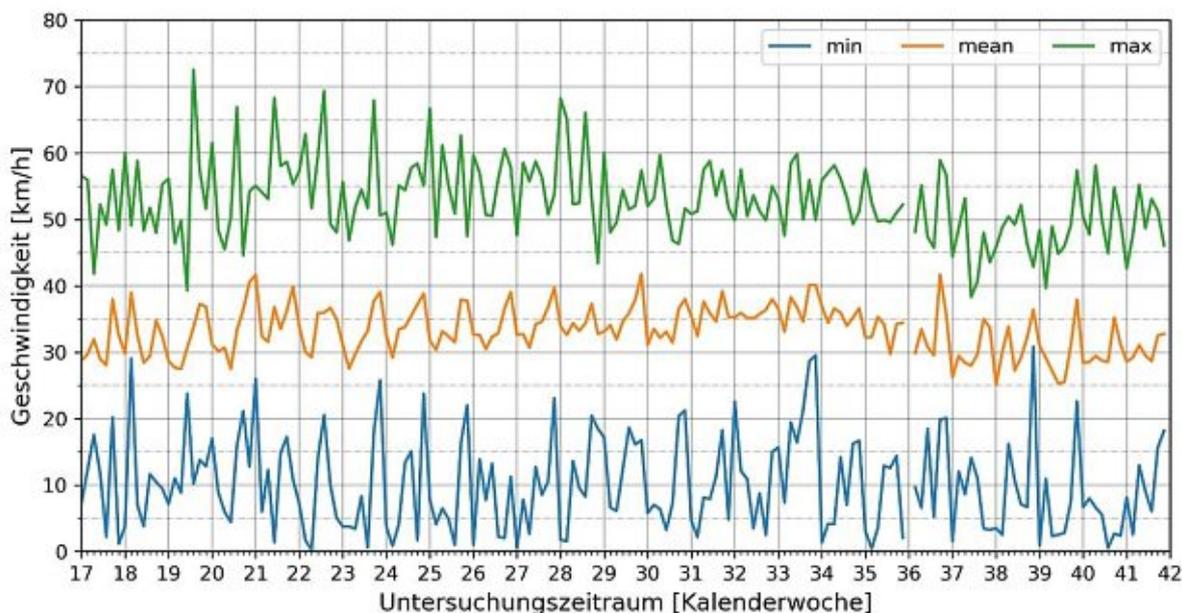


Abb. 10.98: Abschnitt 7; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

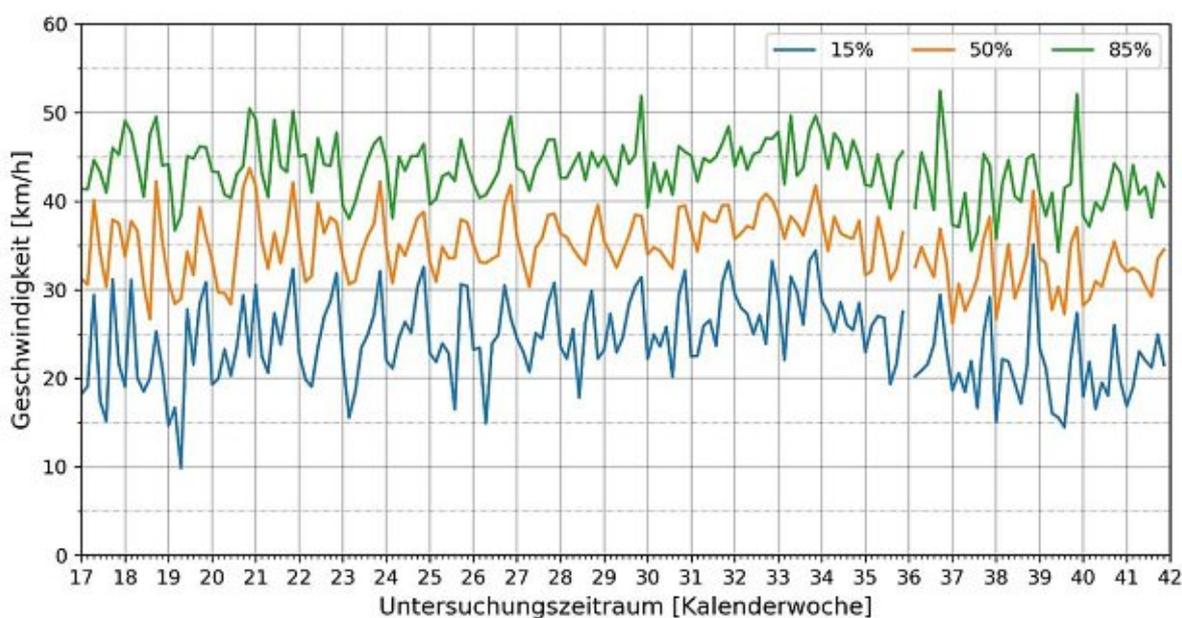


Abb. 10.99: Abschnitt 7; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

10.4.2.5 Abschnitt 8: Schulgasse zw. Maynollog. und Kutschkergr. FR stadteinwärts

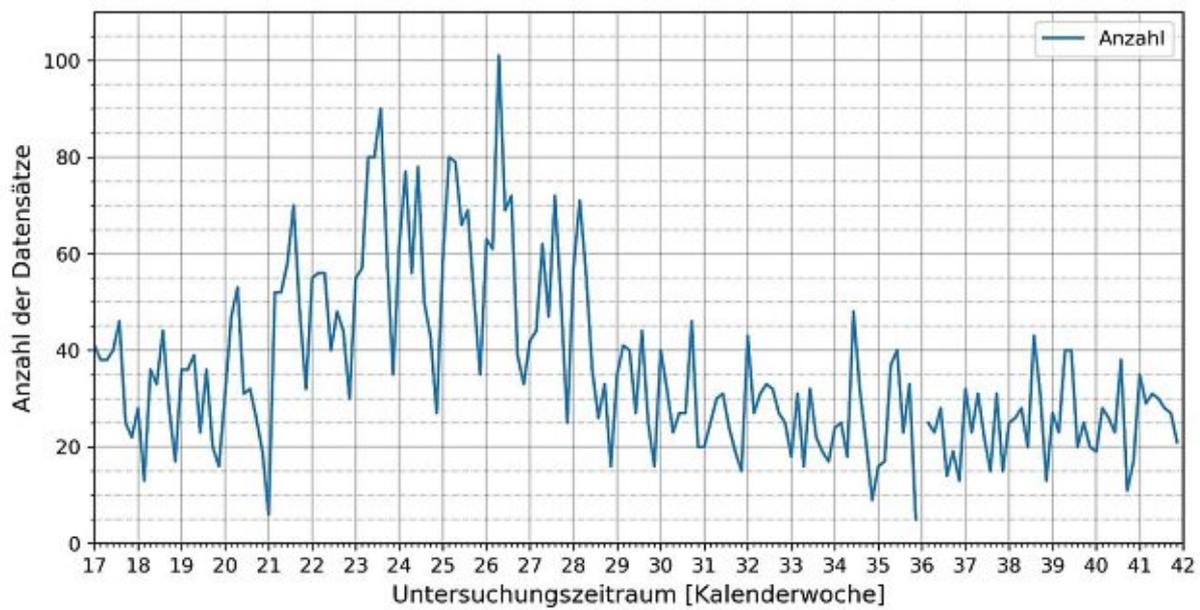


Abb. 10.100: Abschnitt 8; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr

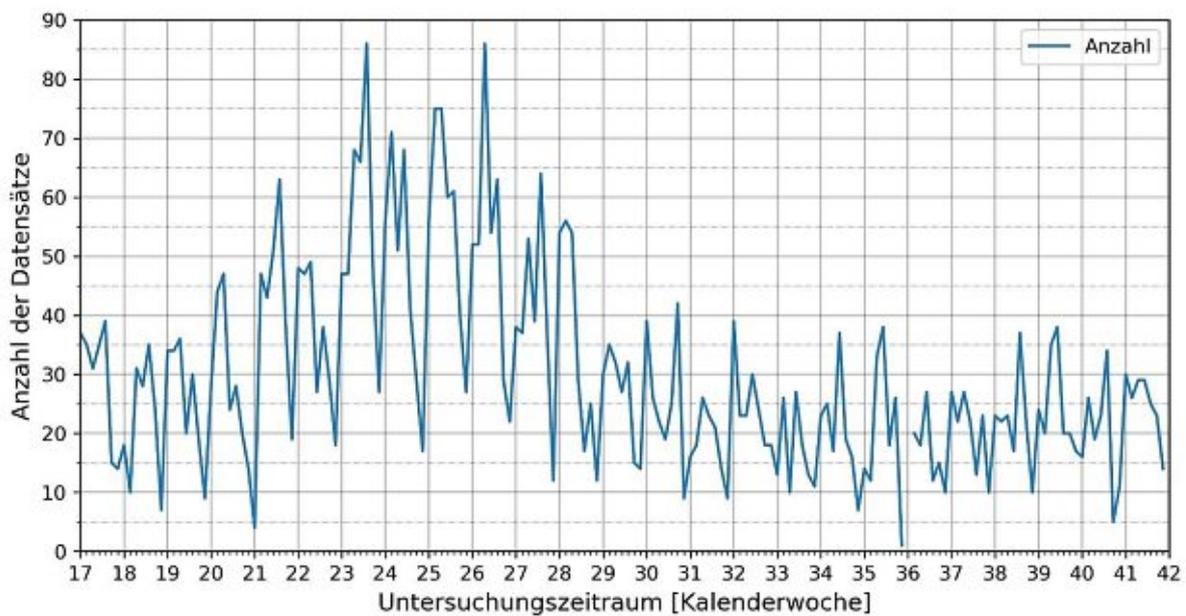


Abb. 10.101: Abschnitt 8; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr

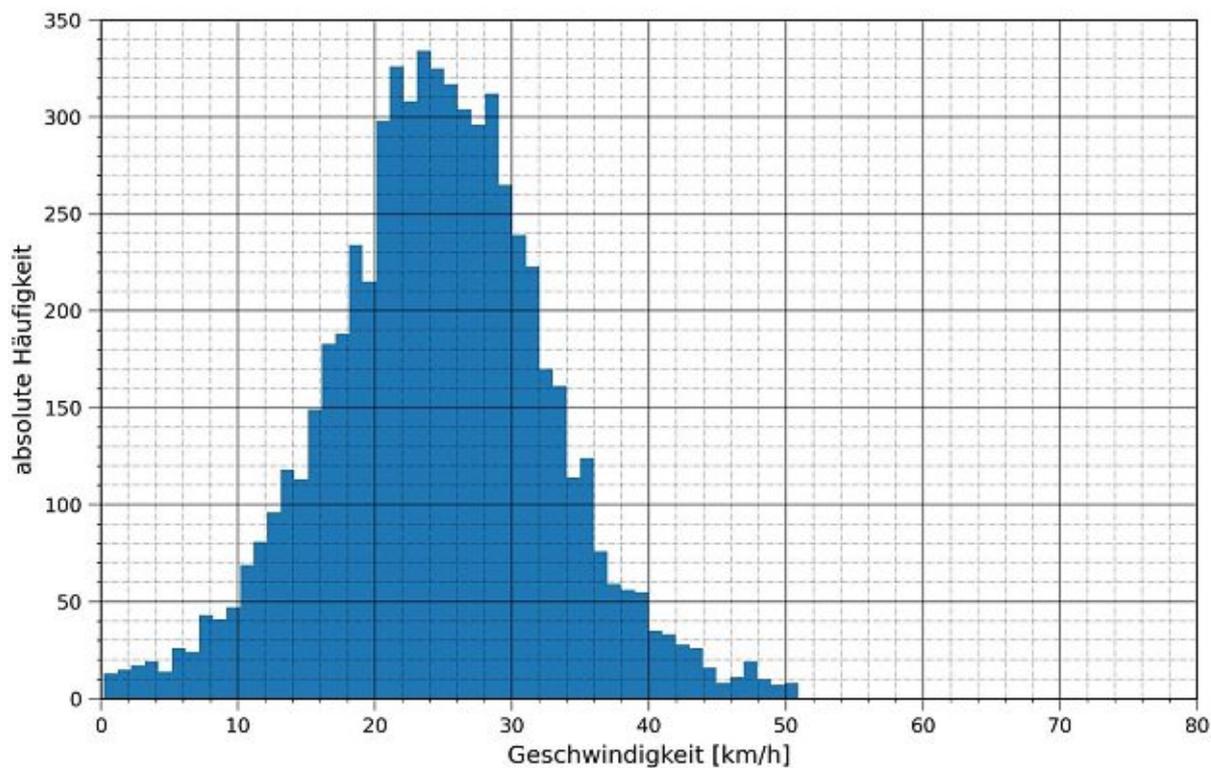


Abb. 10.102: Abschnitt 8; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr

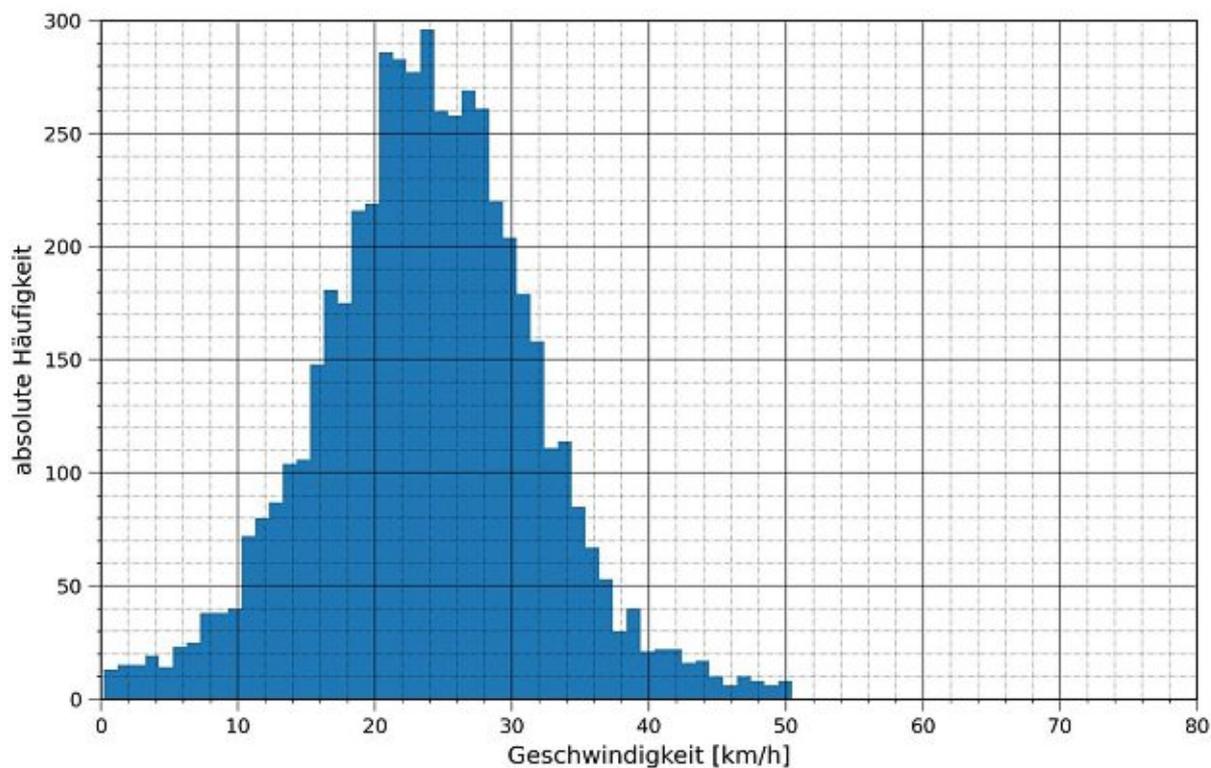


Abb. 10.103: Abschnitt 8; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr

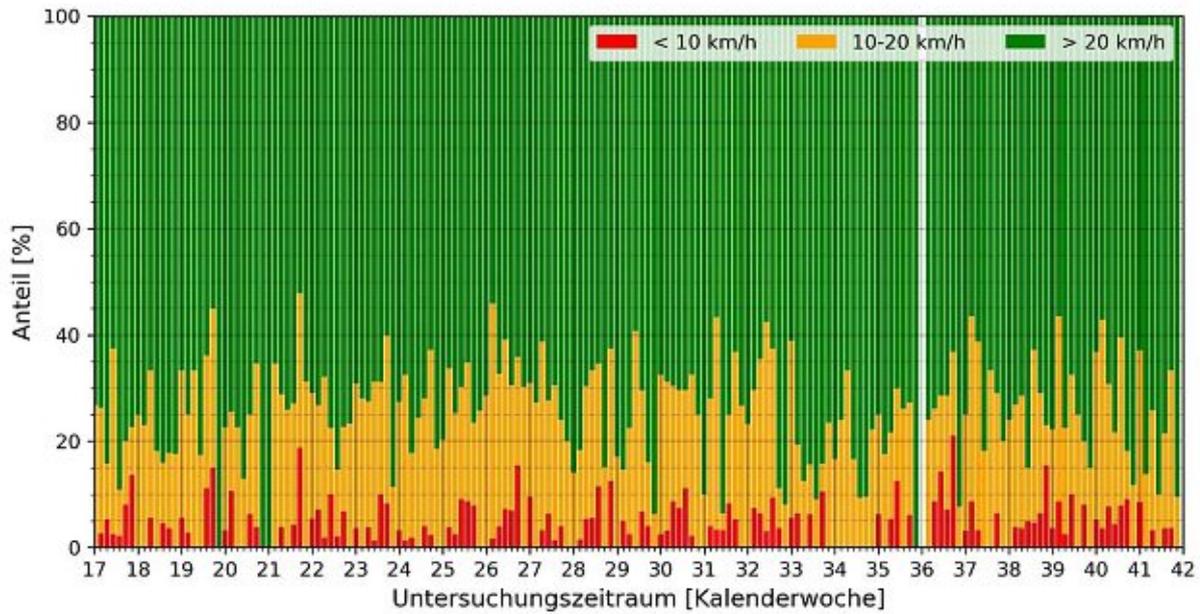


Abb. 10.104: Abschnitt 8; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr

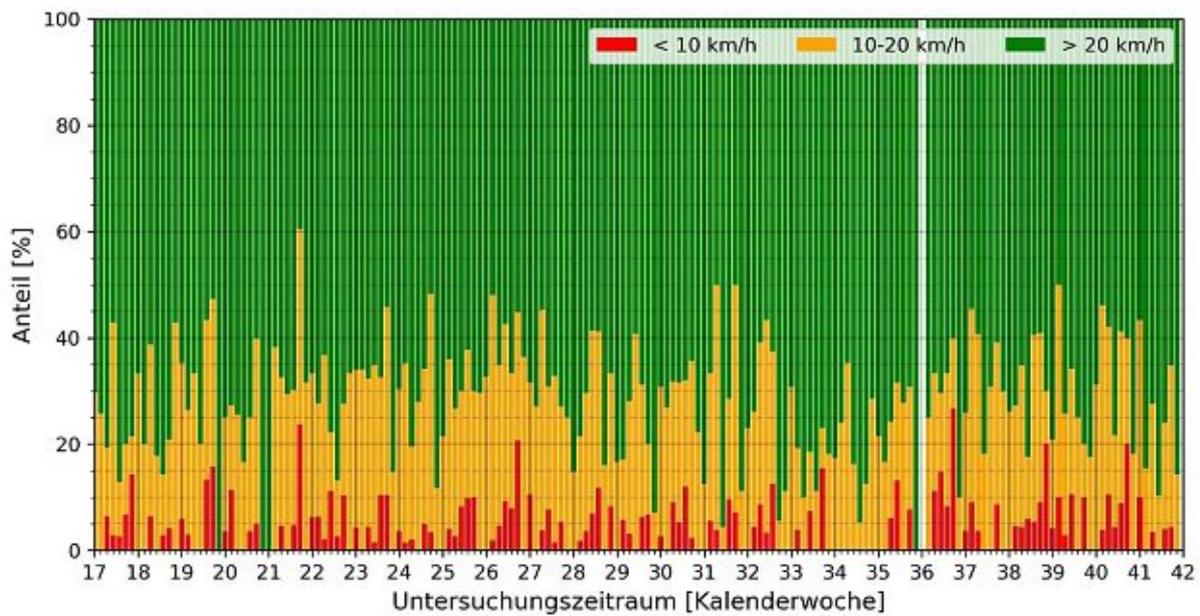


Abb. 10.105: Abschnitt 8; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr

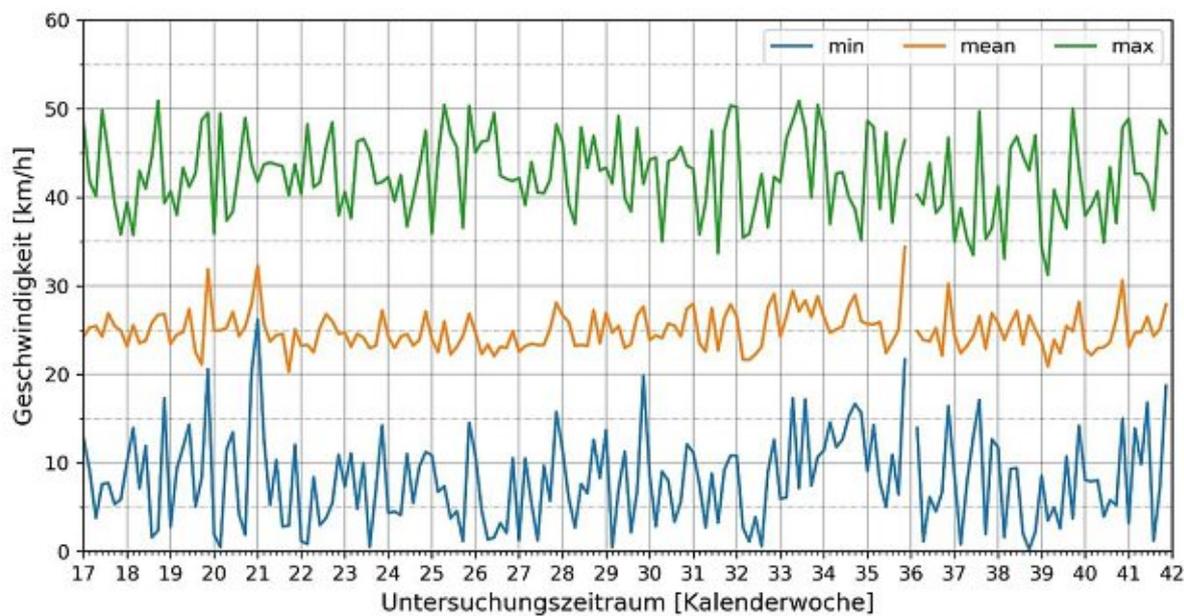


Abb. 10.106: Abschnitt 8; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

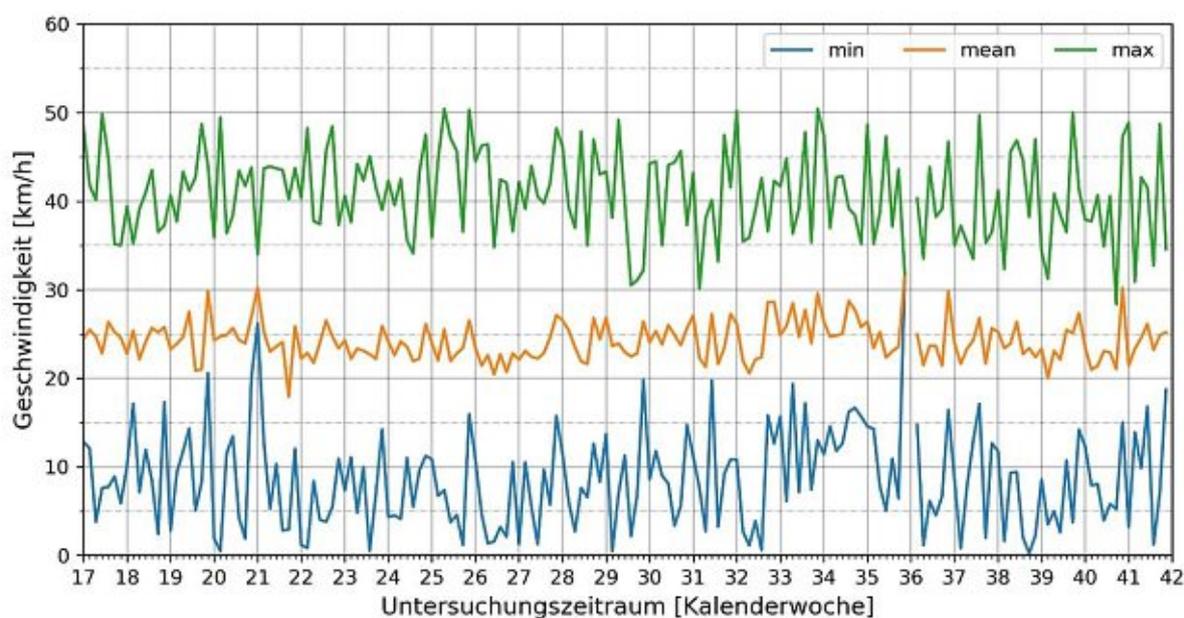


Abb. 10.107: Abschnitt 8; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

