



Graz University of Technology

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Zählsysteme für den Radverkehr

Analyse in Österreich und Tests

MASTERARBEIT

vorgelegt von

Elisabeth Eder, BSc.

bei

Univ. Prof. Dr. Ing. Martin Fellendorf

Technische Universität Graz

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Mitbetreuende Assistenten:

Manuel Lienhart, BSc MSc &

Michael Cik, Dipl.-Ing.

Technische Universität Graz

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Graz, 28. März 2020

Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2013
Genehmigung des Senats am 01.12.2013

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen / Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtliche und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, _____

Elisabeth Eder, BSc.

Statutory Declaration

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, _____

Elisabeth Eder, BSc.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Besonderer Dank gilt dabei Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf, Dipl.-Ing. Michael Cik und Manuel Lienhart, MSc BSc vom Institut für Straßen- und Verkehrswesen, welche das Entstehen dieser Arbeit ermöglicht, mich stets durch ihr fachkundliche Betreuung und speziell bei der Durchführung der Testmessungen unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern Huberta und Karl Heinz Eder, die mir mein Studium ermöglicht und mich in all meinen Entscheidungen bekräftigt haben, sowie meiner Schwester Klara und meinem Freund Thomas, die mir auch in Stresssituationen immer sehr viel Verständnis entgegengebracht und so manche Laune ausgehalten haben.

Abschließend möchte ich noch meinen Studienkollegen danken, dass sie die letzten Jahre zu einer so schönen Zeit gemacht haben. Sowohl die gegenseitige Unterstützung während dem Studium als auch die gemeinsamen Erlebnisse auf Exkursionen, in den Mittagspausen und diversen (Grill-)Feiern werden mir immer in Erinnerung bleiben.

Aufgabenstellung für die Masterarbeit

von Elisabeth Eder, BSc.

Graz, 09.05.2019

Zählsysteme für den Radverkehr - Analyse in Österreich und Tests

Problemstellung

Österreichs Politik hat sich zu den internationalen Energiezielen und einer aktiven Klimaschutz- und Energiepolitik bekannt. Gerade zur Klimaschutzpolitik kann der Radverkehr einen bedeutenden Beitrag leisten, denn wie die Befragung „Österreich unterwegs“ [bmvit, 2013/2014] ergeben hat, wird ein Großteil der Wege, die kürzer als 5 km lang sind, mit dem Auto zurückgelegt.

Es gilt, ebendiese Autofahrer auf kurzen Strecken zum Umstieg auf das Fahrrad zu bewegen. Dies kann durch eine Verbesserung der Radverkehrssituation erreicht werden, wie es Beispiele in den Niederlanden oder Dänemark zeigen. Für eine zielführende Planung muss neben innovativen Planungstools auch eine fundierte Datengrundlage vorhanden sein. Während diese für den motorisierten Individualverkehr und auch den öffentlichen Verkehr schon über einen langen Zeitraum vorhanden sind, existiert eine ähnlich belastbare Datengrundlage nur in äußerst seltenen Fällen für den Radverkehr.

In den letzten Jahren wurden von öffentlicher Seite vielfältige Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs umgesetzt. Dies erfolgte jedoch in den meisten Fällen ohne vorherige simulationsgestützte Prüfung durch Modelle, welche mittels Radverkehrszählungen kalibriert wurden. Durch diese Vorgehensweise nehmen sich öffentliche Stellen selbst die Möglichkeit, eine zielgerichtete Evaluierung und gegebenenfalls Adaptierung der Maßnahmen durchführen zu können.

Mit der Verfügbarkeit von quantitativen Daten ergeben sich zahlreiche Chancen für Planer und öffentliche Stellen. Durch die Gliederung der Daten können die Auswirkungen von Einzelmaßnahmen bzw. deren Zusammenspiel, z.B. auf das gesamte Radverkehrsaufkommen, spezielle Tages- oder Jahreszeiten sowie einzelne Streckensegmente oder sogar Querschnitte bewertet werden. Ebenso kann mit einer belastbaren Datengrundlage vor der Durchführung von Maßnahmen eine Simulation des Radverkehrs durchgeführt werden. Daraus können z.B. mögliche Verlagerungseffekte abgeleitet werden.

Durch die Investition von öffentlichen Stellen in Radzählsysteme bzw. in ein gutes Gesamtkonzept zur Erhebung des lokalen Radverkehrs sowie die entsprechende Auswertung bzw. Verwendung der Daten können Investitionsmittel zielgerichtet und effizient für wirkungsvolle Maßnahmen eingesetzt werden.

Aufgabenstellung

In dieser Masterarbeit sollen der aktuelle technische Stand von momentan am Markt verfügbaren Sensoren zur Erfassung von Radverkehrskenndaten dokumentiert und ausgewählte Funktionsprinzipien im Realbetrieb getestet werden. Es wird eine Marktrecherche zu verfügbaren Radzählstellensystemen bei verschiedenen Herstellern durchgeführt. Weiters wird erhoben, welche Systeme von öffentlichen Stellen in Österreich (Länder und Städte) bereits eingesetzt werden. Im nächsten Schritt werden drei unterschiedliche Systeme an ausgewählten Messquerschnitten in Graz getestet. Diese sollen den relevanten Radverkehr in Graz bestmöglich abbilden. Den Abschluss bildet die Auswertung der Daten aus den Testreihen mit zugehörigem Benchmarking der getesteten Funktionsprinzipien.

Die folgende Liste enthält wesentliche Bearbeitungspunkte der Masterarbeit; Abweichungen mit fortschreitendem Erkenntnisstand während der Bearbeitung sind möglich:

- Marktanalyse von Produkten über Hersteller und öffentliche Nutzer (Länder und Städte in Österreich)
- Typisierung der Radzählstellen nach physikalischem Prinzip, Montage, Messwerttypen, Messwert- bzw. Erfassungsgenauigkeit, Auswertarten und -software
- Beschaffung von drei Messsystemen mit unterschiedlichen zugrundeliegenden Funktionsprinzipien
- Durchführung von Testreihen an ausgewählten Querschnitten (Radweg mit 1 Richtung, Radweg mit 2 Richtungen, Radverkehr in Kombination mit Fußgängern, Aufstellbereich)
- Auswertung der Daten aus den Probemessungen und Benchmarking der getesteten Funktionsprinzipien

Die Arbeit ist zweifach mit allen Anlagen in DIN A4 gebunden einzureichen. Ein Datenträger mit dem Masterarbeitstext, Präsentationen sowie allen Modelldaten ist beizulegen.

Univ-Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf
Tel. 0316 873 - 6220
martin.fellendorf@tugraz.at
Institut für Straßen- und
Verkehrswesen
TU Graz
Betreuer

Manuel Lienhart, BSc MSc
Tel. 0316 873 - 6223
manuel.lienhart@tugraz.at
Institut für Straßen- und
Verkehrswesen
TU Graz
2. Betreuer

Kurzfassung

Zählsysteme für den Radverkehr – Analysen in Österreich und Tests

120 Seiten, 50 Abbildungen, 95 Tabellen

Österreich hat sich, wie viele andere Städte, einer aktiven Klimaschutz- und Energiepolitik verschrieben. Um die vorgegebenen Ziele zu erreichen, müssen aktive Mobilitätsformen, wie zu Fuß gehen und Rad fahren forciert und durch gezielte Maßnahmen gestärkt werden. Eine Einführung eines flächendeckenden Konzepts zur Erfassung von Radverkehrsdaten kann den zielgerichteten Einsatz von Investitionsmitteln für wirkungsvolle Maßnahmen ermöglichen.

Gerade für öffentliche Stellen ist der Besitz solcher Daten wichtig, da auf deren Basis fundierte und gerechtfertigte Investitionsentscheidungen getroffen werden können. In Österreich besitzen acht der neun Bundesländer und deren Hauptstädte Erfassungsgeräte für den Radverkehr. Die Beweggründe für die Erfassung von Radverkehr sind unterschiedlich und reichen von verkehrspolitischen bis hin zu touristischen Beweggründen.

Der europäische Markt bietet eine Vielfalt an Technologien und Unternehmen, die sich auf Erfassungsgeräte für den Radverkehr spezialisiert haben. Eine Analyse der verfügbaren Produkte zeigt, dass vor der Anschaffung eines Zählgerätes zahlreiche Parameter beachtet werden müssen. Als Hilfestellung bei der Definition von Anforderungen und Rahmenbedingungen wird im Rahmen dieser Diplomarbeit eine Liste der wichtigsten Parameter erstellt.

In der vorliegenden Diplomarbeit wurde an sechs Standorten eine Messung mit unterschiedlichen Geräten durchgeführt. In die Testmessung wurden Seitenradargeräte (am Fahrbahnrand und überkopf angebracht), eine Induktionsschleife und ein Videoerfassungsgerät einbezogen.

Die anschließende Auswertung der Daten zeigte, dass Abweichungen der einzelnen Zählgeräte von der händischen Referenzzählung an jedem Messstandort unterschiedlich war. In der vorliegenden Diplomarbeit werden die wichtigsten Gründe für die Größe der Abweichungen, wie z.B. die Verkehrsstärke oder die vorherrschende Verkehrsklasse, diskutiert.

Der abschließende Teil der Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Erarbeitung einer Empfehlung aus den vorangegangenen Kapiteln. Die Erkenntnisse der Arbeit helfen bei der Ableitung von konkreten Ratschlägen, die als Leitfaden beim Anschaffungsprozess von Messgeräten für den Radverkehr oder bei der Konzeptentwicklung zur flächendeckenden Erfassung des Radverkehrs anwendbar sein sollen. Alle Punkte der Empfehlung setzen schon vor der Anschaffung eines Messgerätes an. Ein wichtiger Schritt ist die Definition der Rahmenbedingungen mithilfe der in dieser Diplomarbeit erarbeiteten Parameterliste. Eine Prüfung der Durchführbarkeit der Messung im Hinblick auf rechtliche Rahmenbedingungen ist bei der Standortwahl unerlässlich. Gleichzeitig muss geprüft werden, ob und wie die Montage am geplanten Messstandort möglich ist und ob Adaptionen notwendig sind. Zusätzlich sollte schon zu einem frühen Zeitpunkt die Datenauswertung mitgedacht werden. Unabhängig davon, ob die Auswertung selbstständig durchgeführt oder fremd vergeben wird, hat die Arbeit gezeigt, dass der Besitz von Einzelfahrzeugdaten ein wichtiger Faktor zur Beurteilung der Qualität ist. Abgesehen von ihrem Mehrwert bei verschiedensten Analysen im Vergleich zu zeitlich aggregierten Datensätzen, lassen sich aus den Einzelfahrzeugdaten mögliche Fehler erkennen und so Verbesserungen z.B. für die Gerätemontage ableiten.

Abstract

Counting Systems for Bicycle Traffic – Analysis in Austria and Tests

120 pages, 50 figures, 95 tables

Austria, like many other countries, committed itself to an active climate protection and energy policy. This aim can only be achieved by accelerating the change to active mobility modes, like walking and cycling, through specific measures. An introduction of an areawide concept for counting bicycle traffic ensures a purposeful use of investment funds for effective measures.

Especially for public institutions the possession and the use of bicycle traffic data can serve as a base for justified decisions on investments. Eight of the nine existing federal states of Austria have already implemented devices for counting bicycle traffic. The motivation behind the counting is diverse and ranges from transport policy tourism issues.

The European market offers many devices and specialized companies more. An analysis of the available products shows many factors which need be considered in advance to the purchase of a measurement device. This diploma thesis offers presents a list of parameters elaborated from the previous analysis of products which should serve as a guideline in the specification of basic conditions and requirements for the measurement device.

Six test sites were considered in the present diploma thesis for different devices. The testing included two radar devices, fitted besides and above the street segment, an induction loop and a video detection device.

The final evaluation of the data showed a variation of the differences between the manual counting and the measured data from the different devices. The most important issues concerning the amount of the differences, like e.g. the traffic volume, are discussed.

The final part of the diploma thesis deals with the elaboration of a recommendation from the preceding chapters. The findings of the thesis help to derive important advice, which can be used as a guideline for the purchase of a single measurement device and the elaboration of an area wide concept for counting bicycles. All points of the recommendation need to be considered before the purchase of a device. The first step is the definition of the basic conditions by means of the previously listed parameters. Further a check of the regulatory framework concerning the measure site choice is essential. At the same time the possibilities of the montage of the device and necessary adaptations at each measure point need to be evaluated. At an early phase of the process, the data evaluation must be discussed. No matter if the evaluation is done by the authority itself or is contracted out to a traffic planner, the possession of raw data is an important factor in the assessment of the data quality. Disregarding the additional benefit for various analysis compared to datasets aggregated by time, raw data enables to spot possible errors and elaborate improvements e.g. for the device installation.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	i
Abbildungsverzeichnis.....	v
Tabellenverzeichnis.....	vii
Abkürzungen.....	x
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation.....	2
1.2 Gliederung und Zielsetzung der Arbeit.....	2
2 Marktanalyse vorhandener Produkte.....	4
2.1 Öffentliche Stellen.....	4
2.1.1 Wien.....	4
2.1.2 Niederösterreich.....	5
2.1.3 Oberösterreich.....	5
2.1.4 Salzburg.....	6
2.1.5 Tirol.....	6
2.1.6 Vorarlberg.....	6
2.1.7 Burgenland.....	7
2.1.8 Steiermark.....	7
2.1.9 Kärnten.....	11
2.1.10Übersicht Radzählstellensysteme.....	12
2.2 Hersteller verwendeter Systeme in Österreich.....	13
2.2.1 DataCollect Traffic Systems GmbH.....	13
2.2.2 CAT Traffic – Cichon Automatisierungstechnik GmbH.....	14
2.2.3 Eco Counter GmbH.....	15
2.2.4 Schuh und Co KG.....	17
2.3 Weitere europäische Hersteller.....	18
2.3.1 Connection Systems.....	18
2.3.2 GEOVISTA GmbH.....	19
2.3.3 Icoms Detections.....	19
2.3.4 Miovision.....	19
2.3.5 MetroCount.....	20
2.3.6 RTB GmbH & CoKG.....	20
2.3.7 Sensorline GmbH.....	20
2.3.8 Siemens.....	21
2.3.9 Telraam.....	22

3	Typisierung der Produkte	24
3.1	Messdauer	24
3.1.1	Dauermessung	24
3.1.2	Kurzzeitmessung	24
3.2	Sensortyp	25
3.2.1	Verformungssensoren	25
3.2.2	Induktionsschleife	26
3.2.3	Radarsensor	27
3.2.4	Pyrosensor	27
3.2.5	Videoerfassung	28
3.3	Kontakt bei Messung	28
3.3.1	Kontaktbehaftete Messung	29
3.3.2	Kontaktlose Messung	29
3.4	Montage	29
3.4.1	Stationäre Systeme	29
3.4.2	Mobile Systeme	29
3.5	Stromversorgung	30
3.5.1	Leistungsanschluss	30
3.5.2	Akku	30
3.5.3	Solarpanel	31
3.6	Datenübertragung	31
3.6.1	Mobilfunk	31
3.6.2	Bluetooth	31
3.7	Messwertaktualität	32
3.7.1	Daten in Echtzeit	32
3.7.2	Nachträgliche Darstellung	32
3.8	Auswertung	32
3.8.1	Auswertungstool	32
3.8.2	Rohdaten	33
3.9	Zusammenfassung	33
4	Testmessungen ausgewählter Zählsysteme	35
4.1	Ziel	35
4.2	Methodik und Messkonzept	35
4.3	Straßensituationen und Auswahl Teststandorte	35
4.3.1	Eine Fahrtrichtung ohne FußgängerInnen	36
4.3.2	Eine Fahrtrichtung mit FußgängerInnen	38
4.3.3	Zwei Fahrtrichtungen ohne FußgängerInnen	38
4.3.4	Zwei Fahrtrichtungen mit FußgängerInnen	40

4.3.5 Mischverkehr.....	41
4.4 Messgeräte für Messungen.....	42
4.4.1 DataCollect SDR (Technische Universität Graz)	42
4.4.2 Sierzega Seitenradar SR4 (Technische Universität Graz)	44
4.4.3 Eco Counter TUBES (Technische Universität Graz)	45
4.4.4 Eco Counter CITIX 3D (Stadt Graz)	46
4.4.5 CAT Traffic BikeCounter (Land Steiermark).....	47
4.4.6 Händische Zählung	48
4.5 Abstimmung Stadt Graz.....	49
4.5.1 Straßenamt.....	49
4.5.2 Straßenmeister	50
4.5.3 Öffentliche Beleuchtung	51
4.5.4 Fazit	52
4.6 Messungen	54
4.6.1 Messstandort 1: Wetzelsdorfer Straße.....	54
4.6.2 Messstandort 2: Glacisstraße.....	56
4.6.3 Messstandort 3: Technikerstraße	59
4.6.4 Messstandort 4: Klosterwiesgasse	60
4.6.5 Messstandort 5: Keplerbrücke	62
4.6.6 Messstandort 6: Rechbauerstraße.....	65
5 Datenauswertung.....	68
5.1 Ablauf und Methodik.....	68
5.1.1 Messstandort 1: Wetzelsdorfer Straße	68
5.1.2 Messstandort 2: Glacisstraße.....	73
5.1.3 Messstandort 3: Technikerstraße	77
5.1.4 Messstandort 4: Klosterwiesgasse	81
5.1.5 Messstandort 5: Keplerbrücke	86
5.1.6 Messstandort 6: Rechbauerstraße.....	91
5.2 Ergebnisse.....	96
6 Statistische Tests	98
6.1 Zweistichproben-t-Test	98
6.1.1 Messstandort 1 – Wetzelsdorfer Straße	99
6.1.2 Messstandort 2 – Glacisstraße.....	100
6.1.3 Messstandort 3 – Technikerstraße	101
6.1.4 Messstandort 4 – Klosterwiesgasse	101
6.1.5 Messstandort 5 – Keplerbrücke	102
6.1.6 Messstandort 6 - Rechbauerstraße.....	103

6.2	Chi-Quadrat-Anpassungstest (χ^2 -Test)	104
6.2.1	Messstandorte – Messgeräte	105
6.2.2	Straßensituation – Messgeräte	106
7	Zusammenfassung	108
7.1	Marktanalyse vorhandener Produkte	108
7.2	Typisierung der Produkte	108
7.3	Testmessungen ausgewählter Zählsysteme	108
7.4	Datenauswertung	109
7.5	Statistische Tests	109
8	Empfehlung & Ausblick	111
8.1	Empfehlung	111
8.1.1	Typisierungsparameter für Messgeräte	111
8.1.2	Behördliche Rahmenbedingungen	115
8.1.3	Messstandort	115
8.1.4	Datenauswertung	116
8.2	Nächste Schritte und Ausblick	116
9	Literaturverzeichnis	118
10	Anhang	121
10.1	Anhang: Messstandort 1 Wetzelsdorfer Straße	121
10.2	Anhang: Messstandort 2 Glacisstraße	125
10.3	Anhang: Messstandort 3 Technikerstraße	129
10.4	Anhang: Messstandort 4 Klosterwiesgasse	133
10.5	Anhang: Messstandort 5 Keplerbrücke	137
10.6	Anhang: Messstandort 6 Rechbauerstraße	141
10.7	Anhang: Kreuztabellen (χ^2 -Test) Messstandorte – Messgeräte	145
10.8	Anhang: Kreuztabellen (χ^2 -Test) 2 Richtungen + FußgängerInnen – Messgeräte	146
10.9	Anhang: Kreuztabellen (χ^2 -Test) Mischverkehr – Messgeräte	147