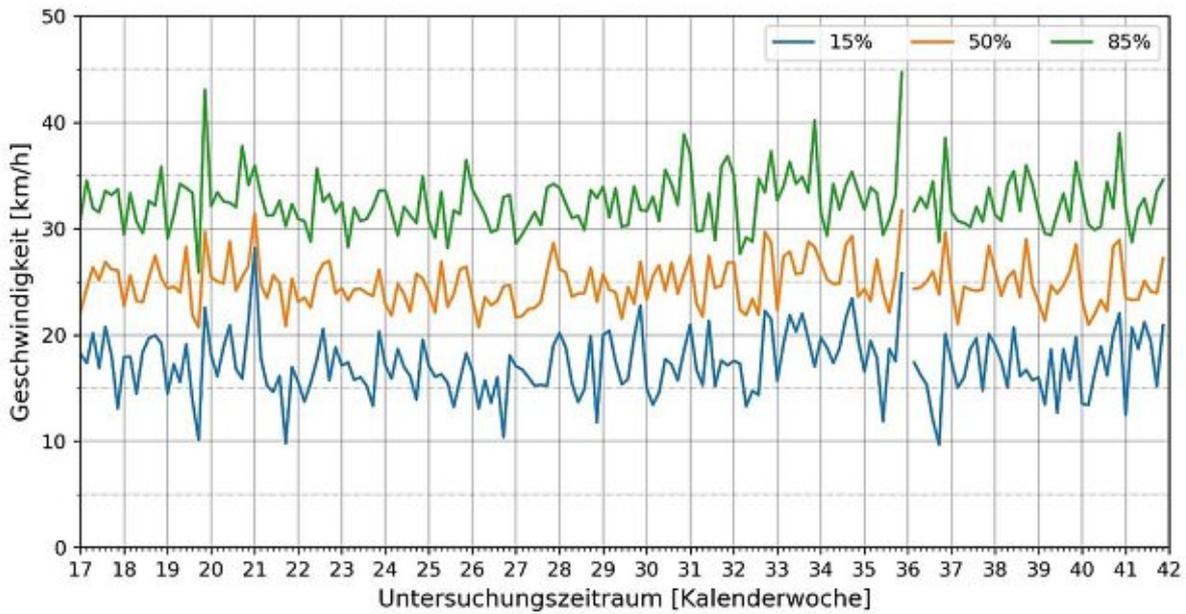


Abb. 10.108: Abschnitt 8; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

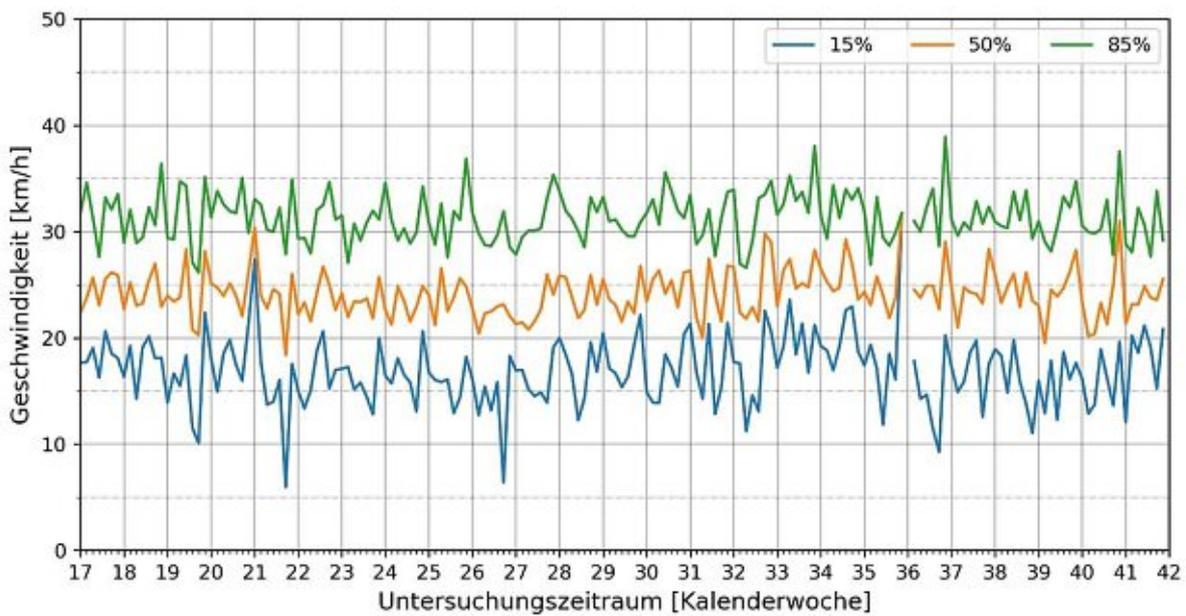


Abb. 10.109: Abschnitt 8; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

10.4.3 Zulaufstrecken

10.4.3.1 Abschnitt 9: Währinger Gürtel zw. Gentzgasse und Krütznergasse FR Süden

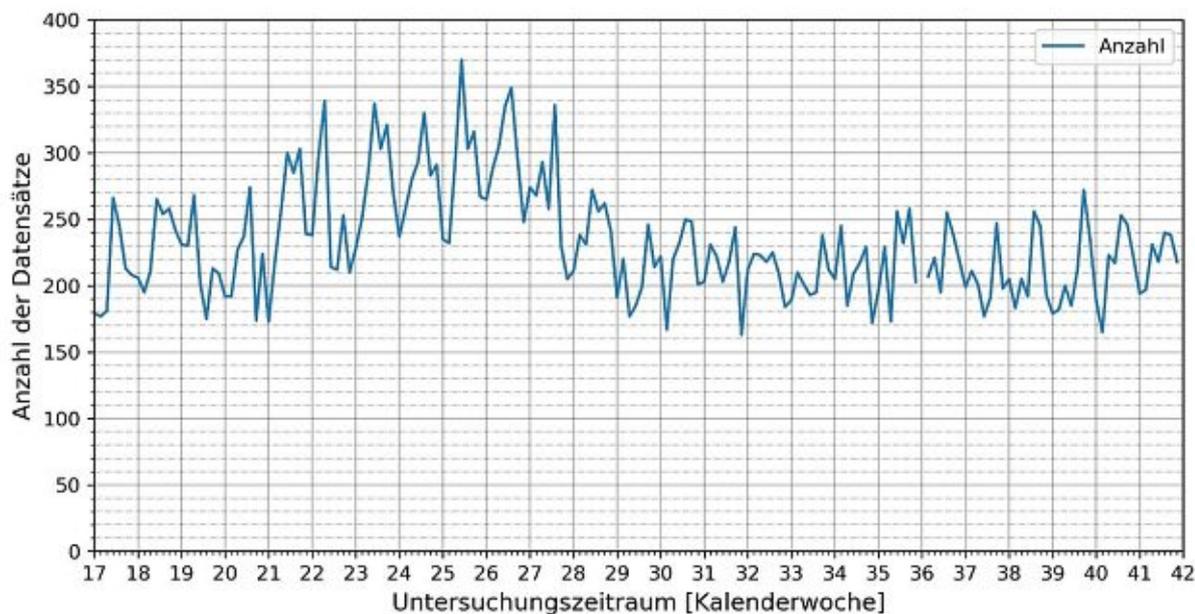


Abb. 10.110: Abschnitt 9; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr

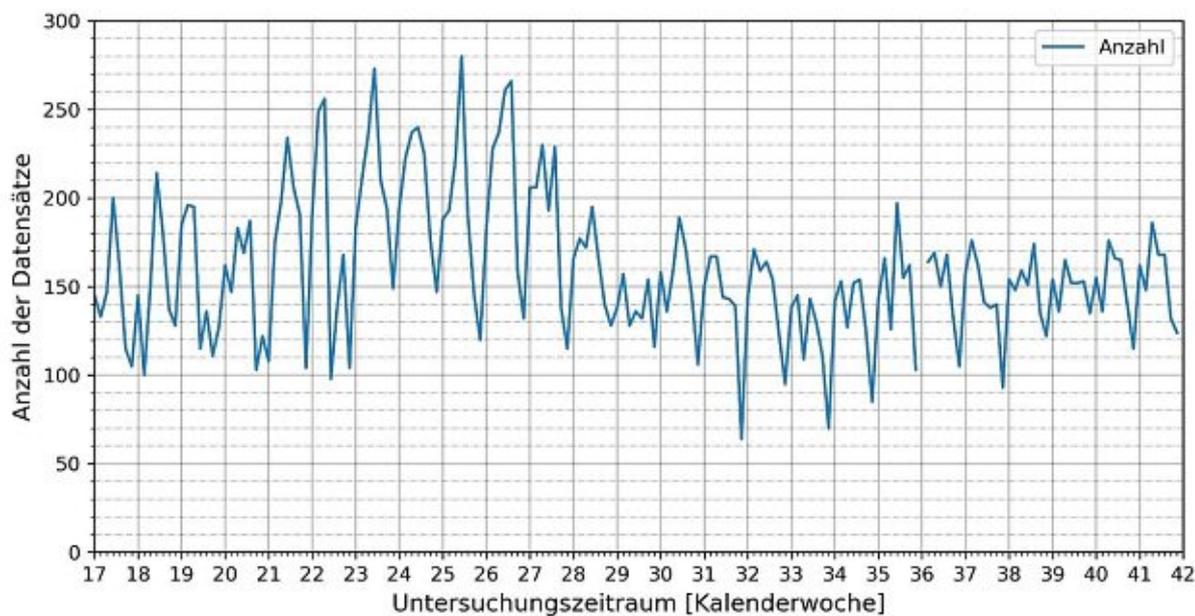


Abb. 10.111: Abschnitt 9; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr

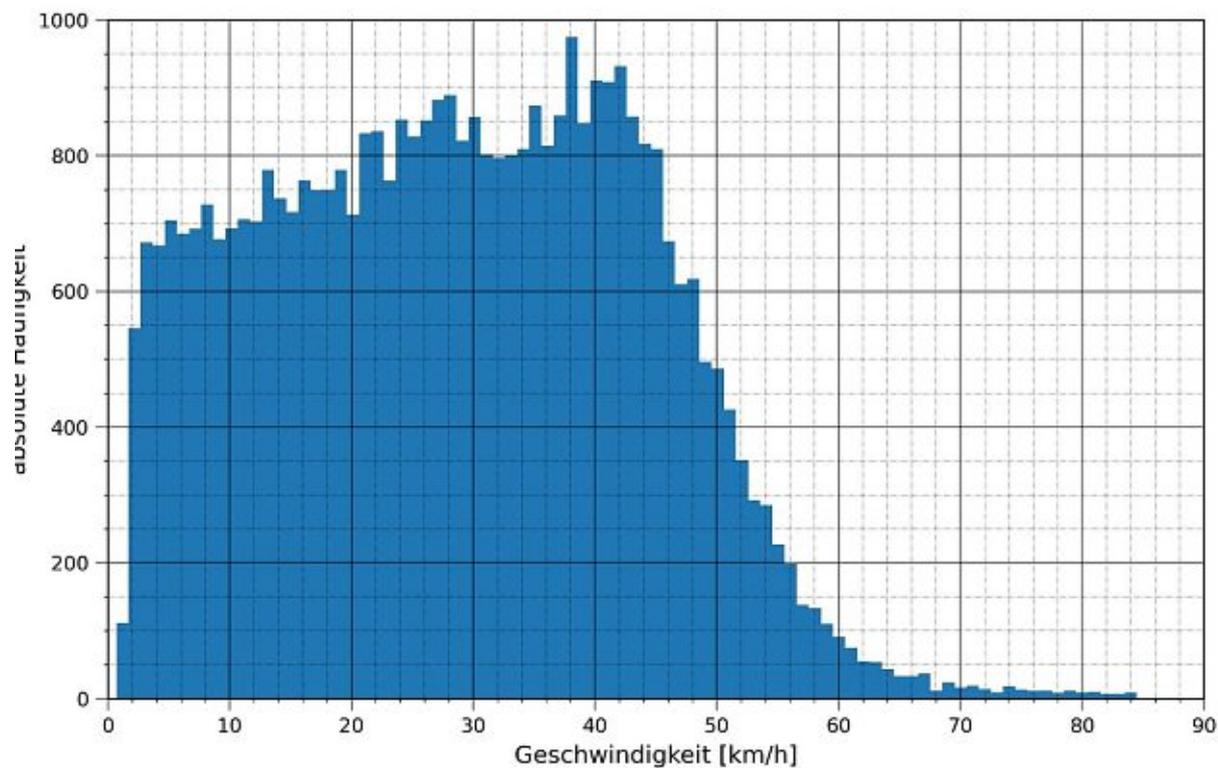


Abb. 10.112: Abschnitt 9; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr

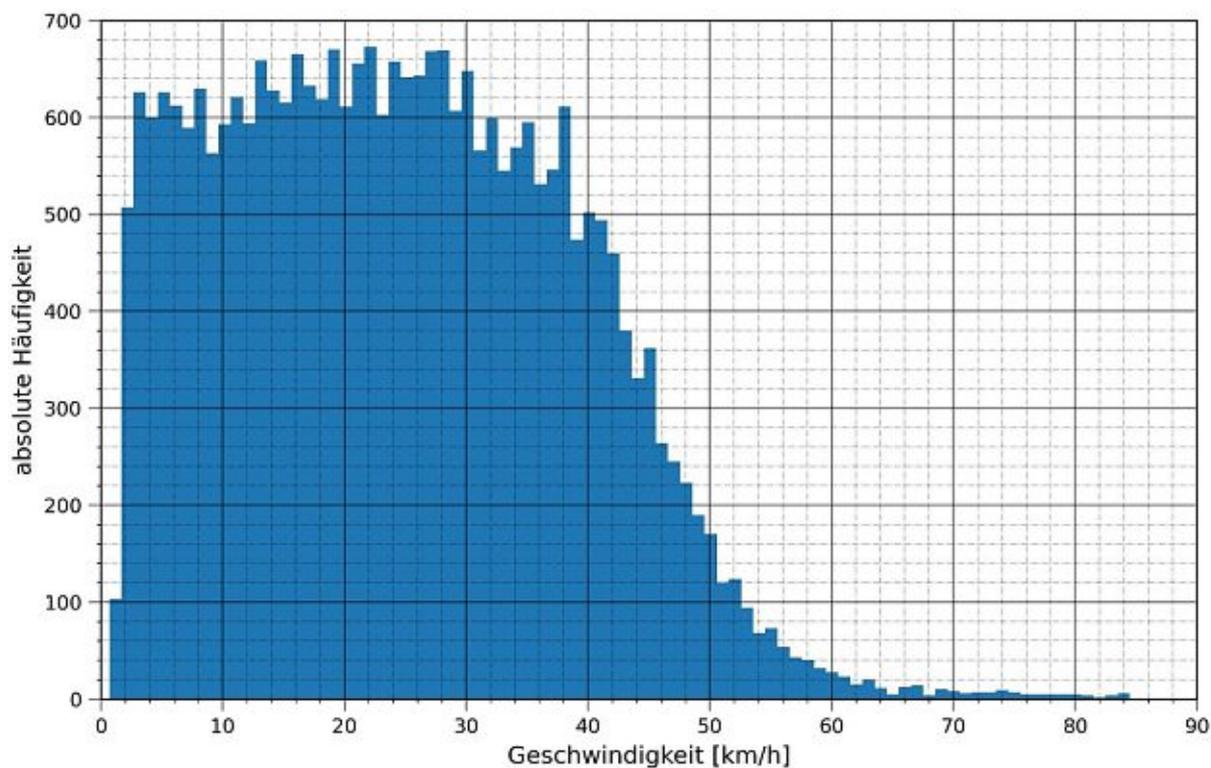


Abb. 10.113: Abschnitt 9; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr

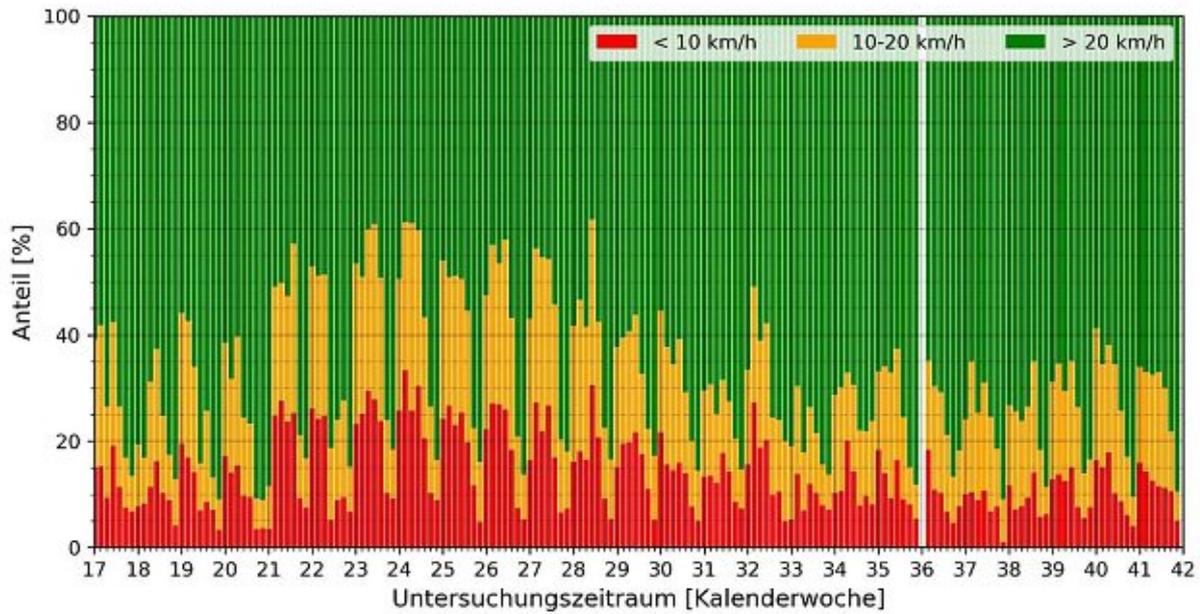


Abb. 10.114: Abschnitt 9; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr

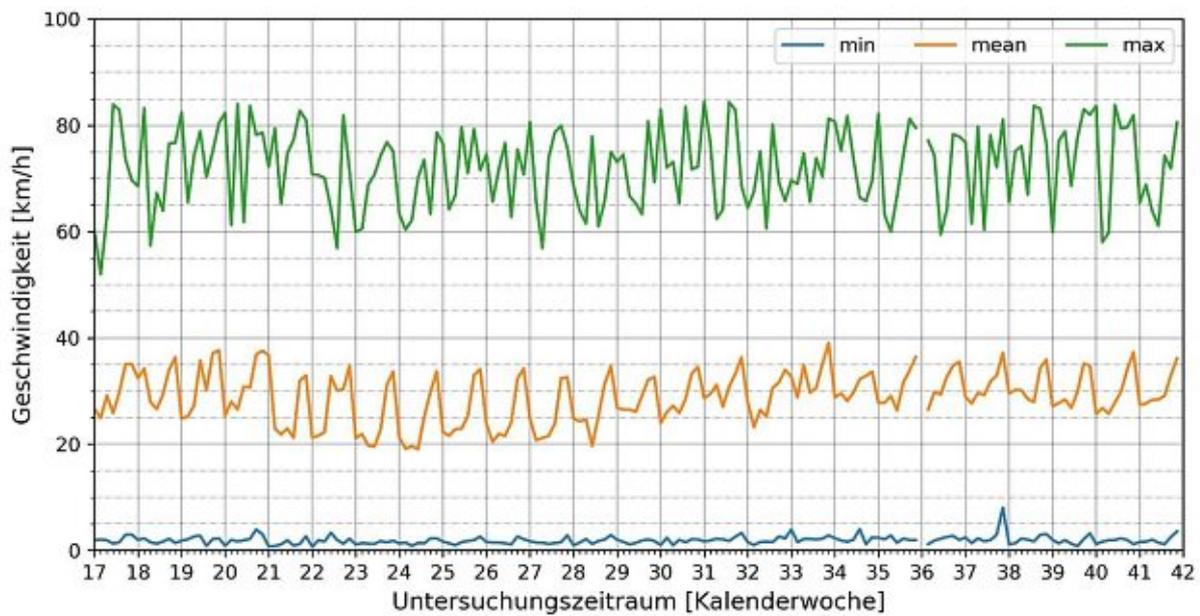


Abb. 10.115: Abschnitt 9; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

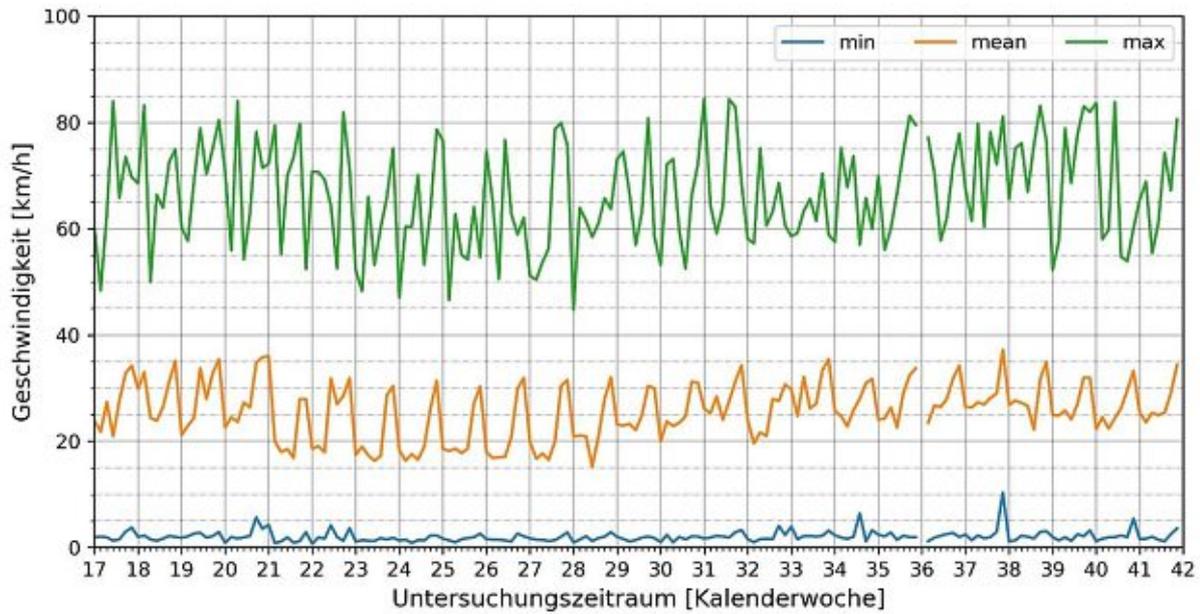


Abb. 10.116: Abschnitt 9; Minimum, Maximum und Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

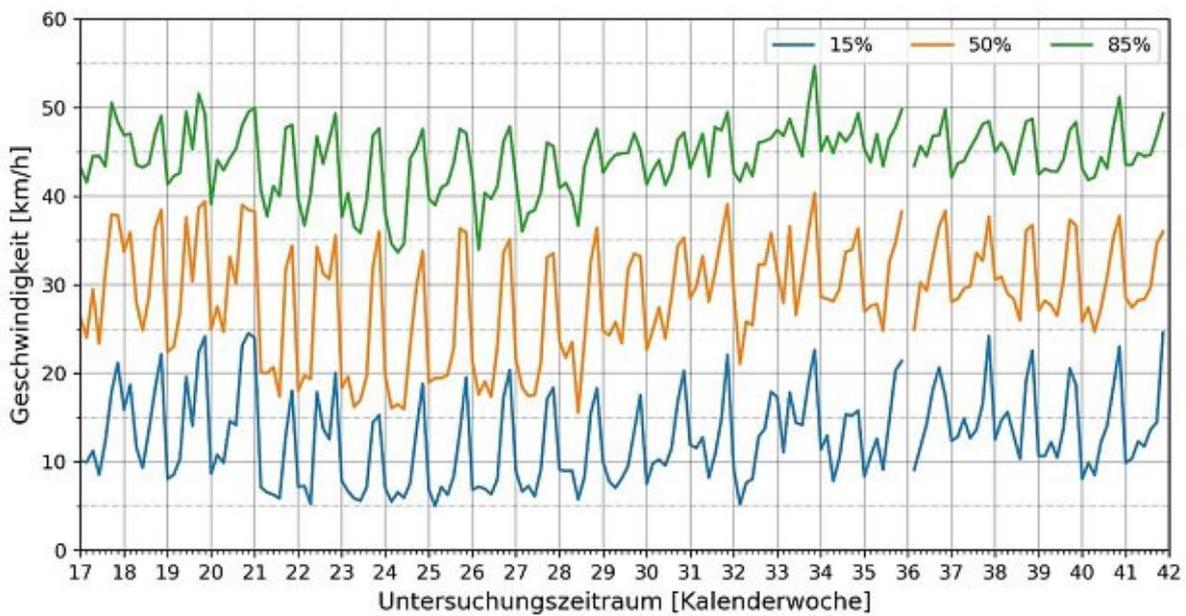


Abb. 10.117: Abschnitt 9; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

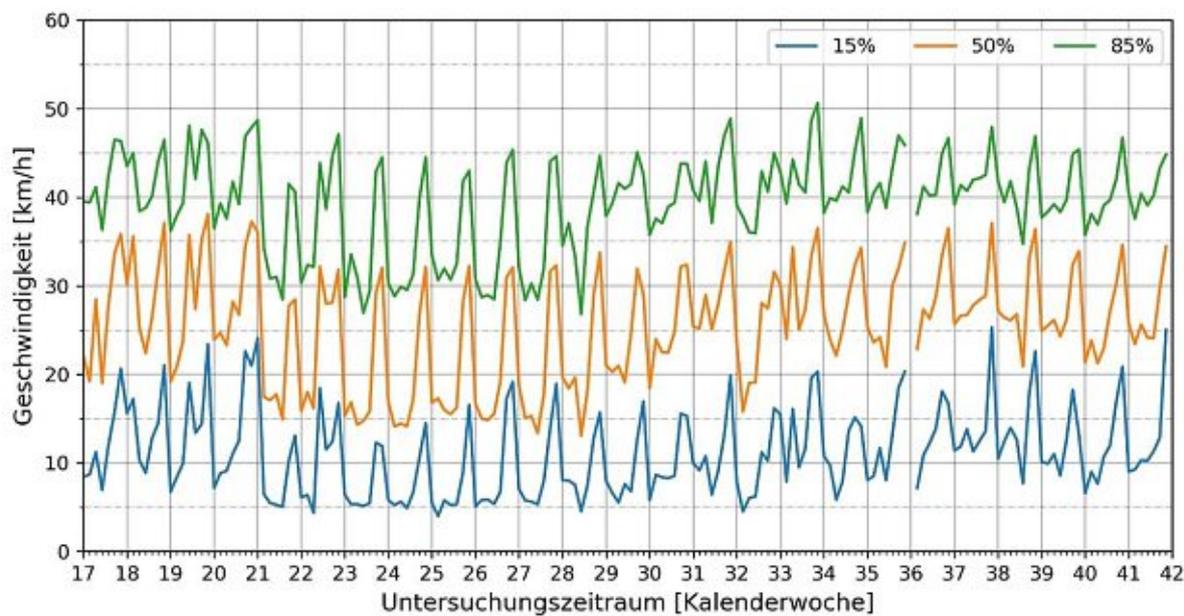


Abb. 10.118: Abschnitt 9; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

10.4.3.2 Abschnitt 10: Währinger Gürtel zw. Severing. und Klammerg. FR Norden

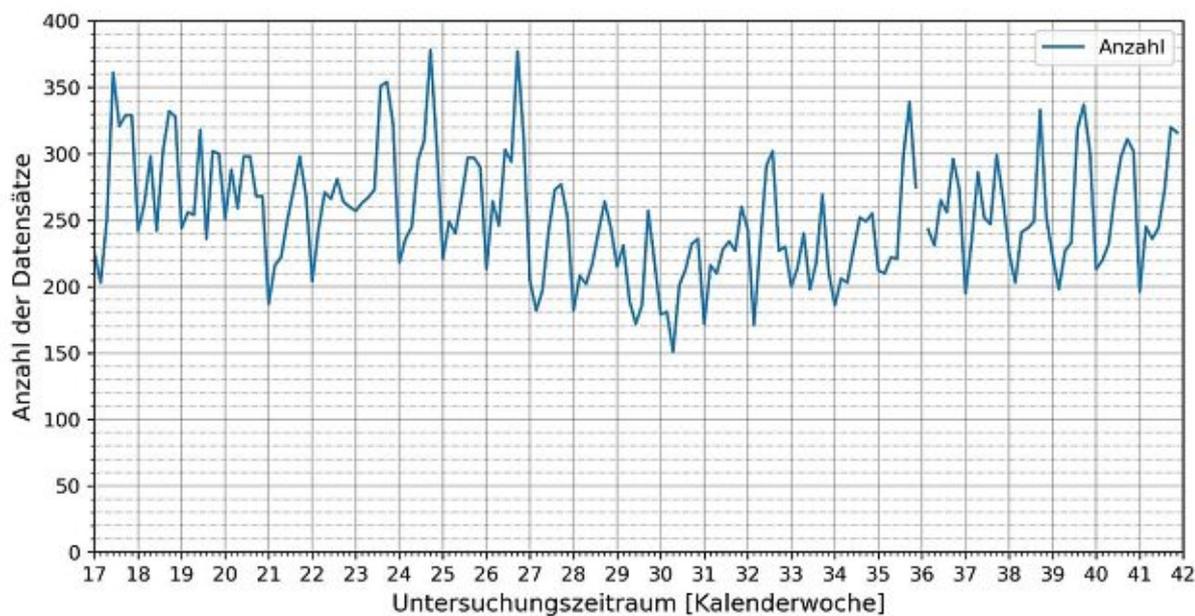


Abb. 10.119: Abschnitt 10; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr

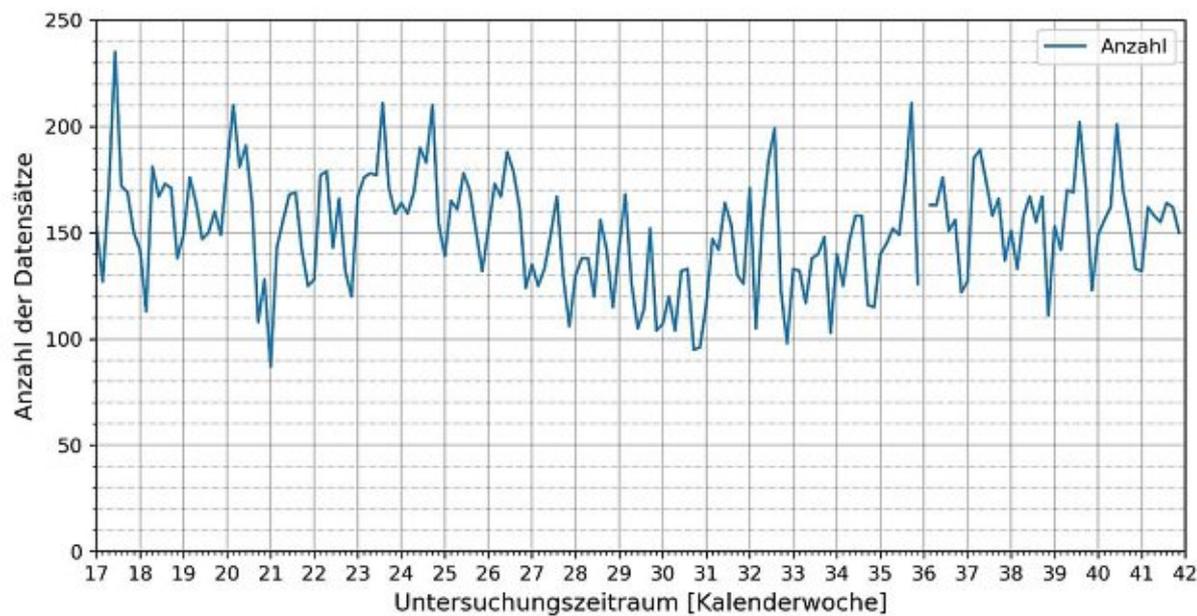


Abb. 10.120: Abschnitt 10; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr

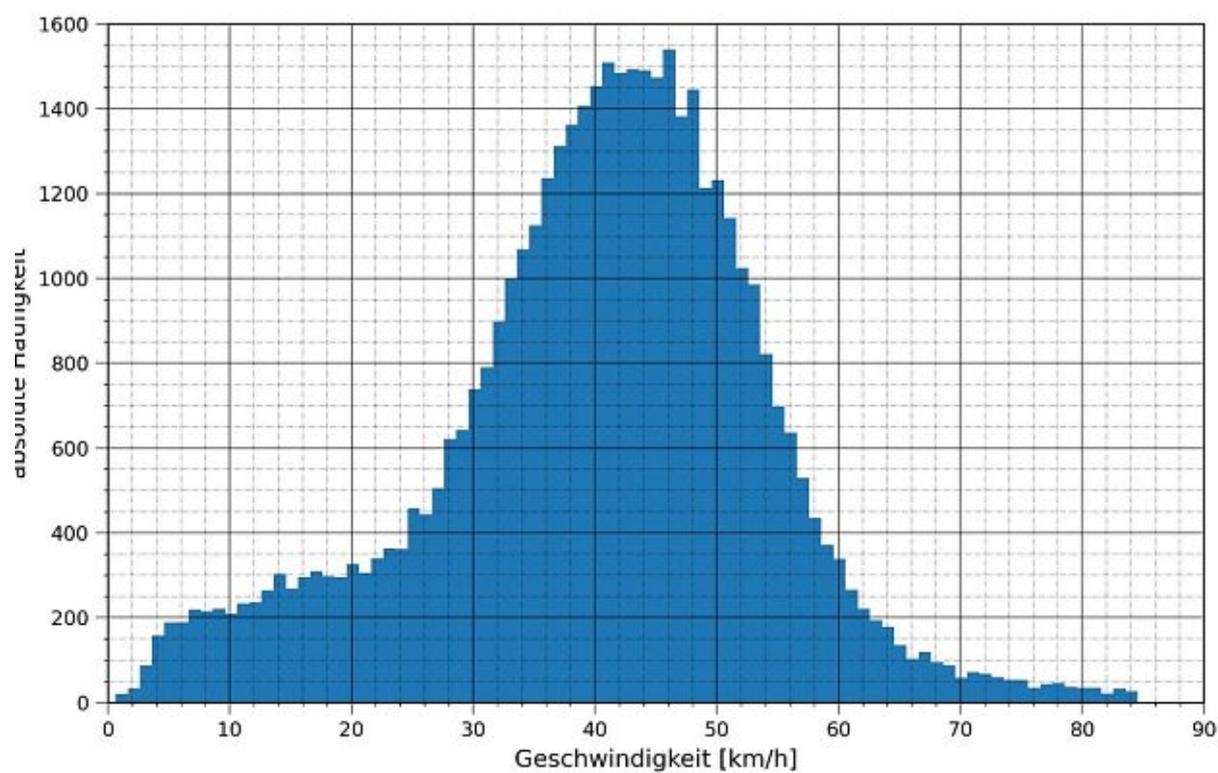


Abb. 10.121: Abschnitt 10; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr

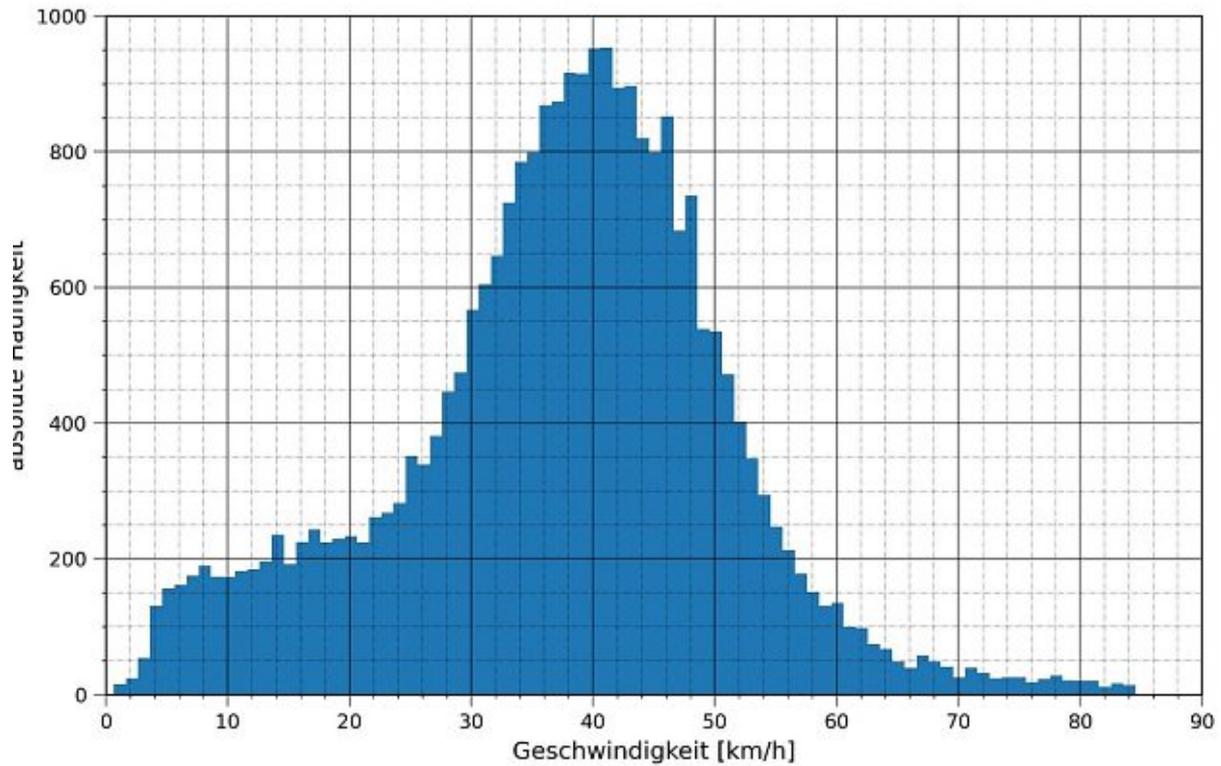


Abb. 10.122: Abschnitt 10; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr

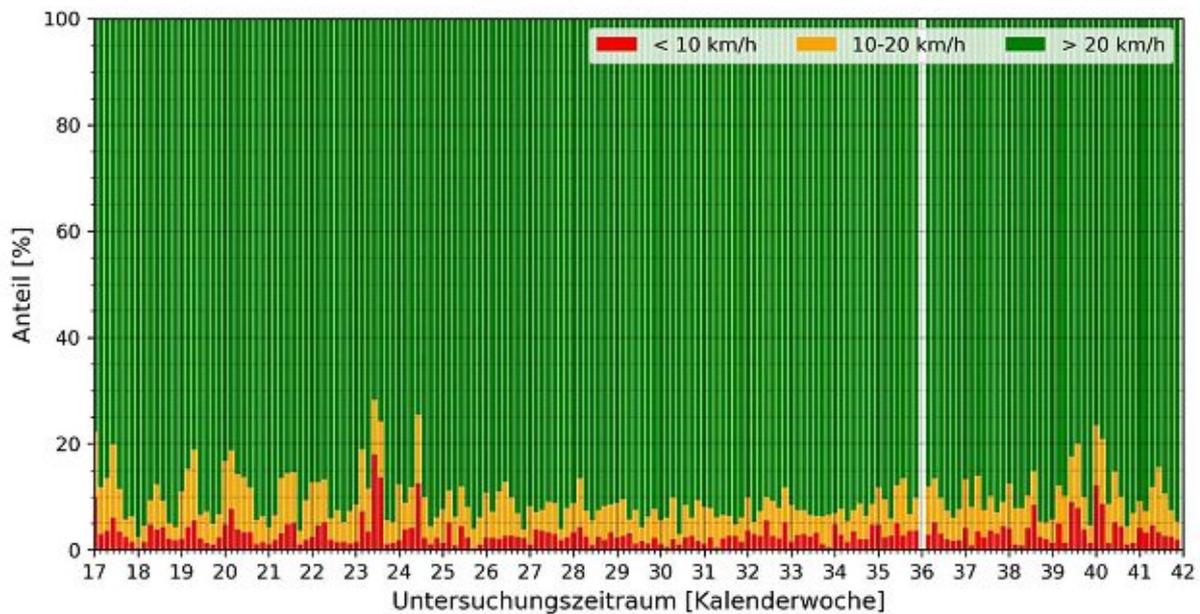


Abb. 10.123: Abschnitt 10; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr

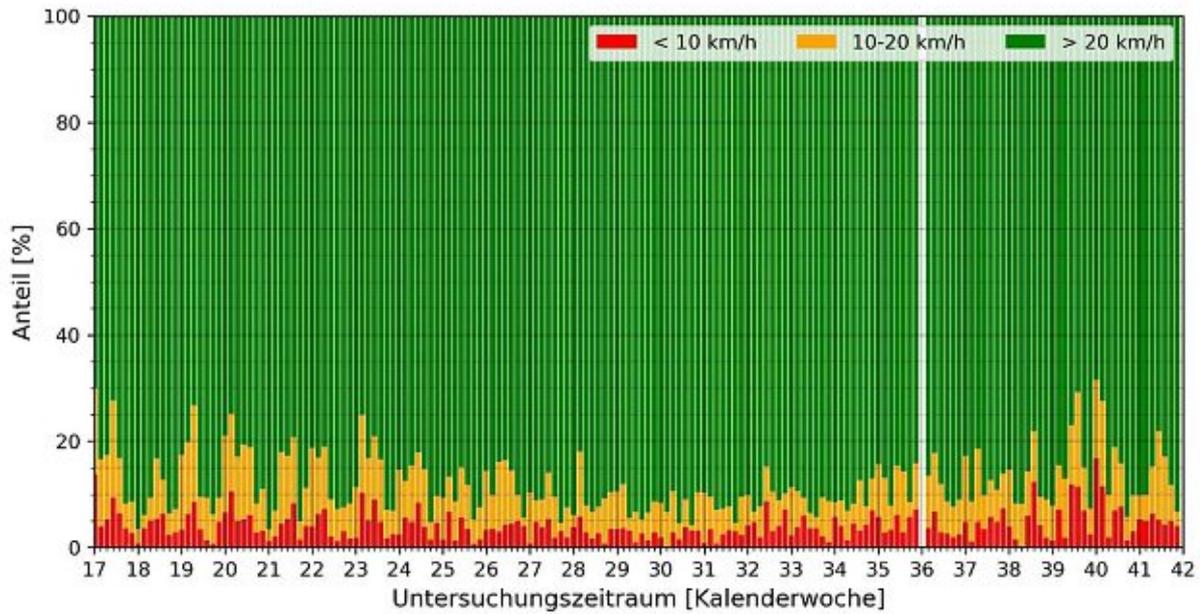


Abb. 10.124: Abschnitt 10; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr

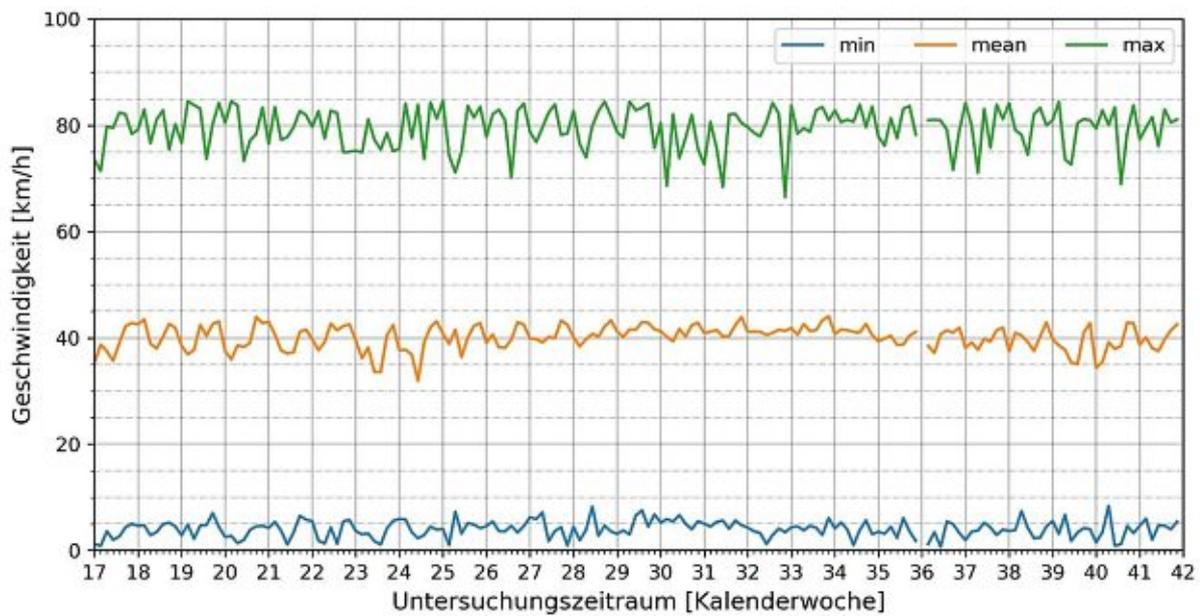


Abb. 10.125: Abschnitt 10; Minimum, Maximum u. Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

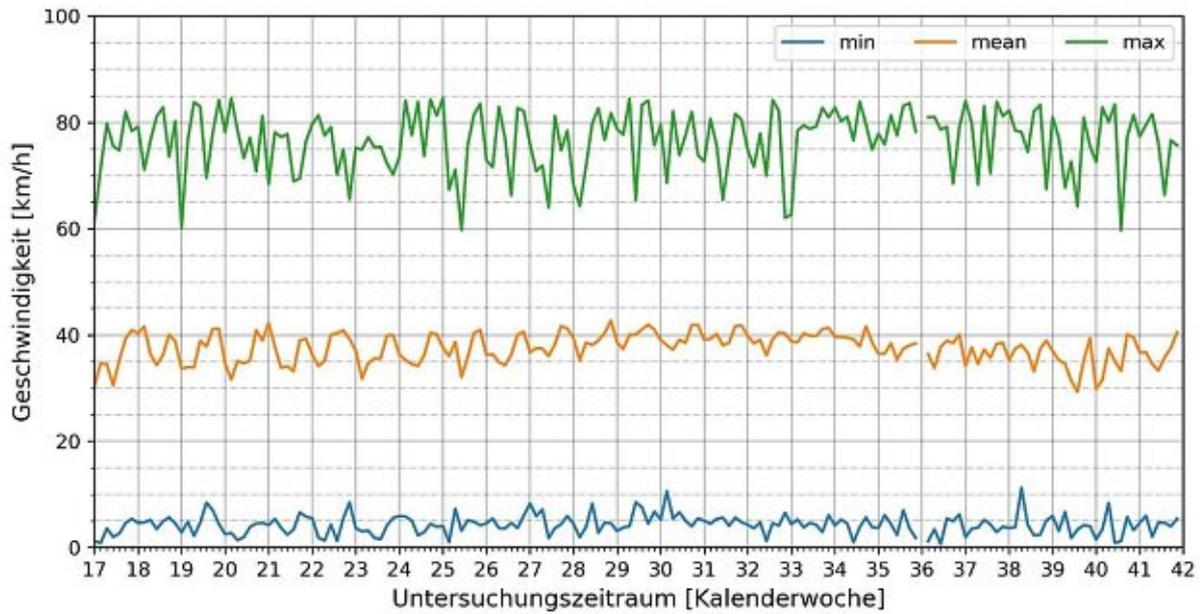


Abb. 10.126: Abschnitt 10; Minimum, Maximum u. Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