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Modal Split der Stadt Graz (Stadt Graz, 2019a).....	1
Abbildung 2:	Karte der Dauerzählstellen für Radverkehr in Wien 2003 (Stadt Wien, 2009)	4
Abbildung 3:	Rad-Barometer in Vorarlberg (Land Vorarlberg, 2019).....	7
Abbildung 4:	Zählstelle Land Steiermark – Kärntnerstraße.....	8
Abbildung 5:	Zählstelle Land Steiermark – Wetzelsdorfer Straße.....	8
Abbildung 6:	Zählstelle Land Steiermark Eggenberger Gürtel.....	9
Abbildung 7:	Zählstelle Stadt Graz – Bertha-von-Suttner-Brücke	9
Abbildung 8:	Zählstelle Stadt Graz – Augarten	9
Abbildung 9:	Zählstelle Stadt Graz – Korösisstraße.....	10
Abbildung 10:	Zählstelle Stadt Graz – Keplerbrücke.....	10
Abbildung 11:	Zählstelle Stadt Graz – Glacisstraße	10
Abbildung 12:	Auswertung der Zählstellen der Stadt Graz März 2019 (Stadt Graz, 2019b)	11
Abbildung 13:	SDR bike von DataCollect (DataCollect Traffic Systems GmbH, 2019).....	13
Abbildung 14:	eTube bike von DataCollect (DataCollect Traffic Systems GmbH, 2019)	14
Abbildung 15:	CAT Traffic Radzählstelle Steinerne Brücke Klagenfurt.....	15
Abbildung 16:	TUBES von Eco Counter (Eco-Counter Eco Compteur, [Flickr], 2011).....	16
Abbildung 17:	MULTI Mobil von Eco Counter (Eco Counter, [Twitter], 2017).....	17
Abbildung 18:	Zählstelle des Unternehmens Schuh und Co KG in Andelsbuch, Vorarlberg (Schuh & Co. GmbH, 2019).....	18
Abbildung 19:	Anwendungsbeispiele awareAI (Siemens Mobility GmbH, 2019).....	21
Abbildung 20:	Exemplarische Auswertung auf der Homepage von Telraam (Telraam, 2019).....	23
Abbildung 21:	St.-Peter-Hauptstraße Abzweigung Raaba	36
Abbildung 22:	Murradweg Höhe Murinsel	37
Abbildung 23:	Technikerstraße	38
Abbildung 24:	Murradweg auf Höhe des Andreas-Hofer-Platzes.....	39
Abbildung 25:	Radweg entlang Glacisstraße	40
Abbildung 26:	Stationäre Radzählstelle Land Steiermark in der Wetzelsdorfer Straße	41
Abbildung 27:	Stationäre Radzählstelle Land Steiermark in der Kärntner Straße	41
Abbildung 28:	Klosterwiesgasse.....	42
Abbildung 29:	DataCollect SDR Aufbau.....	43
Abbildung 30:	DataCollect SDR Halterung	43
Abbildung 31:	DataCollect SDR Akku und Messgerät	43
Abbildung 32:	Sierzega SR4 Aufbau	44
Abbildung 33:	Sierzega SR4 Innenansicht	44
Abbildung 34:	TUBES – Testaufbau 1.....	45
Abbildung 35:	TUBES – Testaufbau 2.....	46
Abbildung 36:	Eco Counter CITIX 3D.....	47
Abbildung 37:	Ausschnitt händische Zählung	48
Abbildung 38:	Testaufbau TU Graz	50
Abbildung 39:	Abspannmast Murinsel.....	51
Abbildung 40:	Übersicht Messkonzept	53
Abbildung 41:	Wetzelsdorfer Straße – Zählstellenaufbau.....	54

Abbildung 42: Zählgerät Sierzega SR4 Wetzelsdorfer Straße	55
Abbildung 43: Zählstelle der Stadt Graz am Radweg Glacisstraße.....	57
Abbildung 44: Zählgeräte Glacis	58
Abbildung 45: Zählgeräte Technikerstraße.....	59
Abbildung 46: Zählgeräte Klosterwiesgasse	61
Abbildung 47: Messstelle Keplerbrücke – CITIX 3D	63
Abbildung 48: Messstelle Keplerbrücke.....	63
Abbildung 49: Screenshot Telraam Geräteeinrichtung	65
Abbildung 50: Zählgeräte Rechbauerstraße	66

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht Radzählstellensysteme in Österreich (Stand der Recherche 10.07.2019) ..	12
Tabelle 2:	Vor- und Nachteile Pneumatischer Schlauch (in Anlehnung an Muhar et al., 2002) ..	25
Tabelle 3:	Vor- und Nachteile Piezoelektrischer Sensoren (in Anlehnung an Piezocryst Advanced Sensorics GmbH, 2019)	26
Tabelle 4:	Vor- und Nachteile Induktionsschleifen (in Anlehnung an Garcia & Keegan, 2017 und Bütler et al., 2010)	27
Tabelle 5:	Vor- und Nachteile Radarsensoren (in Anlehnung an Bütler et al., 2010)	27
Tabelle 6:	Vor- und Nachteile Radarsensoren (in Anlehnung an Bütler et al., 2010)	28
Tabelle 7:	Vor- und Nachteile Kamerasensoren (in Anlehnung an Bütler et al., 2010)	28
Tabelle 8:	Zusammenfassung Typisierungsparameter	33
Tabelle 9:	Messstandort 1 – Ungefilterte Kenngrößen	69
Tabelle 10:	Messstandort 1 – Gefilterte Kenngrößen	69
Tabelle 11:	Tageswerte Messstandort 1 – Wetzelsdorfer Straße	70
Tabelle 12:	Stundenwerte Wetzelsdorfer Straße - stadtauswärts	71
Tabelle 13:	Stundenwerte Wetzelsdorfer Straße – stadteinwärts	71
Tabelle 14:	5-Minuten-Intervalle Wetzelsdorfer Straße - stadtauswärts	72
Tabelle 15:	Messstandort 2 – Ungefilterte Kenngrößen	73
Tabelle 16:	Messstandort 2 – Gefilterte Kenngrößen	73
Tabelle 17:	Tageswerte Messstandort 2 – Glacisstraße	74
Tabelle 18:	Stundenwerte Glacisstraße - stadtauswärts	75
Tabelle 19:	Stundenwerte Glacisstraße – stadteinwärts	76
Tabelle 20:	5-Minuten-Intervalle Glacisstraße - stadtauswärts	77
Tabelle 21:	Messstandort 3 – Ungefilterte Kenngrößen	78
Tabelle 22:	Messstandort 3 – Gefilterte Kenngrößen	78
Tabelle 23:	Tageswerte Messstandort 3 – Technikerstraße	79
Tabelle 24:	Stundenwerte Technikerstraße - stadtauswärts	80
Tabelle 25:	Stundenwerte Technikerstraße - stadteinwärts	80
Tabelle 26:	5-Minuten-Intervalle Technikerstraße - stadtauswärts	81
Tabelle 27:	Messstandort 4 – Ungefilterte Kenngrößen	82
Tabelle 28:	Messstandort 4 – Gefilterte Kenngrößen	82
Tabelle 29:	Tageswerte Messstandort 4 – Klosterwiesgasse	83
Tabelle 30:	Stundenwerte Klosterwiesgasse - stadtauswärts	84
Tabelle 31:	Stundenwerte Klosterwiesgasse - stadteinwärts	84
Tabelle 32:	5-Minuten-Intervalle Klosterwiesgasse - stadtauswärts	85
Tabelle 33:	Messstandort 5 – Ungefilterte Kenngrößen	86
Tabelle 34:	Messstandort 5 – Gefilterte Kenngrößen	86
Tabelle 35:	Tageswerte Messstandort 5 – Keplerbrücke	87
Tabelle 36:	Stundenwerte Keplerbrücke - stadtauswärts stationär	88
Tabelle 37:	Stundenwerte Keplerbrücke – stadteinwärts stationär	88
Tabelle 38:	Stundenwerte Keplerbrücke – stadtauswärts mobil	89
Tabelle 39:	Stundenwerte Keplerbrücke – stadteinwärts mobil	89
Tabelle 40:	5-Minuten-Intervalle Keplerbrücke - stadtauswärts	90