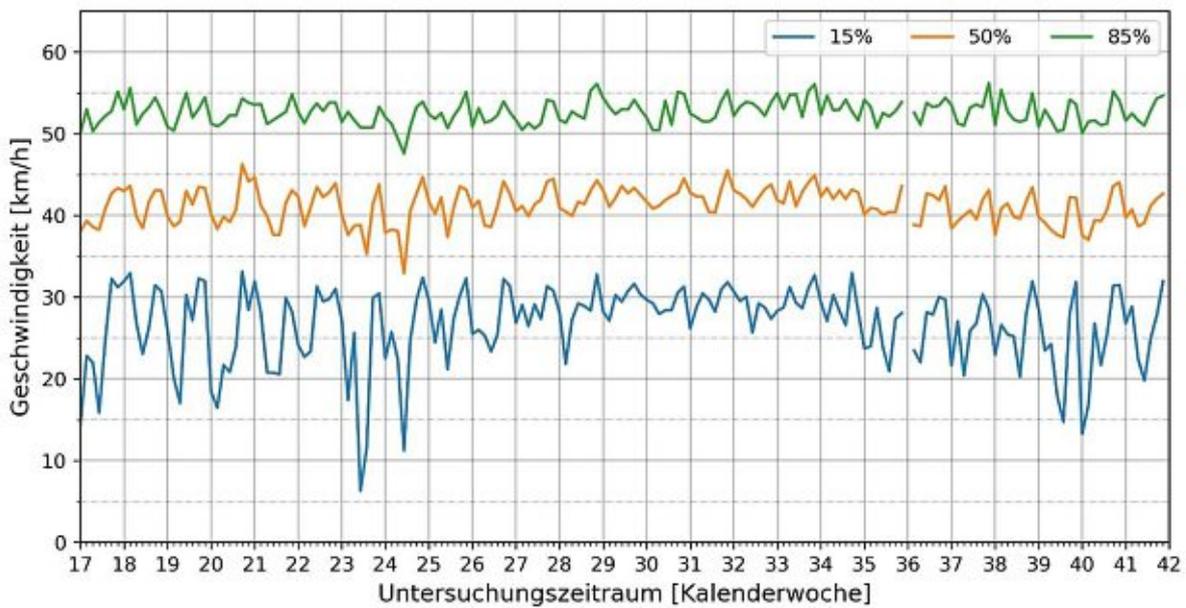


Abb. 10.127: Abschnitt 10; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

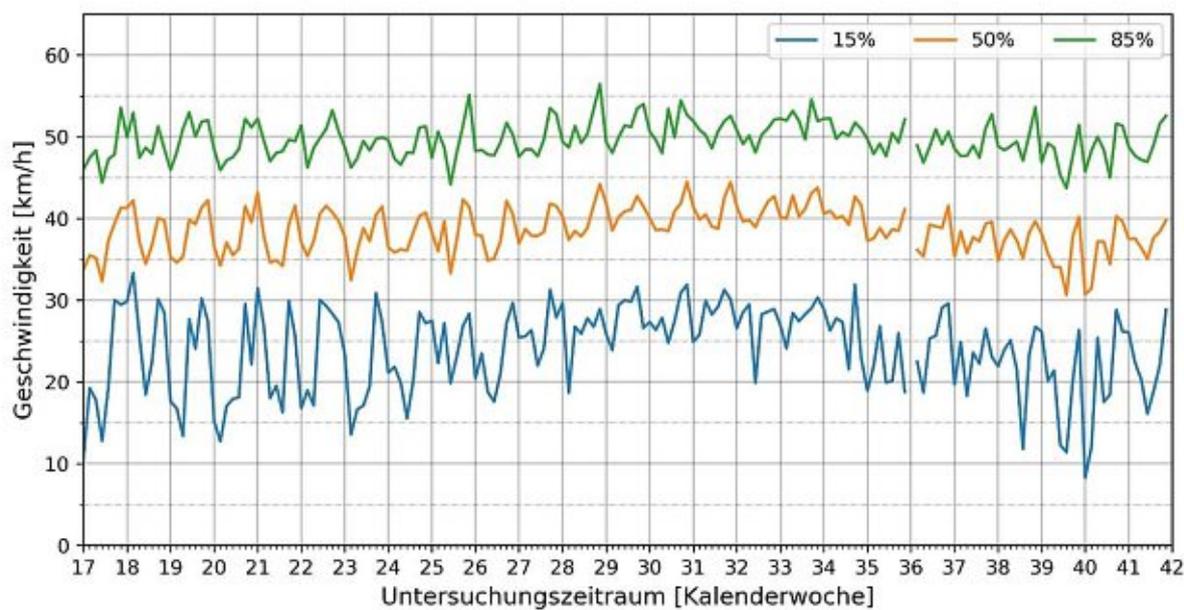


Abb. 10.128: Abschnitt 10; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

10.4.3.3 Abschnitt 11: Gersthofer Straße zw. Scheidlstr. und Schindlerg. FR Norden

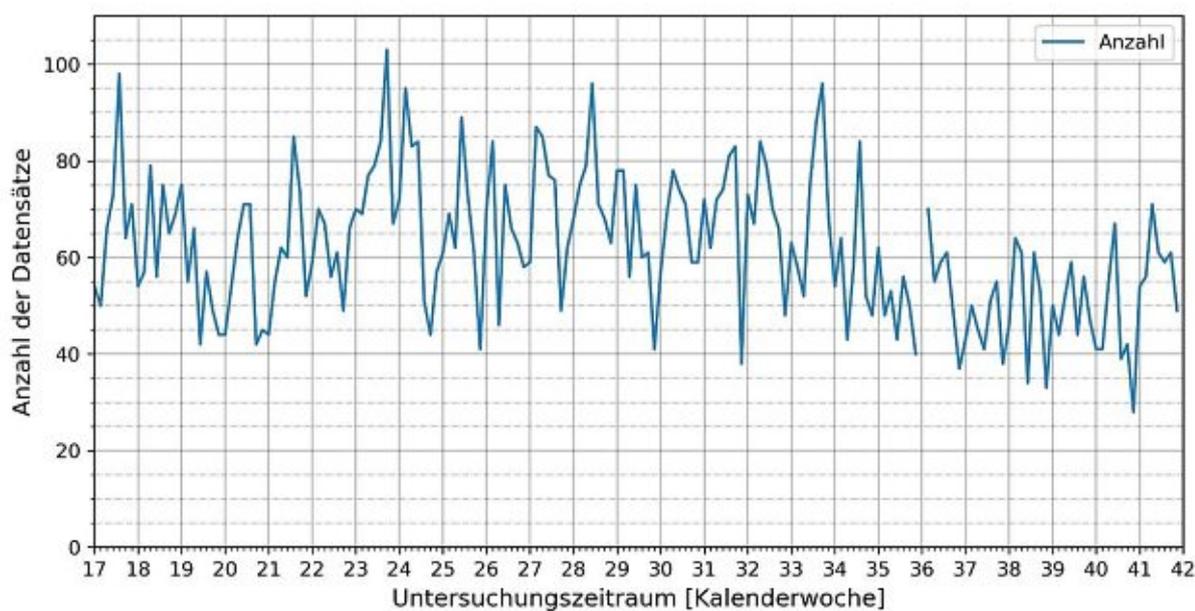


Abb. 10.129: Abschnitt 11; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr

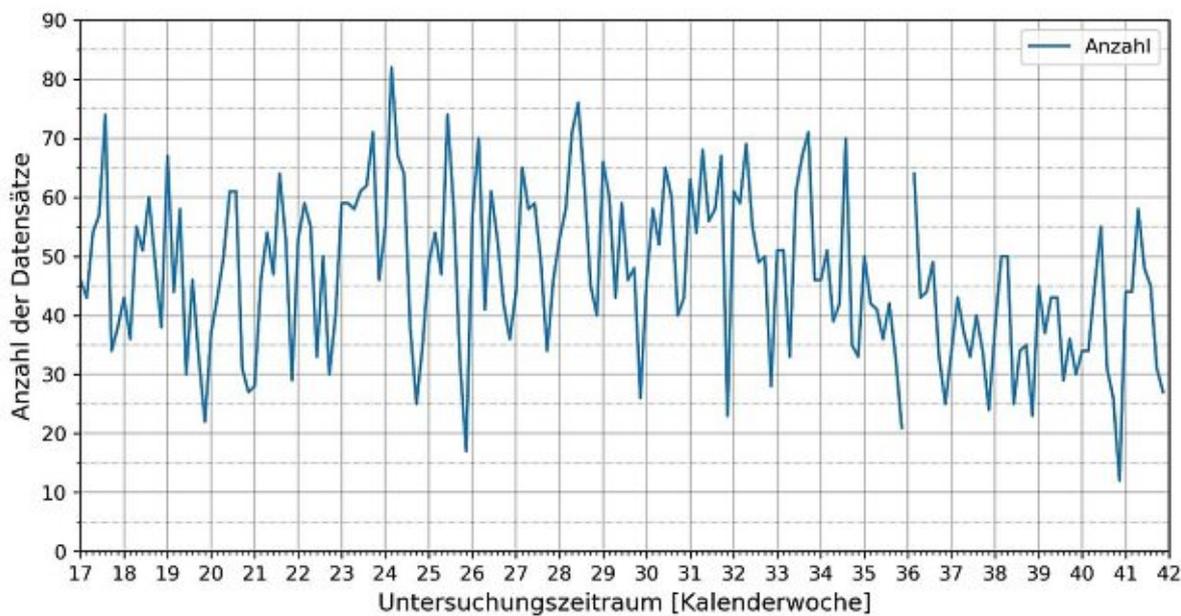


Abb. 10.130: Abschnitt 11; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr

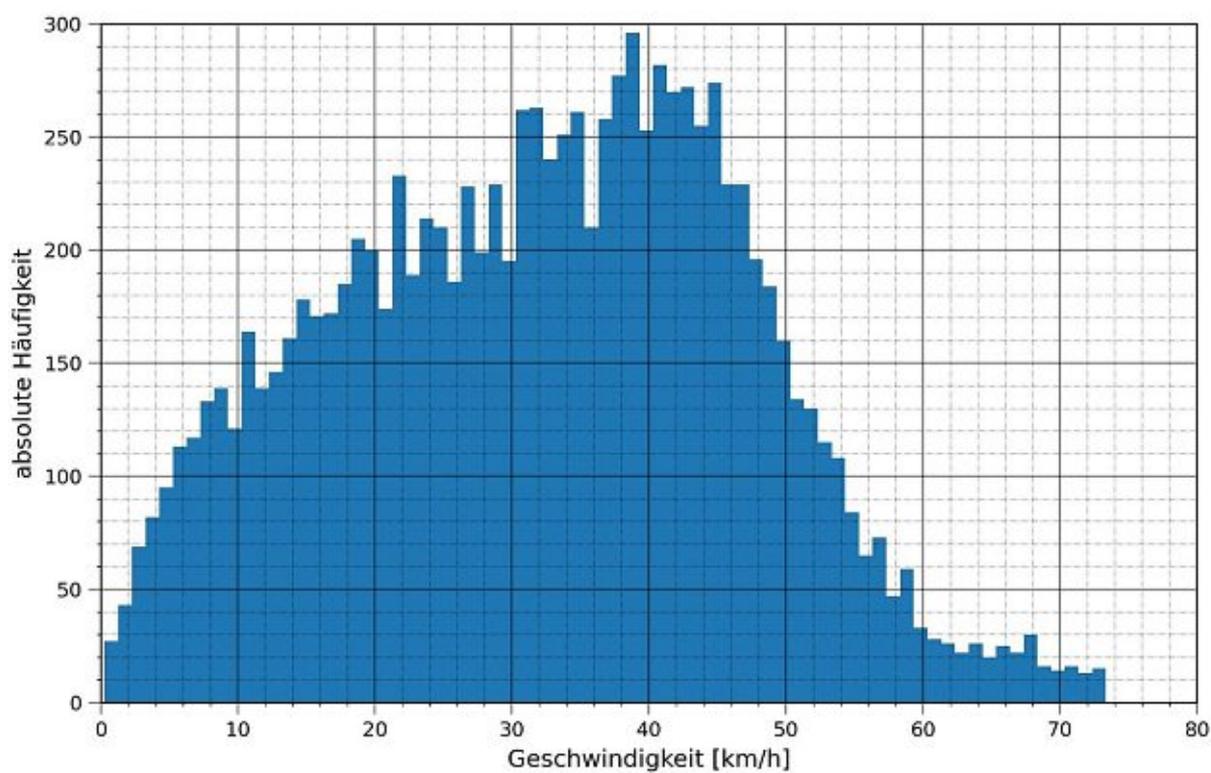


Abb. 10.131: Abschnitt 11; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr

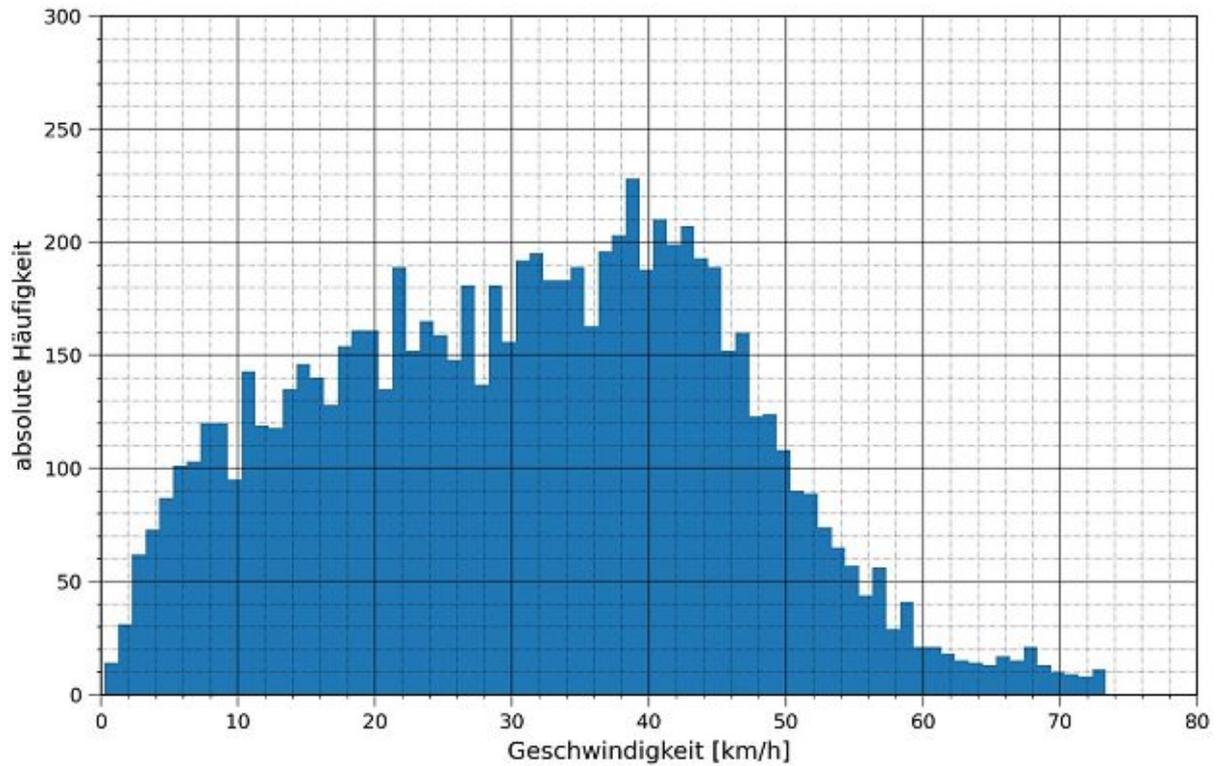


Abb. 10.132: Abschnitt 11; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr

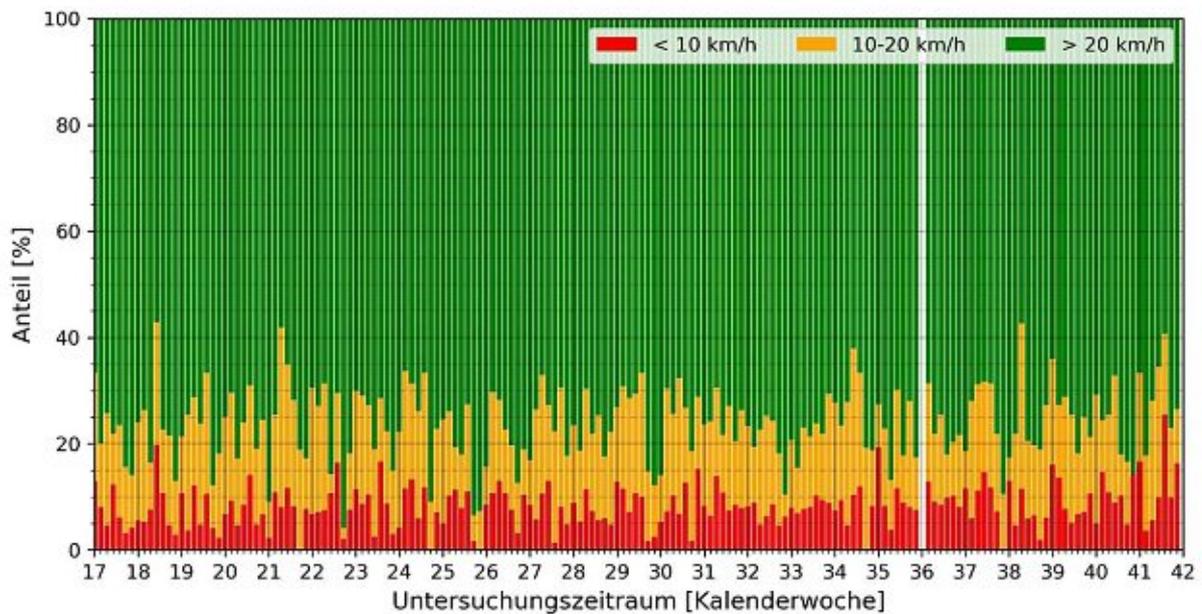


Abb. 10.133: Abschnitt 11; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr

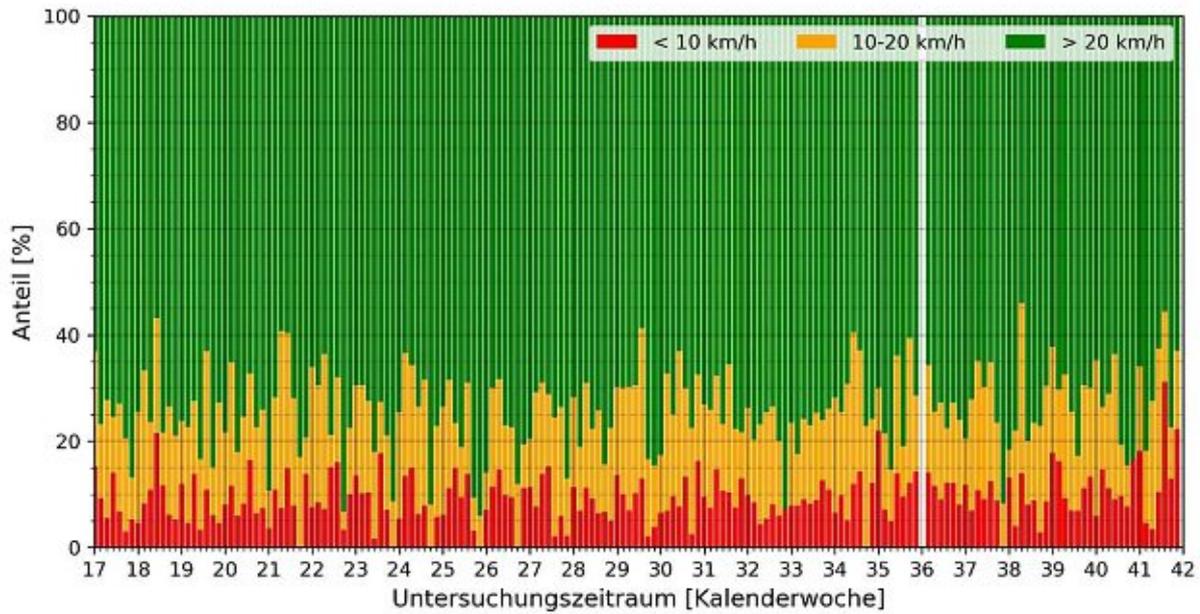


Abb. 10.134: Abschnitt 11; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr

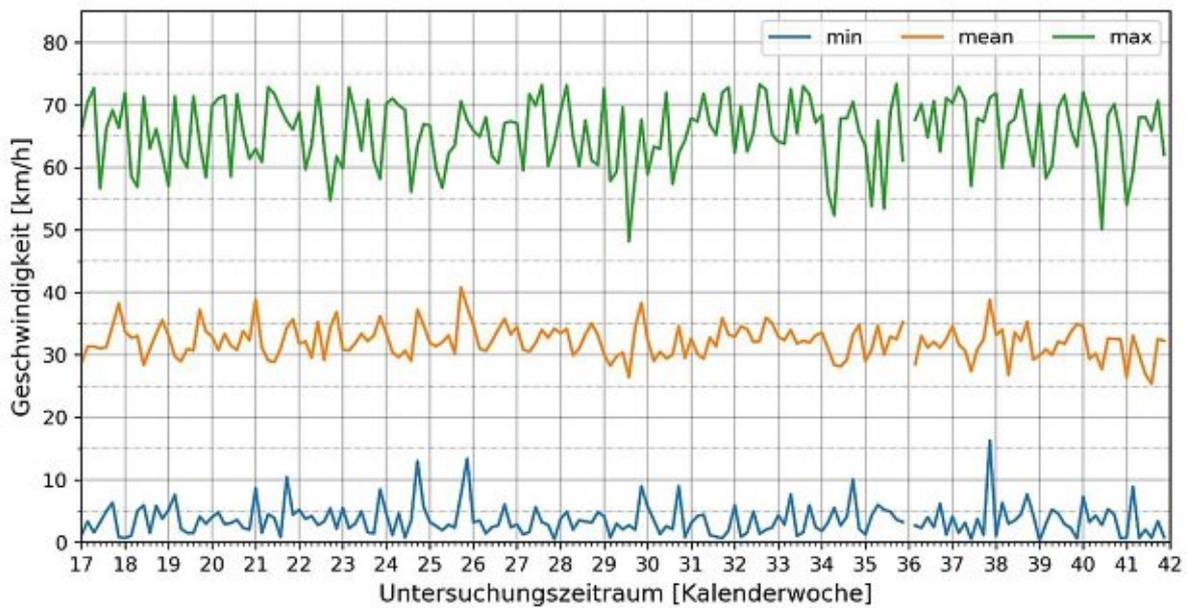


Abb. 10.135: Abschnitt 11; Minimum, Maximum u. Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

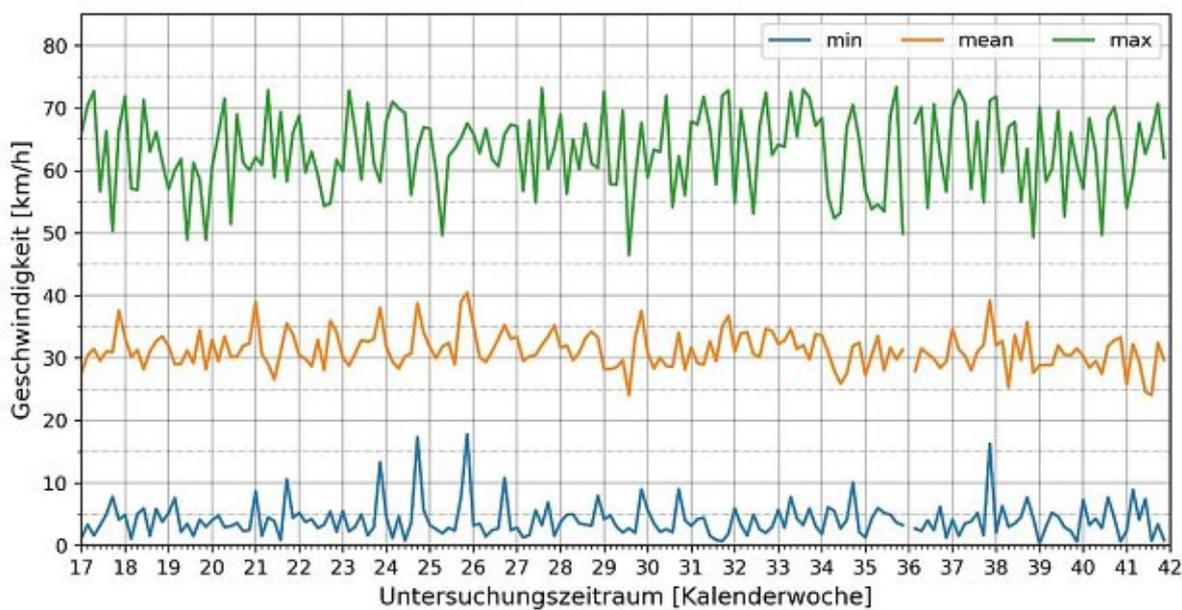


Abb. 10.136: Abschnitt 11; Minimum, Maximum u. Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

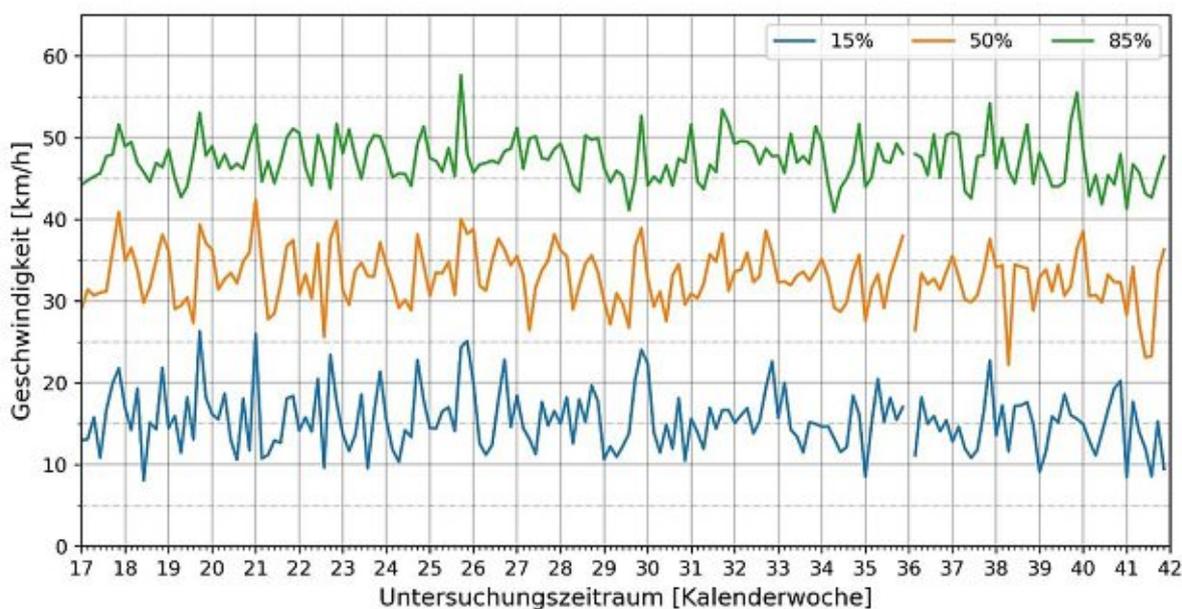


Abb. 10.137: Abschnitt 11; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

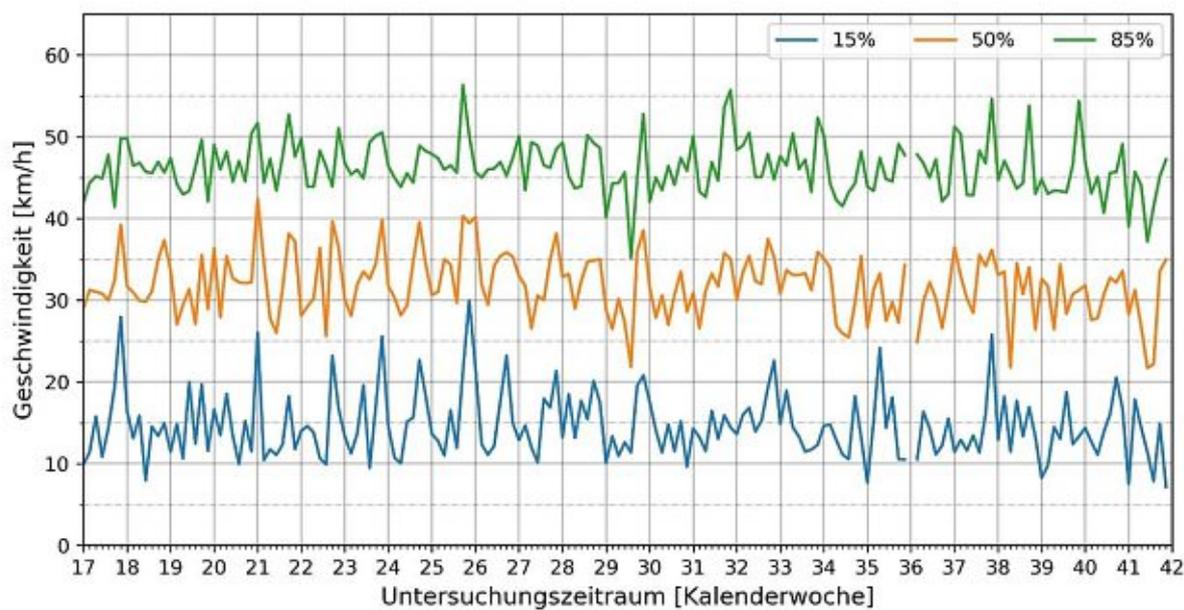


Abb. 10.138: Abschnitt 11; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

10.4.3.4 Abschnitt 12: Währinger Gürtel zw. Säuleng. und Canisiusg. FR Norden

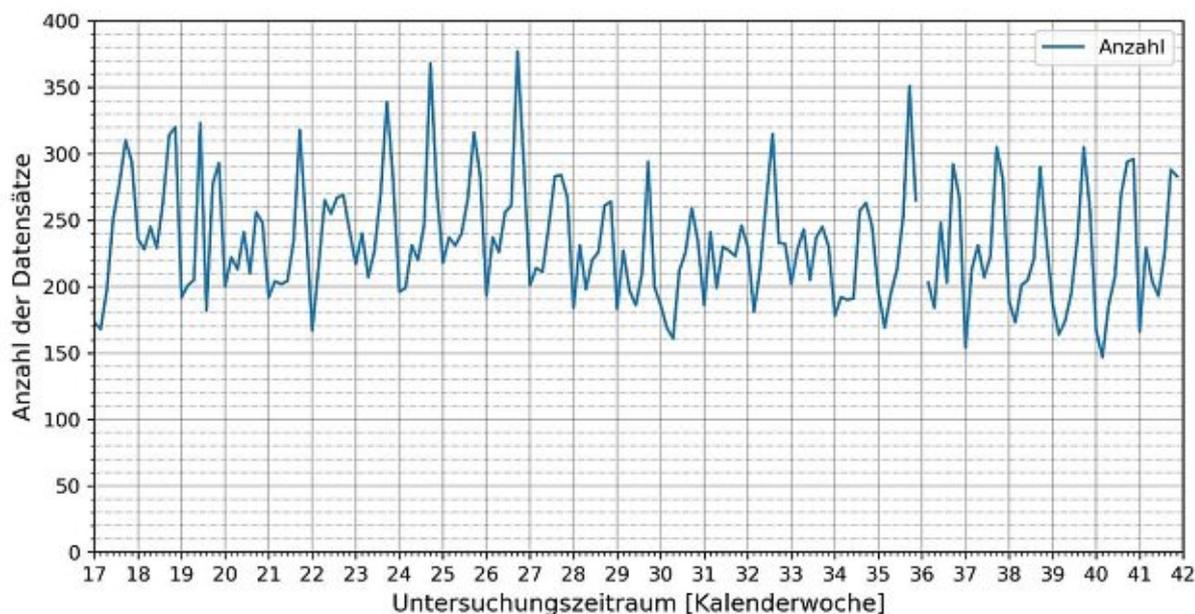


Abb. 10.139: Abschnitt 12; Anzahl der Datensätze pro Tag; 0 – 24 Uhr

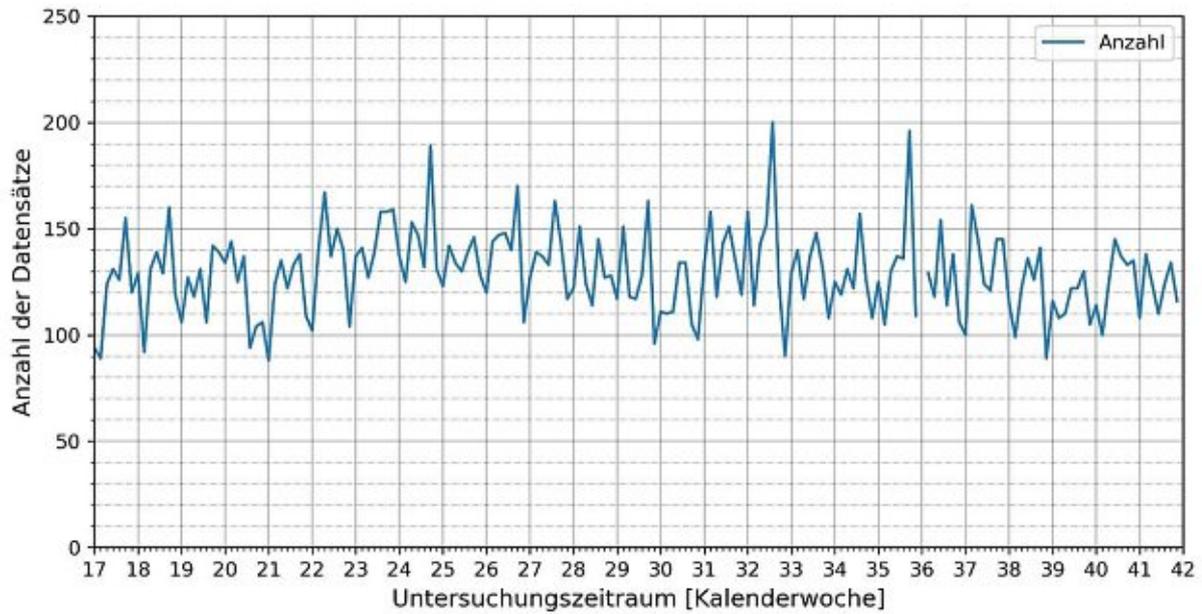


Abb. 10.140: Abschnitt 12; Anzahl der Datensätze pro Tag; 6 – 22 Uhr

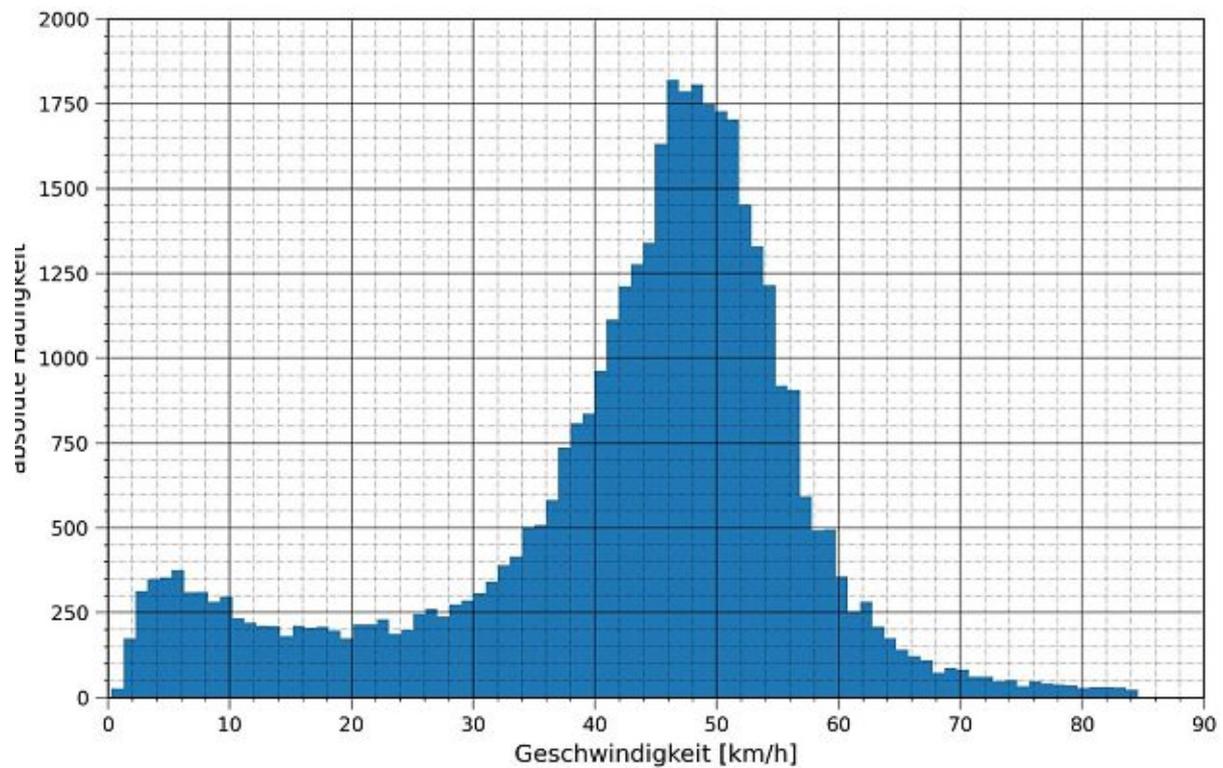


Abb. 10.141: Abschnitt 12; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 0 – 24 Uhr

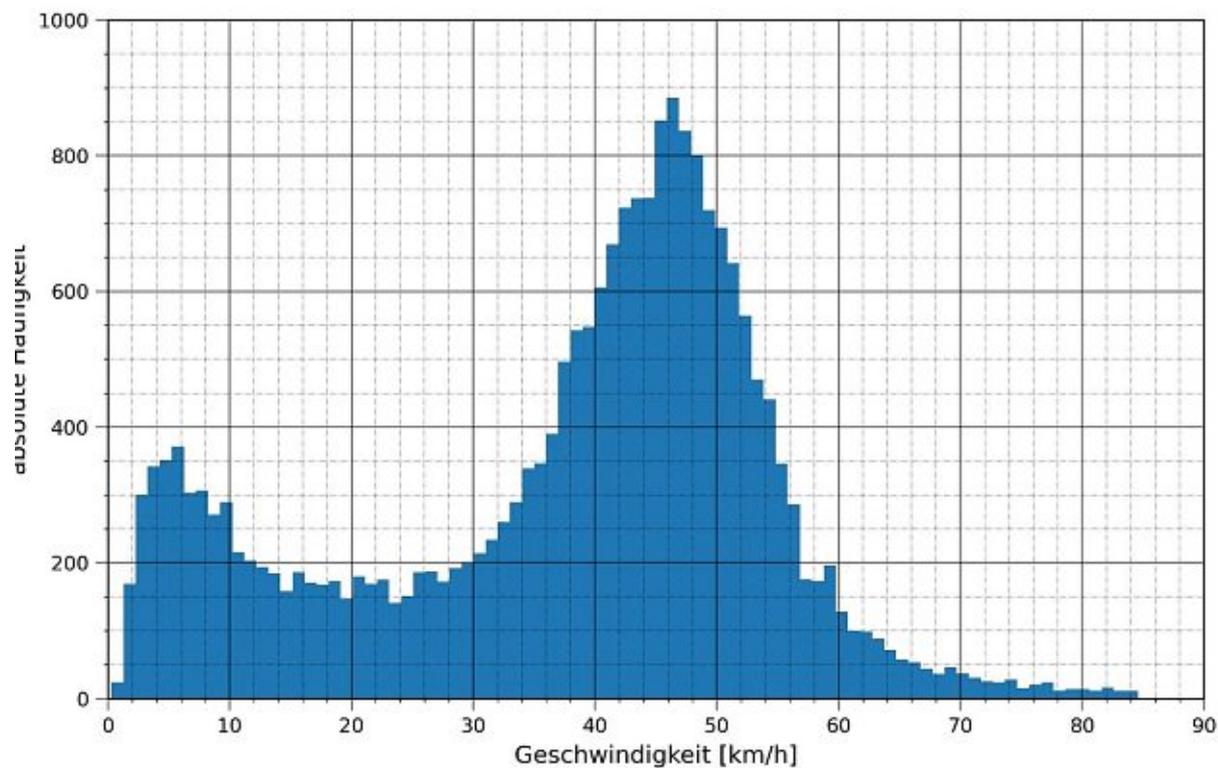