Tabelle 41:	Messstandort 6 – Ungefilterte Kenngrößen.....	91
Tabelle 42:	Messstandort 6 – Gefilterte Kenngrößen.....	92
Tabelle 43:	Tageswerte Messstandort 6 – Rechbauerstraße.....	92
Tabelle 44:	reduzierter Tagesvergleich Messstandort 6 – Rechbauerstraße Telraam	93
Tabelle 45:	Stundenwerte Rechbauerstraße - stadtauswärts.....	94
Tabelle 46:	Stundenwerte Rechbauerstraße - stadteinwärts	94
Tabelle 47:	5-Minuten-Intervalle Rechbauerstraße - stadtauswärts	96
Tabelle 48:	Ergebnisse Datenauswertung.....	97
Tabelle 49:	t-Test Messstandort 1 (5-Minuten-Intervalle).....	99
Tabelle 50:	t-Test Messstandort 1 (Stundenwerte)	99
Tabelle 51:	t-Test Messstandort 2 (5-Minuten-Intervalle).....	100
Tabelle 52:	t-Test Messstandort 2 (Stundenwerte)	100
Tabelle 53:	t-Test Messstandort 3 (5-Minuten-Intervalle).....	101
Tabelle 54:	t-Test Messstandort 3 (Stundenwerte)	101
Tabelle 55:	t-Test Messstandort 4 (5-Minuten-Intervalle).....	102
Tabelle 56:	t-Test Messstandort 4 (Stundenwerte)	102
Tabelle 57:	t-Test Messstandort 5 stationär (Stundenwerte).....	102
Tabelle 58:	t-Test Messstandort 5 mobil (5-Minuten-Intervalle)	103
Tabelle 59:	t-Test Messstandort 5 mobil (Stundenwerte)	103
Tabelle 60:	t-Test Messstandort 6 (5-Minuten-Intervalle).....	104
Tabelle 61:	t-Test Messstandort 6 (Stundenwerte)	104
Tabelle 62:	χ^2 -Test: Messstandorte – Messgeräte	106
Tabelle 63:	χ^2 -Test: Straßensituation (2 Richtungen & FußgängerInnen) – Messgeräte	106
Tabelle 64:	χ^2 -Test: Straßensituation (Mischverkehr) – Messgeräte	107
Tabelle 65:	Liste der Typisierungsparameter	112
Tabelle 66:	5-Minuten-Intervalle Wetzelsdorfer Straße - stadtauswärts	121
Tabelle 67:	5-Minuten-Intervalle Wetzelsdorfer Straße - stadteinwärts.....	123
Tabelle 68:	5-Minuten-Intervalle Glacisstraße - stadtauswärts.....	125
Tabelle 69:	5-Minuten-Intervalle Glacisstraße - stadteinwärts	127
Tabelle 70:	5-Minuten-Intervalle Technikerstraße - stadtauswärts.....	129
Tabelle 71:	5-Minuten-Intervalle Technikerstraße - stadteinwärts	131
Tabelle 72:	5-Minuten-Intervalle Klosterwiesgasse - stadtauswärts	133
Tabelle 73:	5-Minuten-Intervalle Klosterwiesgasse - stadteinwärts.....	135
Tabelle 74:	5-Minuten-Intervalle Keplerbrücke - stadtauswärts	137
Tabelle 75:	5-Minuten-Intervalle Keplerbrücke - stadteinwärts.....	139
Tabelle 76:	5-Minuten-Intervalle Rechbauerstraße - stadtauswärts	141
Tabelle 77:	5-Minuten-Intervalle Rechbauerstraße - stadteinwärts.....	143
Tabelle 78:	Kreuztabelle 1 Messstandorte - Messgeräte stadtauswärts	145
Tabelle 79:	Kreuztabelle 2 Messstandorte - Messgeräte stadtauswärts	145
Tabelle 80:	Kreuztabelle 3 Messstandorte - Messgeräte stadtauswärts	145
Tabelle 81:	Kreuztabelle 1 Messstandorte - Messgeräte stadteinwärts.....	145
Tabelle 82:	Kreuztabelle 2 Messstandorte - Messgeräte stadteinwärts.....	145
Tabelle 83:	Kreuztabelle 3 Messstandorte - Messgeräte stadteinwärts.....	145
Tabelle 84:	Kreuztabelle 1 2Richtungen+FußgängerInnen - Messgeräte stadtauswärts.....	146
Tabelle 85:	Kreuztabelle 2 2Richtungen+FußgängerInnen - Messgeräte stadtauswärts.....	146

Tabelle 86:	Kreuztabelle 3 2Richtungen+FußgängerInnen - Messgeräte stadtauswärts.....	146
Tabelle 87:	Kreuztabelle 1 2Richtungen+FußgängerInnen - Messgeräte stadteinwärts	146
Tabelle 88:	Kreuztabelle 2 2Richtungen+FußgängerInnen - Messgeräte stadteinwärts	146
Tabelle 89:	Kreuztabelle 3 2Richtungen+FußgängerInnen - Messgeräte stadteinwärts	146
Tabelle 90:	Kreuztabelle 1 Mischverkehr - Messgeräte stadtauswärts	147
Tabelle 91:	Kreuztabelle 2 Mischverkehr - Messgeräte stadtauswärts	147
Tabelle 92:	Kreuztabelle 3 Mischverkehr - Messgeräte stadtauswärts	147
Tabelle 93:	Kreuztabelle 1 Mischverkehr - Messgeräte stadteinwärts.....	147
Tabelle 94:	Kreuztabelle 2 Mischverkehr - Messgeräte stadteinwärts.....	147
Tabelle 95:	Kreuztabelle 3 Mischverkehr - Messgeräte stadteinwärts.....	147

Abkürzungen

BMVIT	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
GPRS	General Packet Radio Service
GIS	Geoinformationssystem
GSM	Global System for Mobile Communications
KfV	Kuratorium für Verkehrssicherheit
LTE	Long Term Evolution
PIR	Passiv-Infrarot Sensor
POI	Point of Interest
VLSA	Verkehrslichtsignalanlage

1 Einleitung

Immer mehr Städte setzen auf den Radverkehr. Best-Practice-Beispiele aus Fahrradnationen, wie den Niederlanden oder Dänemark, werden in zahlreichen Städten Europas kopiert. Der Trend die Bewohner zum Umstieg auf das Rad zu motivieren wird durch steigenden Platzmangel, Parkdruck und auch schlechter werdende Luft im urbanen Raum gesteigert. Ambitionierte Umwelt- und Klimaschutzziele tragen ebenso stark dazu bei, betroffene Städte und Länder zum Umdenken zu bewegen.

Jedoch liegen nach wie vor die meisten europäischen Städte beim Modal Split Anteil der RadfahrerInnen hinter den dezidierten Fahrradnationen. Städte wie Houten und Eindhoven (beide Niederlande) glänzen mit Verkehrsmittelanteilen von über 40 % für das Fahrrad. (EPOMM – European Platform on Mobility Management, 2011)

Anders als in den meisten Fahrradnationen ist in Österreich das Auto der vorherrschende Verkehrsmodus, dies ist nicht nur in Verkehrserhebungen ersichtlich, sondern auch im heutigen Straßenbild. Das Auto bekommt prozentuell gesehen, den größten Anteil am Straßenraum für Straßen und Abstellflächen. Verkehrsteilnehmer, die auf sanfte Mobilität setzen, wie RadfahrerInnen und FußgängerInnen, müssen sich die restlichen Flächen teilen. Soll nun die sanfte Mobilität gestärkt werden, stehen Städte und Gemeinden vor der großen Herausforderung, den Straßenraum neu verteilen zu müssen. Neue Infrastruktur muss geschaffen und in die vorhandenen Strukturen eingepasst werden, möglichst ohne Grünraum und Grünflächen dafür zu reduzieren. Diese Thematik ist bekanntermaßen konfliktbehaftet und viele Städte und Gemeinden finden sich zwischen den Fronten wieder. Ein wichtiges Instrument in diesem Konflikt sind verlässliche Daten zu Verkehrszahlen, aber nicht nur für den motorisierten Individualverkehr, sondern für alle Verkehrsmodi.

Die Stadt Graz führt seit 1982 in regelmäßigen Abständen eine Stichtagserhebung zum Mobilitätsverhalten der Grazer Wohnbevölkerung durch. Dabei wurden alle Befragungen nach derselben Methode durchgeführt und es können somit auch längerfristige Veränderungen beobachtet werden. Abbildung 1 zeigt den Modal Split der Stadt Graz im Laufe der Jahre dargestellt.

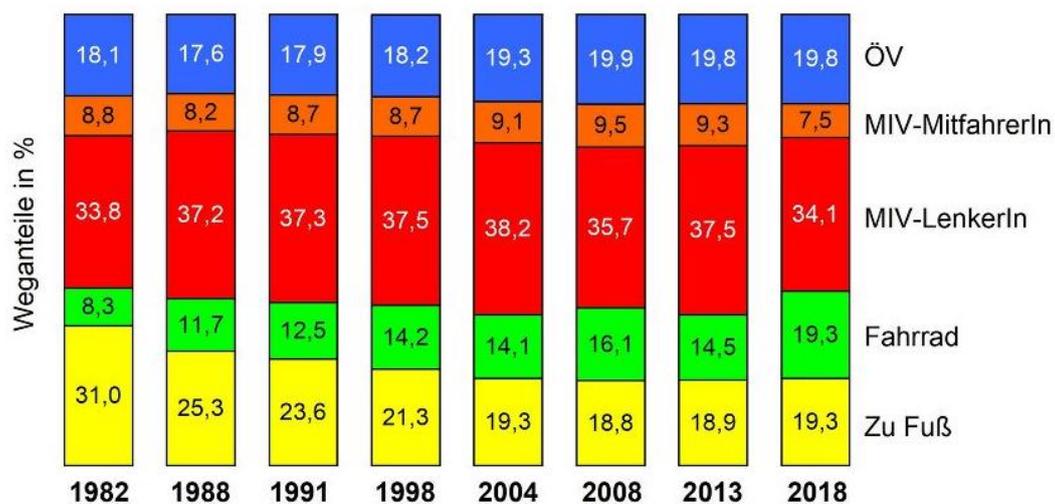


Abbildung 1: Modal Split der Stadt Graz (Stadt Graz, 2019a)

In Graz konnte in der letzten Verkehrserhebung im Jahr 2018 ein deutlicher Anstieg des Radverkehrsanteils verzeichnet werden. Die Stadt Graz nimmt auf ihrer Homepage dazu Stellung und begründet den Anstieg mit zahlreichen, umgesetzten Maßnahmen zur Verbesserung der Bedingungen für RadfahrerInnen, sowie dem außergewöhnlich niederschlagsfreien Wetter im Erhebungszeitraum (Oktober bis Mitte November 2018). (Stadt Graz, 2019a)

Zur Validierung des überaus positiven Trends ist es maßgeblich, sich bei der Erhebung von Fahrraddaten nicht ausschließlich auf Verkehrserhebungen z.B. in Form von Umfragen zu beschränken. Damit umgesetzte Maßnahmen zielgerichtet evaluiert werden können, bedarf es aktueller Zahlen zum Radverkehr. Wichtig ist hierbei ein spezifischer, auf das Gebiet abgestimmter Mix aus stationären und mobilen Zählgeräten. Mobile Geräte dienen dazu, lokale Zählungen vor und nach der Umsetzung von Maßnahmen durchzuführen und so die direkte Wirksamkeit überprüfen zu können. Stationäre (oder auch Dauer-) Zählstellen können hingegen Langzeitauswirkungen und Verlagerungseffekte erfassen.