Abb. 10.142: Abschnitt 12; Histogramm (1 km/h Einheit) der Geschwindigkeiten; 6 – 22 Uhr

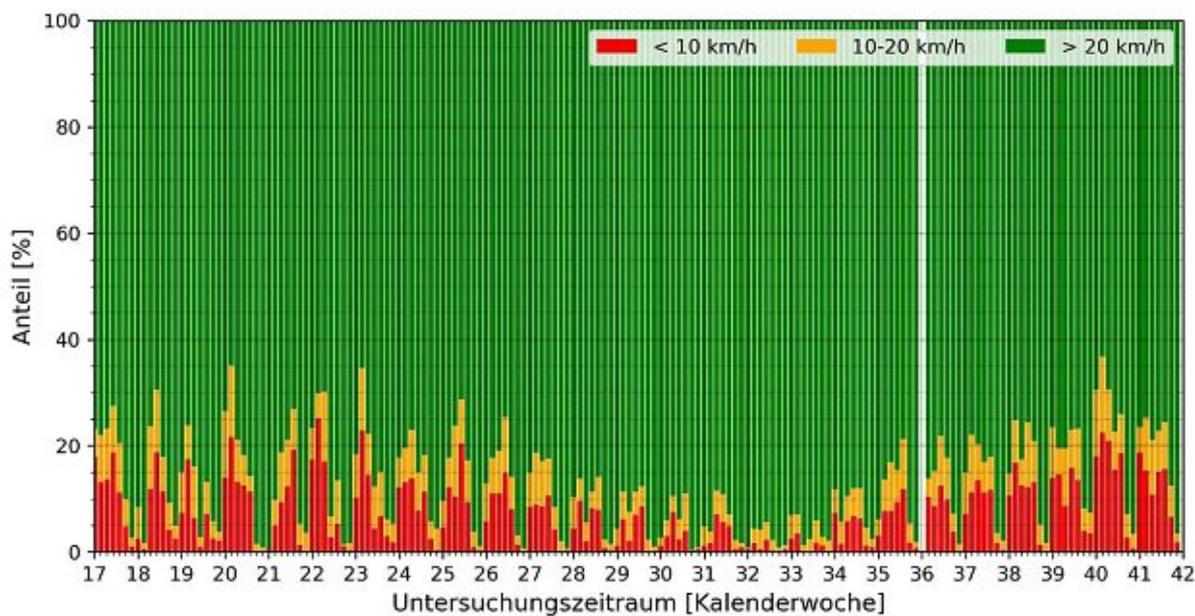


Abb. 10.143: Abschnitt 12; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 0 – 24 Uhr

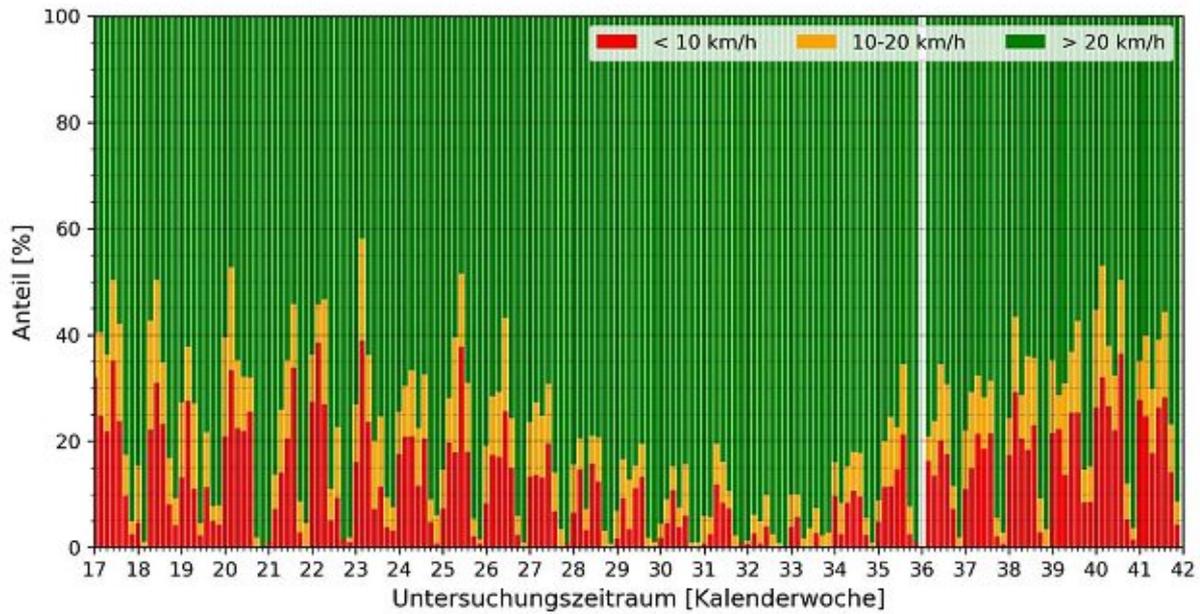


Abb. 10.144: Abschnitt 12; Anteile der Geschwindigkeitsbereiche pro Tag; 6 – 22 Uhr

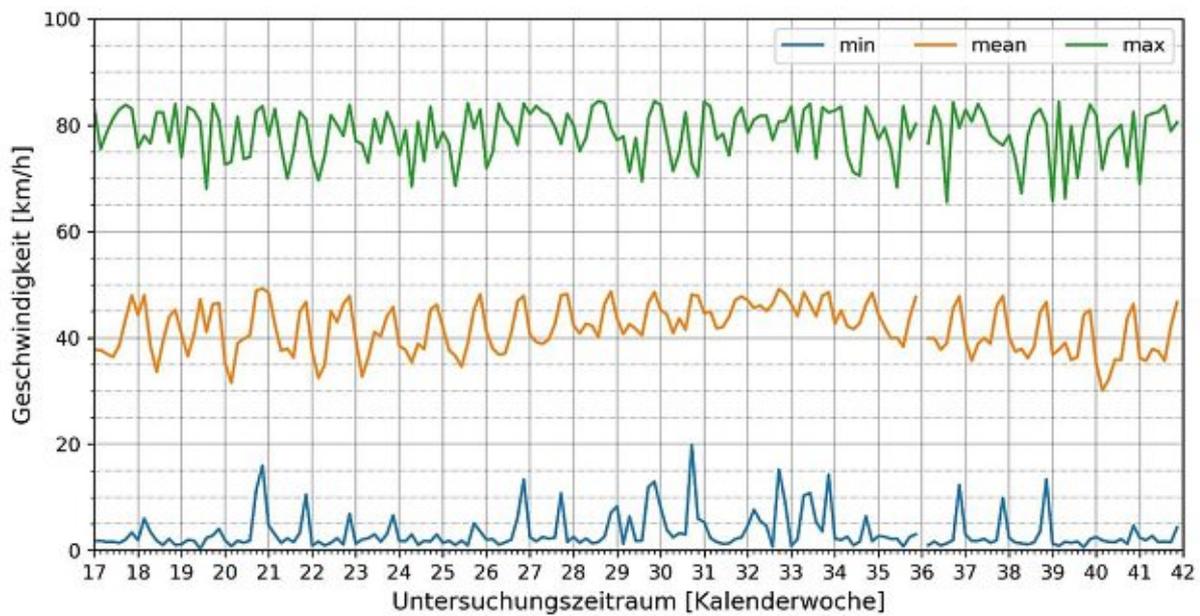


Abb. 10.145: Abschnitt 12; Minimum, Maximum u. Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

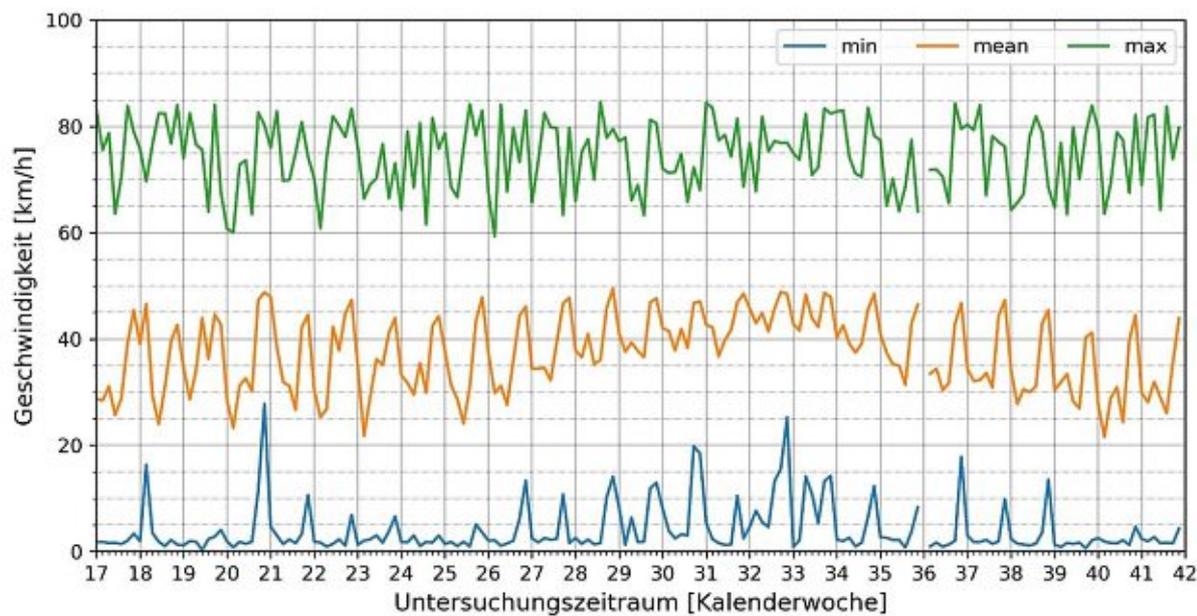


Abb. 10.146: Abschnitt 12; Minimum, Maximum u. Mittelwert der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

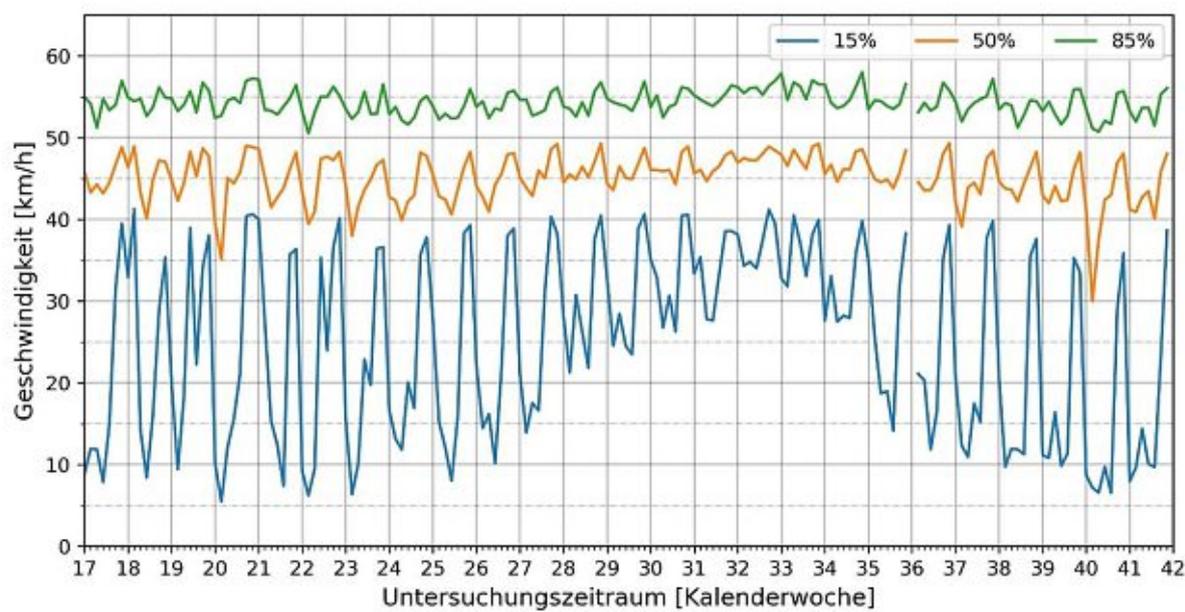


Abb. 10.147: Abschnitt 12; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 0 – 24 Uhr

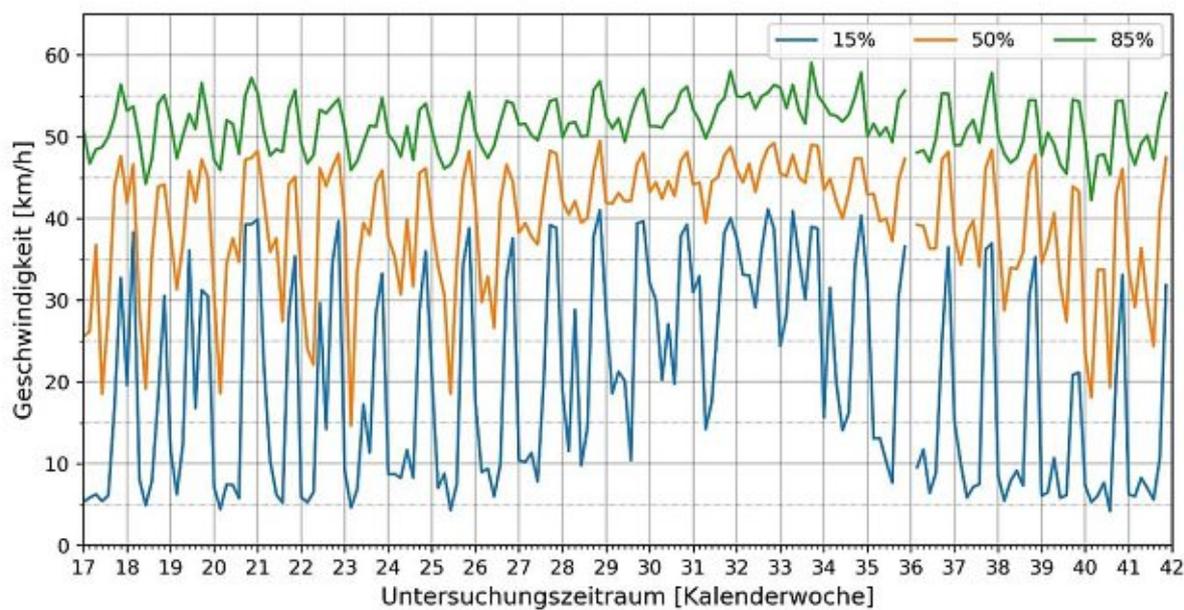


Abb. 10.148: Abschnitt 12; 15 %-, 50 %- und 85 %- Perzentil der Geschwindigkeiten pro Tag; 6 – 22 Uhr

10.4.4 Inferenzstatistische Analysen

10.4.4.1 Vergleich der Geschwindigkeitsanteile (exkl. Ferienwochen)

| Abschnitt | vor/nach Baustellenbeginn | | vor/nach der Baustelle | |
|-----------|---------------------------|---------|------------------------|---------|
| | χ^2 | P-Wert | χ^2 | P-Wert |
| 1 | 82,660 | < 0,001 | 8,294 | 0,016 |
| 2 | 67,848 | < 0,001 | 16,598 | < 0,001 |
| 3 | 3,836 | 0,147 | 10,242 | 0,006 |

Tab. 10.16: Vergleich der Geschwindigkeitsanteile im Baustellenbereich (Chi-Quadrat-Test); 6 – 22 Uhr

| Abschnitt | vor/nach Baustellenbeginn | | vor/nach der Baustelle | |
|-----------|---------------------------|---------|------------------------|--------|
| | χ^2 | P-Wert | χ^2 | P-Wert |
| 4 | 4,914 | 0,086 | 1,180 | 0,554 |
| 5 | 2,614 | 0,271 | 1,089 | 0,580 |
| 6 | 3,356 | 0,187 | 1,163 | 0,559 |
| 7 | 15,816 | < 0,001 | 1,014 | 0,602 |
| 8 | 12,109 | 0,002 | 3,800 | 0,150 |

Tab. 10.17: Vergleich der Geschwindigkeitsanteile der Ausweichstrecken (Chi-Quadrat-Test); 0 – 24 Uhr

| Abschnitt | vor/nach Baustellenbeginn | | vor/nach der Baustelle | |
|-----------|---------------------------|---------|------------------------|--------|
| | χ^2 | P-Wert | χ^2 | P-Wert |
| 9 | 479,637 | < 0,001 | 3,573 | 0,168 |
| 10 | 1,507 | 0,471 | 2,012 | 0,366 |
| 11 | 0,847 | 0,655 | 5,967 | 0,051 |
| 12 | 0,235 | 0,889 | 13,341 | 0,001 |

Tab. 10.18: Vergleich der Geschwindigkeitsanteile der Zulaufstrecken (Chi-Quadrat-Test); 0 – 24 Uhr

10.4.4.2 Vergleich der Zeitabschnitte vor, während und nach der Baustelle (exkl. Ferienwochen)

| Abschnitt | Tagesverkehr | | Hauptverkehrszeit | |
|-----------|--------------|---------|-------------------|---------|
| | H-Statistik | P-Wert | H-Statistik | P-Wert |
| 1 | 170,21 | < 0,001 | 107,26 | < 0,001 |
| 2 | 259,93 | < 0,001 | 75,05 | < 0,001 |
| 3 | 5,53 | 0,063 | 3,99 | 0,136 |
| 4 | 9,14 | 0,010 | 0,79 | 0,674 |
| 5 | 1,54 | 0,464 | 2,34 | 0,310 |
| 6 | 0,74 | 0,690 | 1,67 | 0,434 |
| 7 | 41,93 | < 0,001 | 12,40 | 0,002 |
| 8 | 17,35 | < 0,001 | 10,15 | 0,006 |
| 9 | 517,26 | < 0,001 | 275,35 | < 0,001 |
| 10 | 22,90 | < 0,001 | 55,56 | < 0,001 |
| 11 | 18,46 | < 0,001 | 3,36 | 0,187 |
| 12 | 42,11 | < 0,001 | 45,44 | < 0,001 |

Tab. 10.19: Geschwindigkeitsanalyse (gruppiert); Kruskal-Wallis-Test; $\alpha = 0,05$

- Baustellenbereich

| Abschnitt | v_{mean} [km/h] | Gruppe | vor | | während | |
|-----------|-----------------------------|---------|-------------|----------|-------------|----------|
| | | | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert |
| 1 | 26,13 | vor | - | - | - | - |
| | 20,44 | während | 246.985 | < 0,0001 | - | - |
| | 27,89 | nach | 41.926 | 0,0170 | 191.027 | < 0,0001 |
| 2 | 37,76 | vor | - | - | - | - |
| | 31,44 | während | 371.665 | < 0,0001 | - | - |
| | 37,51 | nach | 255.902 | 0,1355 | 415.900 | < 0,0001 |

Tab. 10.20: Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten im Baustellenbereich (gruppiert; Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0167$

| Abschnitt | v_{mean} [km/h] | Gruppe | vor | | während | |
|-----------|-----------------------------|---------|-------------|----------|-------------|----------|
| | | | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert |
| 1 | 24,08 | vor | - | - | - | - |
| | 17,88 | während | 43.911 | < 0,0001 | - | - |
| | 26,64 | nach | 7.833 | 0,0054 | 26.580 | < 0,0001 |
| 2 | 36,02 | vor | - | - | - | - |
| | 30,44 | während | 60.406 | < 0,0001 | - | - |
| | 35,73 | nach | 31.510 | 0,1871 | 60.047 | < 0,0001 |

Tab. 10.21: Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten im Baustellenbereich (gruppiert; Hauptverkehrszeit); U-Test; $\alpha = 0,0167$

- Ausweichstrecken

| Abschnitt | V _{mean} [km/h] | Gruppe | vor | | während | |
|-----------|-----------------------------|---------|-------------|----------|-------------|----------|
| | | | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert |
| 4 | 41,28 | vor | - | - | - | - |
| | 39,96 | während | 72.994 | 0,0192 | - | - |
| | 38,90 | nach | 24.197 | 0,0010 | 79.217 | 0,0648 |
| 7 | 30,98 | vor | - | - | - | - |
| | 33,03 | während | 213.414 | 0,0002 | - | - |
| | 29,81 | nach | 64.491 | 0,0973 | 241.489 | < 0,0001 |
| 8 | 24,83 | vor | - | - | - | - |
| | 23,06 | während | 262.365 | < 0,0001 | - | - |
| | 23,55 | nach | 57.071 | 0,0083 | 221.157 | 0,1876 |

Tab. 10.22: Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten auf Ausweichstrecken (gruppiert; Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0167$

| Abschnitt | V _{mean} [km/h] | Gruppe | vor | | während | |
|-----------|-----------------------------|---------|-------------|--------|-------------|--------|
| | | | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert |
| 7 | 30,24 | vor | - | - | - | - |
| | 32,11 | während | 40.368 | 0,0120 | - | - |
| | 29,84 | nach | 12.020 | 0,3985 | 46.411 | 0,0009 |
| 8 | 24,74 | vor | - | - | - | - |
| | 22,76 | während | 58.724 | 0,0011 | - | - |
| | 22,54 | nach | 11.639 | 0,0074 | 48.304 | 0,4367 |

Tab. 10.23: Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten auf Ausweichstrecken (gruppiert; Hauptverkehrszeit); U-Test; $\alpha = 0,0167$

- Zulaufstrecken

| Abschnitt | V _{mean} [km/h] | Gruppe | vor | | während | |
|-----------|-----------------------------|---------|-------------|----------|-------------|----------|
| | | | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert |
| 9 | 26,68 | vor | - | - | - | - |
| | 20,27 | während | 4.304.214 | < 0,0001 | - | - |
| | 26,11 | nach | 2.176.983 | 0,1048 | 4.531.375 | < 0,0001 |
| 10 | 35,05 | vor | - | - | - | - |
| | 36,72 | während | 5.152.008 | < 0,0001 | - | - |
| | 35,78 | nach | 2.532.549 | 0,1205 | 4.961.733 | 0,0011 |
| 11 | 31,17 | vor | - | - | - | - |
| | 31,92 | während | 469.390 | 0,1468 | - | - |
| | 28,86 | nach | 157.831 | 0,0017 | 344.344 | < 0,0001 |
| 12 | 33,30 | vor | - | - | - | - |
| | 35,28 | während | 3.154.106 | 0,0012 | - | - |
| | 31,75 | nach | 1.391.826 | 0,0052 | 3.072.384 | < 0,0001 |

Tab. 10.24: Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten auf Zulaufstrecken (gruppiert; Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0167$

| Abschnitt | v _{mean} [km/h] | Gruppe | vor | | während | |
|-----------|-----------------------------|---------|-------------|----------|-------------|----------|
| | | | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert |
| 9 | 22,35 | vor | - | - | - | - |
| | 15,82 | während | 702.457 | < 0,0001 | - | - |
| | 22,01 | nach | 384.726 | 0,3030 | 724.666 | < 0,0001 |
| 10 | 29,80 | vor | - | - | - | - |
| | 34,08 | während | 581.269 | < 0,0001 | - | - |
| | 30,30 | nach | 308.966 | 0,3561 | 507.594 | < 0,0001 |
| 12 | 21,47 | vor | - | - | - | - |
| | 26,50 | während | 238.025 | < 0,0001 | - | - |
| | 21,34 | nach | 108.440 | 0,3796 | 226.812 | < 0,0001 |

Tab. 10.25: Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten auf Zulaufstrecken (gruppiert; Hauptverkehrszeit); U-Test; $\alpha = 0,0167$

10.4.4.3 Vergleich der Kalenderwochen in der Bauphase (exkl. Ferienwochen)

| Abschnitt | Tagesverkehr | | Hauptverkehrszeit | |
|-----------|--------------|---------|-------------------|---------|
| | H-Statistik | P-Wert | H-Statistik | P-Wert |
| 1 | 66,25 | < 0,001 | 25,30 | < 0,001 |
| 2 | 62,22 | < 0,001 | 12,77 | 0,026 |
| 3 | 4,46 | 0,486 | 6,27 | 0,281 |
| 4 | 8,79 | 0,118 | 4,17 | 0,525 |
| 5 | 11,50 | 0,042 | 1,98 | 0,852 |
| 6 | 1,87 | 0,867 | 1,66 | 0,894 |
| 7 | 9,26 | 0,099 | 2,79 | 0,732 |
| 8 | 8,53 | 0,129 | 6,57 | 0,255 |
| 9 | 53,72 | < 0,001 | 7,96 | 0,158 |
| 10 | 9,25 | 0,100 | 9,07 | 0,107 |
| 11 | 3,83 | 0,574 | 5,58 | 0,349 |
| 12 | 10,24 | 0,069 | 7,46 | 0,189 |

Tab. 10.26: Geschwindigkeitsanalyse (Bauphase); Kruskal-Wallis-Test; $\alpha = 0,05$

- Baustellenbereich

| v_{mean} [km/h] | Woche | 21 | | 22 | | 23 | | 24 | | 25 | |
|-----------------------------|-------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|--------|-----------------|----------|-----------------|--------|
| | | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert |
| 24,60 | 21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 22,33 | 22 | 50.765 | 0,0030 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 20,17 | 23 | 64.540 | < 0,0001 | 89.708 | 0,0006 | - | - | - | - | - | - |
| 19,49 | 24 | 63.424 | < 0,0001 | 88.006 | < 0,0001 | 148.380 | 0,1054 | - | - | - | - |
| 22,20 | 25 | 70.064 | 0,0008 | 95.899 | 0,3881 | 127.018 | 0,0008 | 125.028 | < 0,0001 | - | - |
| 20,00 | 26 | 64.040 | < 0,0001 | 87.964 | 0,0007 | 147.129 | 0,4164 | 147.081 | 0,1763 | 124.582 | 0,0009 |

Tab. 10.27: Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten in Abschnitt 1 (Bauphase; Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0033$

| v_{mean} [km/h] | Woche | 21 | | 22 | | 23 | | 24 | | 25 | |
|-----------------------------|-------|-----------------|----------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|
| | | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert |
| 21,65 | 21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 19,42 | 22 | 4.019 | 0,0505 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 17,92 | 23 | 7.086 | 0,0033 | 8.356 | 0,1904 | - | - | - | - | - | - |
| 16,49 | 24 | 8.086 | < 0,0001 | 9.813 | 0,0138 | 19.919 | 0,0485 | - | - | - | - |
| 20,31 | 25 | 8.418 | 0,0722 | 9.279 | 0,3700 | 16.458 | 0,0707 | 19.339 | 0,0009 | - | - |
| 17,21 | 26 | 8.195 | 0,0001 | 9.751 | 0,0362 | 19.776 | 0,1264 | 26.772 | 0,3136 | 19.231 | 0,0045 |

Tab. 10.28: Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten in Abschnitt 1 (Bauphase; Hauptverkehrszeit); U-Test; $\alpha = 0,0033$

| V _{mean} [km/h] | Woche | 21 | | 22 | | 23 | | 24 | | 25 | |
|-----------------------------|-------|-----------------|----------|-----------------|--------|-----------------|----------|-----------------|--------|-----------------|--------|
| | | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert |
| 35,83 | 21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 31,96 | 22 | 42.814 | < 0,0001 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 32,55 | 23 | 56.147 | 0,0001 | 61.528 | 0,1104 | - | - | - | - | - | - |
| 32,00 | 24 | 57.100 | < 0,0001 | 69.844 | 0,4813 | 82.109 | 0,0970 | - | - | - | - |
| 31,28 | 25 | 50.424 | < 0,0001 | 61.200 | 0,4233 | 71.995 | 0,0820 | 81.517 | 0,4079 | - | - |
| 29,94 | 26 | 46.554 | < 0,0001 | 59.419 | 0,0045 | 68.865 | < 0,0001 | 79.386 | 0,0028 | 70.989 | 0,0086 |

 Tab. 10.29: Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten in Abschnitt 2 (Bauphase; Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0033$

| V _{mean} [km/h] | Woche | 21 | | 22 | | 23 | | 24 | | 25 | |
|-----------------------------|-------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|
| | | U- Statistik | P-Wert |
| 32,06 | 21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 28,82 | 22 | 3.792 | 0,0104 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 31,26 | 23 | 8.463 | 0,4557 | 5.747 | 0,0170 | - | - | - | - | - | - |
| 31,19 | 24 | 8.636 | 0,2258 | 6.423 | 0,0491 | 12.873 | 0,2881 | - | - | - | - |
| 30,57 | 25 | 8.259 | 0,1737 | 6.391 | 0,0875 | 12.233 | 0,1935 | 13.578 | 0,3752 | - | - |
| 28,82 | 26 | 7.442 | 0,0026 | 7.448 | 0,4765 | 11.277 | 0,0038 | 12.678 | 0,0208 | 12.640 | 0,0501 |

 Tab. 10.30: Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten in Abschnitt 2 (Bauphase; Hauptverkehrszeit); U-Test; $\alpha = 0,0033$

- Ausweichstrecken

| V _{mean} [km/h] | Woche | 21 | | 22 | | 23 | | 24 | | 25 | |
|-----------------------------|-------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|
| | | U- Statistik | P-Wert |
| 29,55 | 21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 30,88 | 22 | 21.588 | 0,0841 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 31,07 | 23 | 25.296 | 0,1366 | 29.149 | 0,3802 | - | - | - | - | - | - |
| 29,62 | 24 | 27.976 | 0,4895 | 28.307 | 0,0549 | 33.423 | 0,1218 | - | - | - | - |
| 28,39 | 25 | 23.173 | 0,0878 | 23.392 | 0,0022 | 27.564 | 0,0056 | 30.691 | 0,0811 | - | - |
| 28,88 | 26 | 25.800 | 0,2486 | 26.247 | 0,0176 | 30.787 | 0,0337 | 34.189 | 0,2545 | 30.541 | 0,2599 |

Tab. 10.31: Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten in Abschnitt 5 (Bauphase; Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0033$

| V _{mean} [km/h] | Woche | 21 | | 22 | | 23 | | 24 | | 25 | |
|-----------------------------|-------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|
| | | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert | U- Statistik | P-Wert |
| 22,19 | 21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 23,12 | 22 | 701.000 | 0,0355 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 20,23 | 23 | 814.942 | 0,0002 | 769.169 | < 0,0001 | - | - | - | - | - | - |
| 19,96 | 24 | 798.917 | < 0,0001 | 753.085 | < 0,0001 | 1.041.132 | 0,3272 | - | - | - | - |
| 20,35 | 25 | 756.124 | 0,0009 | 714.501 | < 0,0001 | 966.312 | 0,3339 | 947.667 | 0,1921 | - | - |
| 20,53 | 26 | 835.416 | 0,0023 | 788.606 | < 0,0001 | 1.048.619 | 0,1894 | 1.028.103 | 0,0903 | 973.073 | 0,3359 |

Tab. 10.32: Post-hoc-Test: Geschwindigkeiten in Abschnitt 9 (Bauphase; Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0033$

10.4.4.4 Vergleich der Kalenderwochen im Auswertungszeitraum (exkl. Ferienwochen)

| Abschnitt | Tagesverkehr | | Hauptverkehrszeit | |
|-----------|--------------|---------|-------------------|---------|
| | H-Statistik | P-Wert | H-Statistik | P-Wert |
| 1 | 390,99 | < 0,001 | 238,10 | < 0,001 |
| 2 | 413,53 | < 0,001 | 138,11 | < 0,001 |
| 3 | 51,32 | < 0,001 | 36,81 | 0,001 |
| 4 | 31,76 | 0,007 | 21,05 | 0,135 |
| 5 | 32,74 | 0,005 | 25,43 | 0,044 |
| 6 | 10,33 | 0,799 | 11,62 | 0,708 |
| 7 | 99,76 | < 0,001 | 51,04 | < 0,001 |
| 8 | 28,90 | 0,017 | 19,48 | 0,193 |
| 9 | 1.066,55 | < 0,001 | 600,86 | < 0,001 |
| 10 | 96,60 | < 0,001 | 144,77 | < 0,001 |
| 11 | 30,68 | 0,010 | 12,50 | 0,641 |
| 12 | 127,92 | < 0,001 | 90,69 | < 0,001 |