1.1 Motivation

In Graz gibt es fünf Dauerzählstellen, die seit dem Jahr 2004 im Einsatz sind. Nach mehr als 15 Jahren steht nun die Überlegung im Raum, diese Zählstellen zu modernisieren. Gerade im Hinblick auf die geplanten starken Investitionen in den Radverkehr ist die Errichtung eines flächendeckenden Systems zur Erhebung von Fahrraddaten ein wichtiger Schritt, um die Auswirkungen und auch die Wirksamkeit der Investitionen dokumentieren zu können.

Die vorliegende Arbeit soll eine Grundlage und ein Wegweiser für die Entscheidungsfindung bei der Anschaffung von Messgeräten für den Radverkehr sein. Die Erkenntnisse der Arbeit stellen eine Hilfe dar, welche Parameter schon vor dem Kauf und auch bei der Auswahl eines geeigneten Standortes wichtig sind. Nicht nur die erwartete Verkehrsstärke, sondern auch gegebene Straßensituation soll schon in die Planung eines gesamtheitlichen Systems zur Erhebung von Fahrraddaten einbezogen werden. Diese Diplomarbeit soll einen Denkanstoß für Städte, Länder und Gemeinden bieten, um sich ernsthafte Gedanken über die Investition in sanfte Mobilität und die dazugehörigen Rahmenbedingungen zu machen.

1.2 Gliederung und Zielsetzung der Arbeit

Der Einstieg in die Thematik dieser Masterarbeit erfolgt über eine Recherche, welche Systeme und Anbieter am Markt zurzeit präsent sind. Der Fokus dieser Recherche liegt auf europäischen Systemen, abschließend wird ein kurzer Blick auf außereuropäische Anbieter geworfen. Im nächsten Schritt soll geklärt werden, wie österreichische Bundesländer und Städte mit der Erfassung von Radverkehr umgehen. Über Kontaktaufnahme mit den öffentlichen Stellen wird ein Überblick über die Situation in Österreich gegeben. Die Erhebung umfasst die Art, Anzahl und den Einsatz von Zählgeräten, die Datenauswertung und auch das verfolgte Gesamtkonzept für den Radverkehr.

Ein eigenes Kapitel wird der Typisierung von Zählstellen gewidmet. Dabei werden die wichtigsten Unterscheidungskriterien zwischen den recherchierten Zählssystemen angeführt und die jeweiligen Vor- und Nachteile diskutiert. Bei der Auswahl einer geeigneten Zählstelle spielen diese Kriterien eine wichtige Rolle, da sie an die jeweilige Einsatzsituation angepasst werden müssen.

Ein wichtiger Teil der Arbeit besteht in der Durchführung von Messungen im Realbetrieb. Für diesen Punkt werden vom Institut für Straßen- und Verkehrswesen Zählgeräten auf Basis der anfänglichen Recherche angeschafft. Neben neuen Geräten werden stationäre Bestandsgeräte in den Vergleich miteinbezogen, wodurch eine möglichst breite Palette an Geräten und Funktionsweisen abgedeckt

wird. Als Teststandorte wurden unterschiedliche Verkehrssituationen für RadfahrerInnen ausgewählt. Die aus diesen Messungen gewonnenen Daten fließen in den anschließenden Vergleich ein. Ein statistischer Test soll die Aussagekraft der Datensätze bewiesen werden. Abschließend wird ein Benchmarking der getesteten Geräte und Funktionsweisen durchgeführt und eine Empfehlung für die Auswahl und den Einsatz von Verkehrserfassungsgeräten gegeben. Diese wird keine spezielle Umsetzungslösung für Graz darstellen und keine Empfehlung für Art und Zählstellenstandorte beinhalten.

Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit ist es, einerseits eine Übersicht über den europäischen Markt und die bisherige Anwendung von Verkehrserfassungsgeräten für den Radverkehr in Österreich zu geben. Andererseits sollen aus den durchgeführten Tests und erhobenen Daten Schlüsse gezogen werden, worauf bei der Planung und Umsetzung eines umfassenden Konzeptes zur Erfassung von Fahrraddaten beachtet werden muss.

2 Marktanalyse vorhandener Produkte

Am Beginn dieser Masterarbeit steht eine Recherche der Systeme, die von öffentlichen Stellen in Österreich verwendet werden, um Radverkehr zu erfassen. Diese Unternehmen werden näher beschrieben. Darauf folgt eine Recherche der am europäischen Markt verfügbaren Systeme.

2.1 Öffentliche Stellen

Die in diesem Kapitel angeführten Informationen stützen sich einerseits auf die Informationen der einzelnen Städte und Bundesländer, die auf ihren Websites zu finden sind. Andererseits wurde versucht mit Vertretern aller öffentlichen Stellen ein Telefongespräch zu führen.

Bei diesen Telefongesprächen wurde nachgefragt, ob Systeme zur Radverkehrserfassung verwendet werden, welche Systeme eingesetzt werden und ob damit eine bestimmte Strategie verfolgt wird. Vereinzelt wurden auch Fragen zur Auswertung der Daten und deren Verwendung gestellt.

2.1.1 Wien

Bereits im Jahr 2002 wurden vier Radzählstellen im Wiener Hauptradverkehrsnetz installiert. Ausgewählt wurden Standorte, an denen sich Ausbildungs-, Berufs- und Freizeitverkehr überschneiden. Zusätzlich wurde darauf geachtet, dass zwei Zählstellen an Radialrouten, eine an einer Tangentialroute und eine im Zentrum angebracht wurde. Im Folgejahr wurden weitere vier Standorte realisiert. Die folgende Abbildung 2 zeigt diese acht Zählstellen, welche bis zum Jahr 2003 installiert wurden.

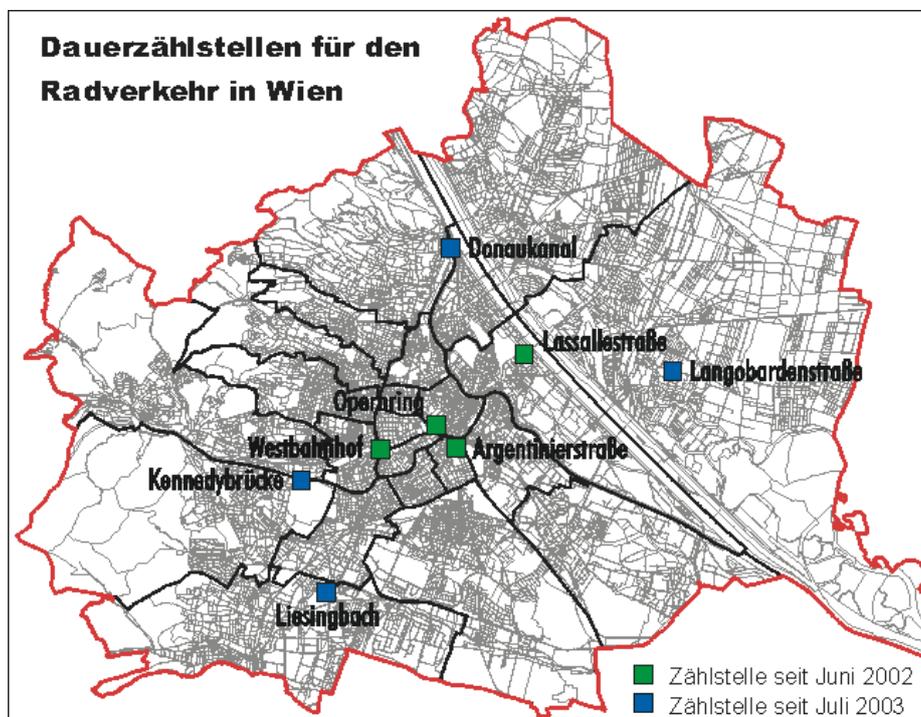


Abbildung 2: Karte der Dauerzählstellen für Radverkehr in Wien 2003 (Stadt Wien, 2009)

Bei der in Wien verwendeten Messtechnik handelte es sich zu Beginn bei allen acht Standorten um Radarmessgeräte. Zur Beschränkung auf RadfahrerInnen wurde erst ab einer Mindestlänge und Mindestgeschwindigkeit detektiert. Im Jahr 2009 wurde die Zählstelle Westbahnhof versetzt und

erneuert. Die Entscheidung fiel dabei auf ein fix in die Radwegoberfläche verbautes Induktionsschleifensystem. (Stadt Wien, 2009)

Mittlerweile liegt die Zuständigkeit für die Radzählstellen bei der Abteilung für Verkehrsorganisation und technische Verkehrsangelegenheiten (MA 46). Im Zuge der Übernahme wurden alle Zählstellen im Jahr 2011 mit einer neuen Erfassungstechnik ausgestattet. Dabei handelt es sich bei allen Zählstellen um Induktionsschleifen des Unternehmens Eco Counter.

Die Stadt Wien besitzt 14 Radzählstellen an den folgenden Standorten: Argentinierstraße, Donaukanal, Langobardenstraße, Lassallestraße, Liesingbach, Neubaugürtel, Opernring, Opernring innen und außen, Wienzeile, Margaritensteg, Operngasse, Praterstern und Pfeilgasse.

Die Auswertung der erfassten Daten wird in Kooperation mit nast consulting durchgeführt. Alle Daten und Auswertungen sind öffentlich einsehbar auf der Homepage von nast consulting. [Gespräch mit Ing. Martin Schipany, Stadt Wien, am 06.05.2019] (Nast Consulting, 2013)

2.1.2 Niederösterreich

Das Land Niederösterreich besitzt selbst keine Radzählstellen, allerdings betreibt die Donau Niederösterreich Tourismus GmbH, laut der Auskunft von DI Wolfgang Schöwel vom Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Zählstellen am Donauradweg. Eine Anfrage bei der Donau Niederösterreich Tourismus GmbH zu weiteren Auskünften blieb leider ohne Erfolg.

Die Stadt St. Pölten besitzt 3 fixe Radzählstellen, dabei handelt es sich um Induktionsschleifen des Unternehmens Eco Counter. Angekauft wurden die Geräte von des Unternehmens GPV Günther Pichler Verkehrstechnik, die in Österreich für den Vertrieb der Geräte von Eco Counter verantwortlich sind. Die Standorte der Zählstellen sind die Schulgasse, der Hauptbahnhof und der Traisentalradweg.

Die Auswertung der Daten erfolgt magistratsintern mit dem mitgelieferten Auswertungstool EcoVisio. [Auskunft von DI Alexander Schmidbauer, Magistrat St. Pölten, am 10.07.2019]

2.1.3 Oberösterreich

Das Land Oberösterreich betreibt momentan zwei Dauerzählstellen an den Hauptradrouten. Die Zählstellen befinden sich am Radweg Steyreggerbrücke und am Radweg Puchenu-Linz. Bei den vorhandenen Zählstellen handelt es sich um Induktionsschleifen des Unternehmens CAT Traffic, die in Österreich von VKT Verkehrs- und Telekommunikationstechnik GmbH vertrieben werden. Die Datenauswertung wird vom Land Oberösterreich amtsintern mithilfe von Excel durchgeführt.

Zusätzlich zu den beiden fixen Systemen besitzt das Land Oberösterreich noch einige mobile Geräte. Dabei handelt es sich um Seitenradargeräte, welche hauptsächlich auf separaten Radwegen eingesetzt werden. [Auskunft von Ing. Berthold Pfeiffer, Land Oberösterreich, 02.07.2019]

Laut Herrn Pfeiffer besitzt die WGD-Werbegemeinschaft Donau auch acht fixe Radzählstellen entlang des Donauradweges. Das Land Oberösterreich kann auf diese Daten zugreifen. Bei den Geräten handelt es sich um Induktionsschleifen des Unternehmens Eco Counter. Bei der WGD erfolgt die Auswertung und Datenbereitstellung allerdings über das Auswertungstool EcoVisio, welches von dem Unternehmen mitgeliefert wird.

Das Land Oberösterreich führt zusätzlich zu dieser dauerhaften Erhebung des Radfahreraufkommens auch alle 10 Jahre eine Verkehrserhebung durch, wobei die letzte im Jahr 2012 stattfand. Bei dieser Befragung wird aber das Gesamtverkehrsverhalten der Bewohner abgefragt und nicht speziell die Nutzung des Fahrrads. (Land Oberösterreich, 2013)

Die Stadt Linz besitzt insgesamt vier Radzählstellen, von denen momentan drei in Betrieb sind. Die Radzählstelle auf der Eisenbahnbrücke soll aber möglichst bald ersetzt werden. Als System werden bei allen Zählstellen Induktionsschleifen des Unternehmens Eco Counter verwendet. [Gespräch mit DI Rainer Doppelmair, Stadt Linz, am 06.05.2019]

2.1.4 Salzburg

In Salzburg haben sowohl Stadt als auch Land eigene Strategien zu Erhöhung des Radfahreranteils entwickelt. Die Stadt Salzburg hat im Jahr 2017 ein Maßnahmenkatalog „Radverkehrsstrategie 2025+“ beschlossen, wodurch eine Steigerung des Radverkehrsanteils von 20 auf 24 % erreicht werden soll. (Naderer, 2018)

Vom Land Salzburg wird im Moment nur eine fixe Zählstelle an der Ischlerbahnstraße im Norden der Stadt betrieben und eine weitere ist in Planung. Bei der vorhandenen Zählstelle wird der Radverkehr mittels einer Induktionsschleife des Unternehmens Eco Counter gemessen. Zusätzlich werden mobile Zählstellen vor und nach der Errichtung von Radwegen verwendet, um die Auswirkungen festzustellen. [Gespräch mit Mag. Ursula Hemetsberger und Auskunft von Mag. Ulrike Eberhardt, beide Land Salzburg, am 16.04.2019 und 03.07.2019]

Die Stadt Salzburg besitzt derzeit sechs Radzählstellen, von denen aber im Moment aufgrund von Bauarbeiten nur fünf in Betrieb sind. Alle Messpunkte sind mit Induktionsschleifen des Unternehmens Eco Counter ausgestattet und werden vom österreichischen Vertriebspartner betreut. Die Zuständigen bei der Stadt Salzburg können online über das Auswertungstool EcoVisio auf die gemessenen Daten zugreifen. [Gespräch mit Ing. Peter Weiss, Stadt Salzburg, am 06.05.2019]

2.1.5 Tirol

Vom Land Tirol werden derzeit vier Zählquerschnitte betrieben. Dabei handelt es sich um Induktionsschleifen des Unternehmens CAT Traffic, welche in Österreich vom Unternehmen VKT Verkehrs- und Telekommunikationstechnik GmbH vertrieben wird. Dieses Unternehmen ist auch mit der laufenden Wartung beauftragt. Die Daten werden täglich einmal nachts vom Zählgerät mittels GPRS an die Datenbank des Landes übermittelt. Am Folgetag können somit Analysen mithilfe einer eigenen Softwareanwendung (zur Verwaltung, Plausibilisierung und Auswertung von Verkehrsdaten) durchgeführt werden. [Auskunft von Florian Haidacher, Land Tirol, am 03.07.2019]

Die Stadt Innsbruck betreibt insgesamt acht Radzählstellen im Stadtgebiet. Weitere drei Zählstellen werden vom Land Tirol betrieben. Es erfolgt ein Datenaustausch zwischen Stadt und Land. Die letzte Zählstelle, die von der Stadt Innsbruck installiert wurde, ist seit August 2018 in Betrieb. Dabei handelt es sich um eine Induktionsschleife mit optischer Anzeige. (Regionews.at, 2018)

2.1.6 Vorarlberg

Das Land Vorarlberg besitzt zurzeit 16 Zählstellen und im Jahr 2019 soll zusätzlich noch ein mobiles Zählgerät angeschafft werden. Drei der 16 Zählstellen sind mit einem Barometer ausgestattet, eine Beispielstelle hierfür ist in Abbildung 3 dargestellt. Den PassantInnen werden jährliche und tägliche Zählzahlen angezeigt. Die vorhandenen Zählstellen wurden vom Unternehmen Schuh & Co GmbH beschafft. Die erfassten Daten werden per Mobilfunk an einen Verkehrsdatenserver des Landes gesendet. Dabei werden stündliche Daten übergeben und von dort einmal täglich an den GIS-Server des Landes übertragen. Veröffentlicht werden die Daten wochenaktuell mit ca. vier Tagen Verzögerung. Alle zwei Jahre werden die Daten mittels Videozählung von einem Ingenieurbüro

plausibilisiert. [Auskunft von DI Martin Fenkart, Amt der Vorarlberger Landesregierung, am 29.07.2019]



Abbildung 3: Rad-Barometer in Vorarlberg (Land Vorarlberg, 2019)

Die Stadt Bregenz besitzt selbst keine Raddauerzählstellen. Laut Auskunft von Fr. Kremmel ist aber geplant, zukünftig ein Videozählgerät für Radverkehrszählungen anzuschaffen. Für Planungen wurden bisher Daten der Raddauerzählstellen des Landes Vorarlberg verwendet oder externe Büros mit Zählungen beauftragt. [Auskunft von DI Martina Kremmel, Amt der Landeshauptstadt Bregenz, am 10.07.2019]

2.1.7 Burgenland

Weder das Land Burgenland noch die Landeshauptstadt Freistadt Eisenstadt besitzen aktuell Zählstellen zur Erfassung des Radverkehrs. [Auskunft von DI Christine Zopf-Renner, Mobilitätszentrale Burgenland, am 04.07.2019] [Ing. Gerhard Selucky, Magistrat der Landeshauptstadt Freistadt Eisenstadt, am 08.07.2019]

2.1.8 Steiermark

Das Land Steiermark besitzt im Moment vier Zählstellen, welche im Jahr 2018 im Zuge von Radwegneubauten errichtet wurden. Bei den vier neuverbauten Messgeräten handelt es sich um Induktionsschleifen der Firm CAT Traffic, deren Produkte in Österreich von VKT Verkehrs- und Telekommunikationstechnik GmbH vertrieben werden. Auffällig ist bei den Geräten des Landes Steiermark das Solarmodul, welches die Zählstelle mit Strom versorgt. Die neue verbauten Zählstellen befinden sich an folgenden Standorten: Eggenberggürtel, Kärntnerstraße, Wetzelsdorfer Straße, Ragnitzstraße.

Die in Abbildung 4 angeführte Zählstelle befindet sich in der Kärntnerstraße in der Nähe der Bushaltestelle „Graz Don Bosco Bahnhof“. Auf der Abbildung 5 ist die Zählstelle in der Wetzelsdorfer Straße ersichtlich. Der Standort wird vor allem in Zukunft eine große Bedeutung haben, da der hier gemessene Radweg eine Hauptradverbindung zum Stadtteil Reininghaus darstellt. Schon heute sind viele RadfahrerInnen auf dieser Route unterwegs.



Abbildung 4: Zählstelle Land Steiermark – Kärntnerstraße



Abbildung 5: Zählstelle Land Steiermark – Wetzelsdorfer Straße

Eine weitere Zählstelle liegt in der Ragnitzstraße vor dem Sportplatz Kainbach in der Nähe der Regionalbushaltestelle Graz Kainbachkreuz. Diese Radzählstelle unterscheidet sich von den anderen durch ihre große Entfernung zum Grazer Stadtgebiet. Bei dem Radweg handelt es sich um eine Regionalverbindung zwischen Graz und der Gemeinde Kainbach bei Graz. Der Radweg ist sehr beliebt für den Tourismus- und Freizeitverkehr.