Tab. 10.33: Geschwindigkeitsanalyse (Auswertungszeitraum); Kruskal-Wallis-Test; $\alpha = 0,05$

- Baustellenbereich

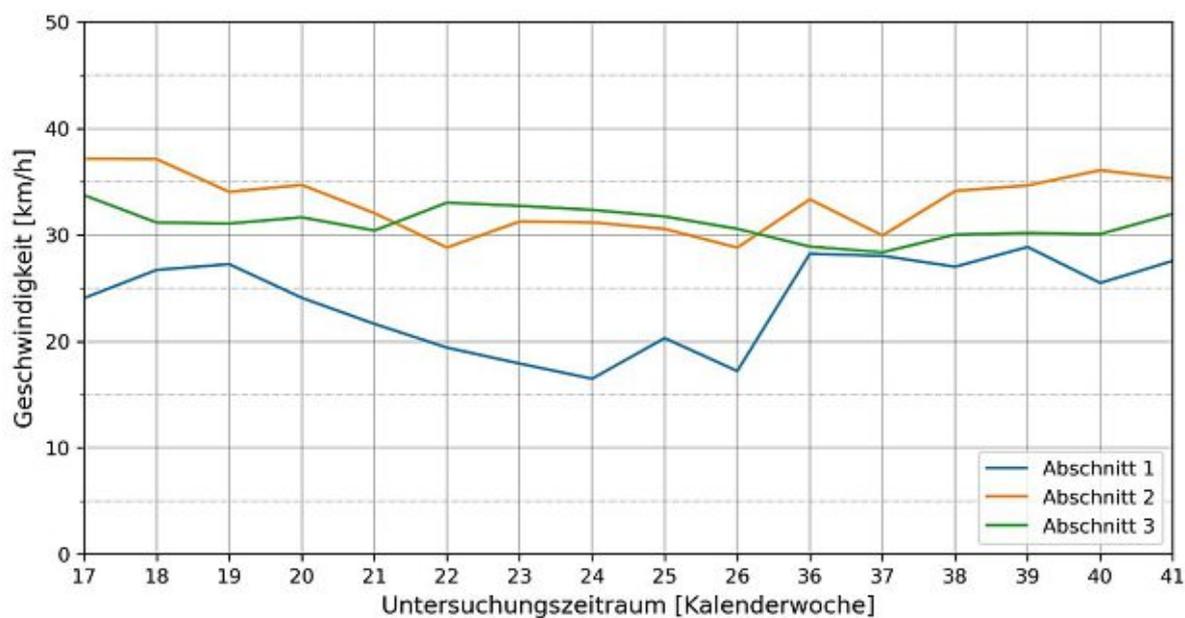


Abb. 10.149: Geschwindigkeitsmittelwerte der Wochen im Baustellenbereich; Hauptverkehrszeit

| Wochen | Abschnitt 1 | | Abschnitt 2 | | Abschnitt 3 | |
|--------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|--------|
| | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert |
| 17-18 | 9.777 | 0,2577 | 62.268 | 0,1710 | 43.971 | 0,1320 |
| 18-19 | 6.086 | 0,3176 | 45.758 | 0,3019 | 39.534 | 0,4303 |
| 19-20 | 7.066 | 0,0789 | 44.104 | 0,3794 | 38.796 | 0,3385 |
| 20-21 | 21.069 | 0,1173 | 48.171 | 0,0008 | 34.765 | 0,1257 |
| 21-22 | 50.765 | 0,0030 | 42.814 | < 0,0001 | 32.698 | 0,0890 |
| 22-23 | 89.708 | 0,0006 | 61.528 | 0,1104 | 42.771 | 0,2406 |
| 23-24 | 148.380 | 0,1054 | 82.109 | 0,0970 | 45.576 | 0,4174 |
| 24-25 | 125.028 | < 0,0001 | 81.517 | 0,4079 | 43.173 | 0,2930 |
| 25-26 | 124.582 | 0,0009 | 70.989 | 0,0086 | 44.433 | 0,1718 |
| 26-36 | 20.336 | < 0,0001 | 50.561 | < 0,0001 | 31.062 | 0,0404 |
| 36-37 | 9.497 | 0,1304 | 80.388 | 0,0173 | 28.139 | 0,2717 |
| 37-38 | 9.298 | 0,0073 | 87.761 | 0,0003 | 28.475 | 0,0052 |
| 38-39 | 8.178 | 0,2257 | 67.806 | 0,0357 | 31.019 | 0,2513 |
| 39-40 | 8.283 | 0,1889 | 77.138 | 0,4817 | 31.796 | 0,2156 |
| 40-41 | 9.418 | 0,0682 | 68.124 | 0,2737 | 36.445 | 0,1805 |

Tab. 10.34: Post-hoc-Test: Geschwindigkeitsanalyse im Baustellenbereich (Tagesverkehr);
U-Test; $\alpha = 0,0033$

| Wochen | Abschnitt 1 | | Abschnitt 2 | | Abschnitt 3 | |
|--------|-------------|----------|-------------|--------|-------------|--------|
| | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert |
| 17-18 | 1.844 | 0,0733 | 7.142 | 0,2760 | 7.102 | 0,0053 |
| 18-19 | 898 | 0,3518 | 3.094 | 0,0115 | 6.265 | 0,3292 |
| 19-20 | 1.034 | 0,0440 | 4.190 | 0,2457 | 6.755 | 0,1360 |
| 20-21 | 2.926 | 0,0782 | 5.541 | 0,0189 | 6.126 | 0,3289 |
| 21-22 | 4.019 | 0,0505 | 3.792 | 0,0104 | 4.259 | 0,1079 |
| 22-23 | 8.356 | 0,1904 | 5.747 | 0,0170 | 5.820 | 0,4249 |
| 23-24 | 19.919 | 0,0485 | 12.873 | 0,2881 | 8.028 | 0,3213 |
| 24-25 | 19.339 | 0,0009 | 13.578 | 0,3752 | 11.189 | 0,3088 |
| 25-26 | 19.231 | 0,0045 | 12.640 | 0,0501 | 10.224 | 0,1043 |
| 26-36 | 2.805 | < 0,0001 | 7.564 | 0,0004 | 6.520 | 0,2242 |
| 36-37 | 1.523 | 0,4161 | 11.092 | 0,0086 | 5.036 | 0,2313 |
| 37-38 | 2.003 | 0,3593 | 11.189 | 0,0005 | 5.038 | 0,0527 |
| 38-39 | 1.394 | 0,2027 | 7.473 | 0,4795 | 5.464 | 0,3254 |
| 39-40 | 1.097 | 0,0707 | 7.653 | 0,1057 | 5.340 | 0,4382 |
| 40-41 | 1.650 | 0,1321 | 7.431 | 0,2688 | 4.996 | 0,0285 |

Tab. 10.35: Post-hoc-Test: Geschwindigkeitsanalyse im Baustellenbereich (Hauptverkehrszeit);
U-Test; $\alpha = 0,0033$

- Ausweichstrecken

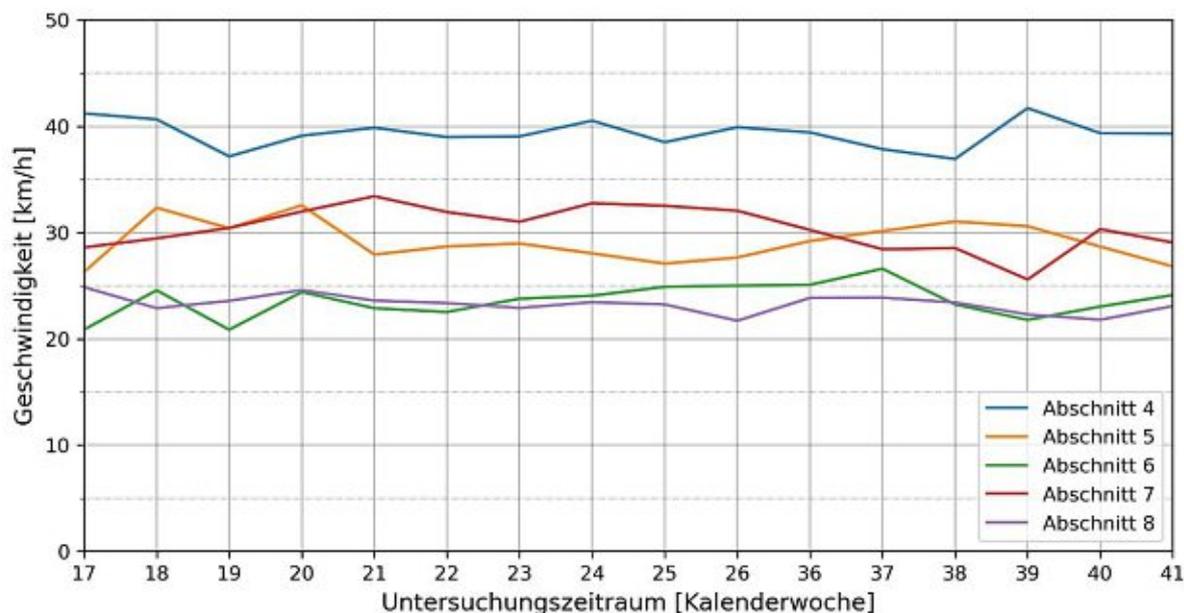


Abb. 10.150: Geschwindigkeitsmittelwerte der Wochen auf Ausweichstrecken; Hauptverkehrszeit

| Wochen | Abschnitt 4 | | Abschnitt 5 | | Abschnitt 7 | | Abschnitt 8 | |
|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert |
| 17-18 | 5.928 | 0,1933 | 7.461 | 0,0289 | 14.106 | 0,3201 | 15.316 | 0,3245 |
| 18-19 | 4.804 | 0,0077 | 8.129 | 0,2689 | 14.995 | 0,4472 | 13.132 | 0,1853 |
| 19-20 | 5.610 | 0,0577 | 8.247 | 0,3769 | 14.073 | 0,3591 | 16.969 | 0,0624 |
| 20-21 | 8.114 | 0,0466 | 11.132 | 0,0195 | 20.095 | 0,0004 | 24.268 | 0,0238 |
| 21-22 | 8.642 | 0,0375 | 21.588 | 0,0841 | 44.601 | 0,0197 | 33.645 | 0,4365 |
| 22-23 | 10.638 | 0,3374 | 29.149 | 0,3802 | 59.889 | 0,3062 | 48.602 | 0,3037 |
| 23-24 | 16.824 | 0,2695 | 33.423 | 0,1218 | 68.046 | 0,0854 | 64.631 | 0,4804 |
| 24-25 | 15.611 | 0,1872 | 30.691 | 0,0811 | 61.178 | 0,1772 | 64.483 | 0,3460 |
| 25-26 | 11.446 | 0,2213 | 30.541 | 0,2599 | 61.747 | 0,4823 | 63.066 | 0,0061 |
| 26-36 | 7.958 | 0,3135 | 16.140 | 0,3153 | 22.221 | 0,2866 | 15.775 | 0,0180 |
| 36-37 | 6.324 | 0,1122 | 8.056 | 0,0915 | 8.738 | 0,0386 | 7.190 | 0,3901 |
| 37-38 | 4.368 | 0,2431 | 6.494 | 0,1331 | 15.811 | 0,4093 | 10.965 | 0,4346 |
| 38-39 | 4.047 | 0,3636 | 6.920 | 0,4126 | 15.294 | 0,1965 | 13.146 | 0,3846 |
| 39-40 | 6.238 | 0,3182 | 9.004 | 0,4784 | 17.221 | 0,2221 | 10.900 | 0,1641 |
| 40-41 | 7.156 | 0,2030 | 9.341 | 0,3697 | 20.594 | 0,4414 | 10.709 | 0,0830 |

Tab. 10.36: Post-hoc-Test: Geschwindigkeitsanalyse auf Ausweichstrecken (Tagesverkehr); U-Test; $\alpha = 0,0033$

| Wochen | Abschnitt 5 | | Abschnitt 7 | |
|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert |
| 17-18 | 768 | 0,0082 | 3.281 | 0,4363 |
| 18-19 | 1.355 | 0,1683 | 3.262 | 0,2578 |
| 19-20 | 1.525 | 0,1933 | 2.488 | 0,2551 |
| 20-21 | 1.503 | 0,0097 | 3.055 | 0,0867 |
| 21-22 | 2.758 | 0,3192 | 5.966 | 0,1831 |
| 22-23 | 3.805 | 0,4935 | 9.511 | 0,2823 |
| 23-24 | 4.436 | 0,3041 | 12.973 | 0,0997 |
| 24-25 | 5.074 | 0,2585 | 12.043 | 0,4143 |
| 25-26 | 7.235 | 0,3186 | 11.353 | 0,4369 |
| 26-36 | 3.318 | 0,1588 | 3.632 | 0,1231 |
| 36-37 | 1.767 | 0,3788 | 1.409 | 0,1062 |
| 37-38 | 611 | 0,4219 | 3.098 | 0,4140 |
| 38-39 | 565 | 0,4792 | 2.474 | 0,0502 |
| 39-40 | 883 | 0,2415 | 2.497 | 0,0051 |
| 40-41 | 901 | 0,2471 | 3.195 | 0,1807 |

Tab. 10.37: Post-hoc-Test: Geschwindigkeitsanalyse auf Ausweichstrecken (Hauptverkehrszeit); U-Test; $\alpha = 0,0033$

- Zulaufstrecken

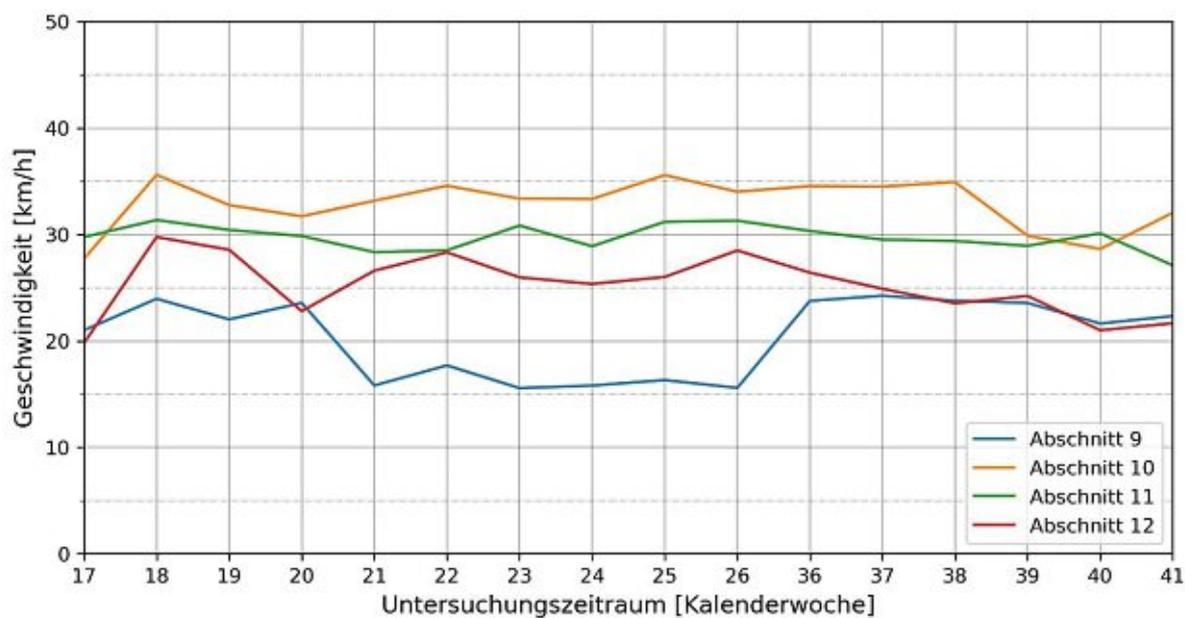


Abb. 10.151: Geschwindigkeitsmittelwerte der Wochen auf Zulaufstrecken; Hauptverkehrszeit

| Wochen | Abschnitt 9 | | Abschnitt 10 | | Abschnitt 11 | | Abschnitt 12 | |
|--------|-------------|----------|--------------|----------|--------------|--------|--------------|----------|
| | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert |
| 17-18 | 482.736 | 0,0002 | 558.376 | < 0,0001 | 56.170 | 0,3098 | 351.792 | 0,0077 |
| 18-19 | 534.459 | 0,0262 | 574.972 | 0,0972 | 47.863 | 0,1991 | 356.051 | 0,0006 |
| 19-20 | 569.155 | 0,4383 | 593.172 | 0,0025 | 44.867 | 0,2266 | 316.182 | < 0,0001 |
| 20-21 | 510.299 | < 0,0001 | 548.482 | 0,0292 | 49.173 | 0,3997 | 325.615 | 0,0006 |
| 21-22 | 701.000 | 0,0355 | 486.270 | 0,0096 | 49.968 | 0,2764 | 396.024 | 0,3915 |
| 22-23 | 769.169 | < 0,0001 | 607.294 | 0,0053 | 63.861 | 0,1727 | 455.542 | 0,0308 |
| 23-24 | 1.041.132 | 0,3272 | 759.684 | 0,4622 | 72.265 | 0,1102 | 511.371 | 0,3455 |
| 24-25 | 947.667 | 0,1921 | 658.930 | 0,1837 | 56.975 | 0,0877 | 468.301 | 0,2283 |
| 25-26 | 973.073 | 0,3359 | 618.720 | 0,2841 | 59.281 | 0,4547 | 443.142 | 0,0922 |
| 26-36 | 448.152 | < 0,0001 | 520.632 | 0,1813 | 40.507 | 0,0034 | 365.231 | 0,3220 |
| 36-37 | 442.526 | 0,3211 | 507.487 | 0,0571 | 28.665 | 0,0356 | 353.321 | 0,3533 |
| 37-38 | 513.324 | 0,1786 | 590.822 | 0,4719 | 29.901 | 0,2040 | 364.086 | 0,0087 |
| 38-39 | 533.293 | 0,1783 | 534.839 | 0,0001 | 32.586 | 0,2893 | 320.349 | 0,0454 |
| 39-40 | 518.407 | 0,0091 | 615.678 | 0,0925 | 31.076 | 0,4780 | 347.128 | 0,0857 |
| 40-41 | 552.231 | 0,0749 | 578.881 | 0,0215 | 32.440 | 0,0600 | 375.140 | 0,3503 |

Tab. 10.38: Post-hoc-Test: Geschwindigkeitsanalyse auf Zulaufstrecken (Tagesverkehr);
U-Test; $\alpha = 0,0033$

| Wochen | Abschnitt 9 | | Abschnitt 10 | | Abschnitt 12 | |
|--------|-------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert | U-Statistik | P-Wert |
| 17-18 | 65.885 | 0,0009 | 42.556 | < 0,0001 | 14.991 | < 0,0001 |
| 18-19 | 59.850 | 0,0191 | 39.354 | 0,0032 | 19.692 | 0,2483 |
| 19-20 | 76.840 | 0,0321 | 64.859 | 0,3163 | 21.224 | 0,0002 |
| 20-21 | 58.050 | < 0,0001 | 57.496 | 0,1721 | 22.490 | 0,0110 |
| 21-22 | 74.282 | 0,0181 | 38.390 | 0,0621 | 21.022 | 0,2342 |
| 22-23 | 102.311 | 0,0059 | 59.047 | 0,0893 | 29.230 | 0,1008 |
| 23-24 | 163.385 | 0,3915 | 80.976 | 0,4755 | 40.571 | 0,4151 |
| 24-25 | 163.616 | 0,2592 | 71.595 | 0,0149 | 44.562 | 0,3415 |
| 25-26 | 167.128 | 0,3009 | 76.850 | 0,0386 | 44.076 | 0,0282 |
| 26-36 | 65.619 | < 0,0001 | 59.990 | 0,3138 | 29.270 | 0,0878 |
| 36-37 | 70.358 | 0,2954 | 56.860 | 0,4272 | 24.525 | 0,1334 |
| 37-38 | 83.102 | 0,2094 | 70.012 | 0,2208 | 27.851 | 0,2075 |
| 38-39 | 83.568 | 0,4986 | 58.849 | < 0,0001 | 25.258 | 0,3907 |
| 39-40 | 77.995 | 0,0158 | 71.365 | 0,1083 | 23.478 | 0,0371 |
| 40-41 | 96.139 | 0,2203 | 58.809 | 0,0016 | 25.486 | 0,2513 |

Tab. 10.39: Post-hoc-Test: Geschwindigkeitsanalyse auf Zulaufstrecken (Hauptverkehrszeit);
U-Test; $\alpha = 0,0033$