Abbildung 6 zeigt die Zählstelle am Eggenberggürtel auf Höhe des Studentenwohnheims STUWO StudentCity Graz. Diese ist die einzige der vier neuen Zählstellen des Landes Steiermark, bei der die im Boden angebrachte Induktionsschleife nicht auf Anhieb ersichtlich ist. Während die anderen Zählstellen offensichtlich nachträglich in die oberste Schicht eingefräst wurden, wurde hier über die Induktionsschleife die Deckschicht aufgetragen.

Die Stadt Graz selbst besitzt fünf Dauerzählstellen an den Standorten Keplerbrücke, Stadtpark, Korösisstraße, Berta-von-Suttner-Brücke und Augarten. Bei allen Zählstellen handelt es sich um ein Überkopf angebrachtes Radargerät des Unternehmens Sierzega. Für den Betrieb und die Auswertung ist die Abteilung für Verkehrsplanung zuständig.

Abbildung 7 zeigt die Zählstelle neben der Bertha-von-Suttner-Brücke am westlichen Murufer. In Abbildung 8 ist die Zählstelle am Augarten dargestellt. Sie befindet sich am östlichen Murufer auf Höhe des Freibades. Bei Abbildung 9 handelt es sich um die Zählstelle in der Korösisstraße, die sich nahe des Radgeschäftes BICYCLE befindet. Abbildung 10 zeigt die Zählstelle auf der Keplerbrücke. Die fünfte Zählstelle der Stadt Graz, welche in Abbildung 11 ersichtlich ist, befindet sich am parallel zum Glacis verlaufenden Radweg. Sie ist auf der Höhe der Attemsgasse angebracht.



Abbildung 6: Zählstelle Land Steiermark Eggenberger Gürtel



Abbildung 7: Zählstelle Stadt Graz –
Bertha-von-Suttner-Brücke



Abbildung 8: Zählstelle Stadt Graz –
Augarten



Abbildung 9: Zählstelle Stadt Graz –
Korösistraße

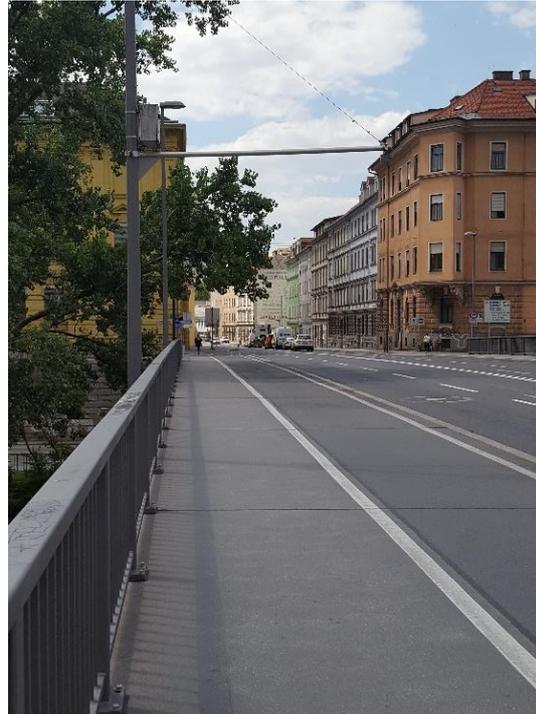


Abbildung 10: Zählstelle Stadt Graz –
Keplerbrücke



Abbildung 11: Zählstelle Stadt Graz – Glacisstraße

Die Auswertung der erfassten Radverkehrsdaten wird amtsintern von der Abteilung für Verkehrsplanung mit einer Excel-Tabelle ca. einmal pro Monat durchgeführt. Das Unternehmen Sierzega liefert summierte Stundenwerte und die Stadt erstellt weitere Grafiken. (Stadt Graz, 2019b)

Abbildung 12 zeigt solche grafische Aufbereitung der Daten, die von dem Unternehmen Sierzega an die Stadt Graz geliefert wurden. Eine Ergänzung stellen hier beispielsweise die Temperatur- und Niederschlagswerte dar.

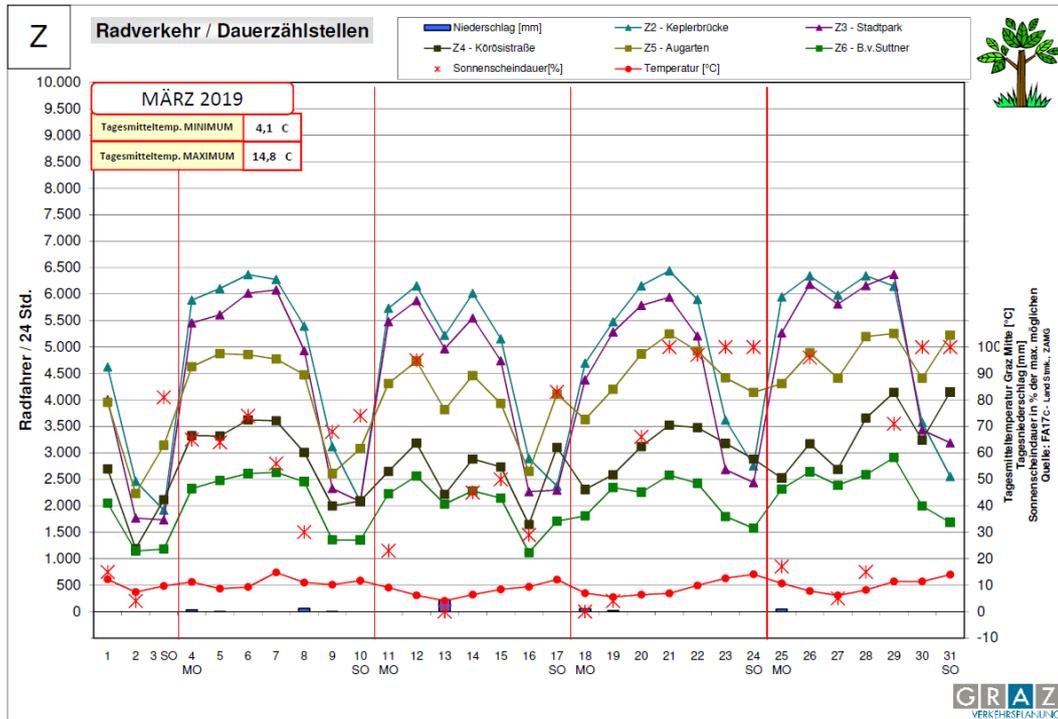


Abbildung 12: Auswertung der Zählstellen der Stadt Graz März 2019 (Stadt Graz, 2019b)

2.1.9 Kärnten

Das Land Kärnten und die Stadt Klagenfurt haben gemeinsam den Masterplan – Radfahren entwickelt. Dies ist ein wichtiger Schritt, um Rad-Vorzeigeland zu werden, wie es sich das Land Kärnten für die Zukunft vorgenommen hat. In einem ersten Bericht vom 21.02.2019 wurde eine Übersicht über die bereits umgesetzten, die noch geplanten Maßnahmen sowie erste Erfolge in der Erhöhung des Radverkehrsanteils präsentiert. Die Maßnahmen reichen von flächiger, roter Markierung von Radfahrerüberfahrten über Radabstellanlagen und Radservicestationen bis hin zu Verkehrslichtsignalanlagen. (Land Kärnten, 2019)

Dem Masterplan – Radfahren Klagenfurt kann entnommen werden, dass in Klagenfurt vier Radzählstellen geplant sind, von denen eine schon errichtet wurde. Die Zählstelle „Steinerne Brücke“ ist seit Oktober 2018 im Einsatz. Für das Jahr 2019 ist die Installation von drei weiteren Zählstellen geplant, die an repräsentativen Querschnitten den Radverkehr erfassen sollen. (Land Kärnten, 2019)

Die Stadt Klagenfurt setzt das System des Unternehmens CAT Traffic ein, welches in Österreich von dem Unternehmen VKT Verkehrs- und Kommunikationstechnik GmbH aus Linz vertrieben wird. Dieses detektiert mithilfe einer im Boden verbauten Induktionsschleife den Radverkehr. Auch für die zukünftigen drei Zählstellen soll dasselbe System angewendet werden. [Auskunft von DI Michael Cik, Institut für Straßen- und Verkehrswesen der Technischen Universität Graz, am 02.04.2019 nach Anfrage beim Land Kärnten]

2.1.10 Übersicht Radzählstellensysteme

Nachfolgend sind in Tabelle 1 die Ergebnisse der Recherche zu Radzählssystemen in den Bundesländern und deren Hauptstädten dargestellt. Die öffentlichen Stellen sind absteigend nach der Anzahl ihrer Zählstellen angeordnet.

Die Tabelle 1 zeigt, dass der Großteil der Bundesländer und Hauptstädte Messgeräte für den Radverkehr besitzt. Bis auf das Bundesland Burgenland inklusive der Hauptstadt Eisenstadt haben alle Bundesländer und zugehörigen Hauptstädte zumindest Zugang zu Radverkehrsdaten. Das Land Niederösterreich besitzt selbst keine Radzählssysteme, allerdings werden von der Donau Niederösterreich Tourismus GmbH Zählstellen betrieben. Eine Anfrage bezüglich näherer Auskünfte blieb aber unbeantwortet.

Die priorisierte Messtechnik der öffentlichen Stellen ist klar die Induktionsschleife. Als Hersteller werden die Firmen Eco Counter und CAT Traffic favorisiert. CAT Traffic und Eco Counter sind die beliebtesten Firmen zur Beschaffung von Zählgeräten für den Radverkehr.

Tabelle 1: Übersicht Radzählstellensysteme in Österreich (Stand der Recherche 10.07.2019)

Öffentliche Stelle	Anzahl (fixe) Zählstellen	Funktionsprinzip	Unternehmen
Land Vorarlberg	16	Faseroptischer Drucksensor	Schuh und Co KG
Wien	14	Induktionsschleifen	Eco Counter
Innsbruck	8	?	?
Stadt Salzburg	6	Induktionsschleifen	Eco Counter
Graz	5	Seitenradar	Sierzega
Land Kärnten und Klagenfurt	4	Induktionsschleifen	CAT Traffic (VKT)
Linz	4	Induktionsschleifen	Eco Counter
Land Steiermark	4	Induktionsschleifen	CAT Traffic (VKT)
Land Tirol	4	Induktionsschleifen	CAT Traffic (VKT)
St. Pölten	3	Induktionsschleifen	Eco Counter
Land Oberösterreich (WGD)	2 (8)	Induktionsschleifen	CAT Traffic (VKT) (8 Eco Counter)
Land Salzburg	2	Induktionsschleifen	Eco Counter
Land Burgenland	0	-	-
Eisenstadt	0	-	-
Bregenz	0	-	-
Land Niederösterreich	0	-	-

2.2 Hersteller verwendeter Systeme in Österreich

Nachfolgend werden die Firmen inklusive ihres Produktangebots für die Erfassung des Radverkehrs vorgestellt, die in Österreich von öffentlichen Stellen verwendet werden.

2.2.1 DataCollect Traffic Systems GmbH

Das Unternehmen DataCollect besteht seit 1993 und hat ihren Firmensitz in Kerpen bei Köln, Deutschland. Sie hat sich auf die Entwicklung von Systemen und Softwareapplikationen im Bereich Verkehrsdatenerfassung spezialisiert. Neben Anzeige- und Warnsystemen liegt der Hauptfokus von DataCollect auf der Verkehrserfassungsgeräten. Momentan werden zwei verschiedene Produkttypen vertrieben: SDR (traffic und bike) und eTube (traffic und bike).

Bei dem System SDR (traffic oder bike) handelt es sich um ein Seitenradarmesssystem, welches berührungslos Verkehrsdaten erfasst. Die Erfassung der Verkehrsteilnehmer erfolgt entweder für Räder richtungsgetrennt auf Radwegen oder als Unterscheidung von Rädern und sonstigem Verkehr. Das Gerät ist selbstkalibrierend und es kann direkt an der Messstelle mit einem Smartphone parametrisiert. Außerdem kann damit auch die Messqualität überprüft werden. Alternativ kann die GPRS Datenkommunikation vom Anwender zugekauft werden. Dabei wird per Fernabfrage mit dem Messgerät kommuniziert und es werden die Daten abgerufen. Die nachfolgende Abbildung 13 zeigt das System im Betrieb.



Abbildung 13: SDR bike von DataCollect (DataCollect Traffic Systems GmbH, 2019)

Das System eTube (traffic oder bike) funktioniert mithilfe eines drucksensitiven Piezosensors, der auf die Fahrbahn aufgelegt und dann mit einem dünnen Bitumenstreifen abgeklebt wird. Durch das Kleben von zwei Sensoren hintereinander oder bei getrennten Richtungsfahrestreifen eines Sensors je Streifen kann der Radverkehr in beide Richtungen erfasst werden. Durch Achsenzählung sind exakte Messungen auch bei hohem Fahrradaufkommen möglich.

Die Datenauslesung erfolgt bei diesem System mittels GPRS. Das Auslesen mit dem Smartphone, so wie bei SDR (traffic oder bike), ist hier nicht möglich. Durch den geringen Energieverbrauch der Empfängerstation kann ein Dauerbetrieb mittels Solartechnologie realisiert werden. Die nachfolgende Abbildung 14 zeigt das System im Betrieb:



Abbildung 14: eTube bike von DataCollect (DataCollect Traffic Systems GmbH, 2019)

DataCollect bietet als Software zur Verarbeitung der erfassten Verkehrsdaten die webbasierte Software myTrafficData an. Das Auslesen der Daten erfolgt entweder über das Smartphone mit anschließendem Hochladen auf den Server von DataCollect oder die Zählstelle kommuniziert über GPRS selbstständig mit dem Server, wodurch eine Fernabfrage möglich ist. Danach sind die Daten auf myTrafficData verfügbar und es können Grafiken und Berichte erstellt oder ein Rohdatenfile ausgegeben werden. Diese Plattform dient auch zum bequemen Management der Systeme und Messstellen. (DataCollect Traffic Systems GmbH, 2019)

2.2.2 CAT Traffic – Cichon Automatisierungstechnik GmbH

Das Unternehmen CAT Traffic besteht seit dem Jahr 2003. Anfangs spezialisierte sich das Unternehmen auf den Produktbereich Fahrzeugwiegen, heute deckt sie auch die Bereiche Verkehrsdatenerfassung und Automatisierte Kennzeichenerfassung ab. In Österreich werden die Produkte von VKT Verkehrs- und Kommunikations-Technik GmbH mit Sitz in Linz vertrieben.

Das Messgerät EasyCOUNT-Bike ermöglicht die individuelle Fahrzeugdatenerfassung mittels Induktionsschleifentechnik. Das Gerät ermöglicht die bidirektionale Erfassung der Radfahrer und die Speicherung von Einzelfahrzeugdaten. Mittels GPRS kommuniziert das Gerät mit dem Server, wodurch ein automatischer Datentransfer möglich ist. Systemüberwachung und -konfiguration können per Internet erledigt werden und die Datenabfrage wird in Echtzeit ermöglicht. Bei der Gerätebestellung kann zwischen drei verschiedenen Stromversorgungsoptionen gewählt werden: Batteriebetrieb, Netzbetrieb oder Versorgung mit Solarstrom. In der Abbildung 15 ist die Zählstelle Steinerne Brücke in Klagenfurt ersichtlich.

Das Gerät ist auch ohne Spezialisierung auf Fahrräder für die Verkehrsdatenerfassung des Gesamtverkehrs erhältlich. Um Einzelfahrzeuge besser klassifizieren zu können wird ein zusätzlicher Radarsensor verwendet, der mittels Geschwindigkeit, Abstand und Fahrzeuglänge Einzelfahrzeuge unterscheiden kann.

Zur Auswertung bietet CAT Traffic die Software DataMANAGER an, welche als Webservice zur Verfügung gestellt wird. (CAT Traffic Cichon Automatisierungstechnik GmbH, 2019a)



Abbildung 15: CAT Traffic Radzählstelle Steinerne Brücke Klagenfurt

2.2.3 Eco Counter GmbH

Der Hauptsitz des Unternehmens Eco-Counter liegt in Lannion, Frankreich, weitere Standorte finden sich in Montreal (Kanada) und Köln (Deutschland). Eco-Counter bietet zahlreiche Systeme zur Verkehrsdatenerfassung für FußgängerInnen und RadfahrerInnen an. Die Produktpalette reicht von Systemen zur Erfassung einzelner Verkehrsmodi bis hin zu kombinierten Varianten. Für den Radverkehr werden zwei Systeme zur gezielten Erfassung angeboten: ZELT und TUBES. Weiters gibt es noch das System MULTI zur kombinierten Erfassung von FußgängerInnen und RadfahrerInnen.

Das System ZELT arbeitet mit einer im Boden verbauten Induktionsschleife, mithilfe eines speziellen Algorithmus mit 13 Differenzierungskriterien werden die Fahrräder genau analysiert. Auch die Erfassung von größeren Gruppen soll möglich sein. Durch die Anbringung einer weiteren Schleife kann die Bewegungsrichtung des Rades detektiert werden. Das System kann im Mischverkehr eingesetzt werden und Räder dort selektiv erfassen.

Bei dem System TUBES handelt es sich um einen auf der Straßenoberfläche verlegten Detektionsschlauch. Dieses System eignet sich aufgrund der kurzen Aufbaudauer besonders gut für den mobilen Einsatz. Die Klassifizierung der Fahrräder erfolgt über die gemessene Geschwindigkeit und den Abstand zwischen Vorder- und Hinterrad. Aufgrund der zwei parallel verlegten Schlauchenden

kann auch die Fahrtrichtung ermittelt werden und zwischen Fahrrädern und Motorfahrzeugen differenziert werden. Größere Gruppen von RadfahrerInnen sollen mithilfe der beiden Schläuche genau detektiert werden. Abbildung 16 zeigt dieses System TUBES im Betrieb.



Abbildung 16: TUBES von Eco Counter (Eco-Counter Eco Compteur, [Flickr], 2011)

Das MULTI Mobil dient der kurzzeitigen Erfassung von Fußgängern und Fahrrädern. Dabei wird eine PYRO-Box mit zwei pneumatischen Schlauchsensoren gekoppelt. Mithilfe dieses Systems können Benutzertyp und Bewegungsrichtung unterschieden werden. Aufgrund des geringen Gewichts und der automatischen Selbstkalibrierung kann das System einfach versetzt werden und eignet sich daher gut für den mobilen Einsatz. (Eco Counter GmbH, 2019)

Abbildung 17 zeigt das System MULTI Mobil im Betrieb.

Mit dem System MULTI Urban ist die langfristige Erfassung von RadfahrerInnen und FußgängerInnen möglich. Es wird ein PYRO -Sensor zur Erfassung der Fußgänger und eine Induktionsschleife zur Erfassung von RadfahrerInnen verwendet. Die Signale der beiden Sensoren werden mit Smart Connect ausgewertet und ermöglichen so eine hochpräzise Erfassung und Differenzierung von Fußgänger- und Radfahrergruppen. Auch gemeinsam genutzte Wege mit hohem Verkehrsaufkommen können mit diesem System genau erfasst werden.

Bei allen Systemen von Eco Counter ist die automatische Fernübertragung über GSM Fernabfrage möglich. Als Alternative wird die manuelle Datenabfrage vor Ort via Bluetooth angeboten. Eco Countern bietet zu allen Verkehrserfassungsgeräten die Auswertungssoftware EcoVisio an. Mit ihr

können die Daten als Textfile und automatisch generierte Auswertungen und Grafiken heruntergeladen werden. (GPV Günther Pichler Verkehrstechnik GmbH, 2019)



Abbildung 17: MULTI Mobil von Eco Counter (Eco Counter, [Twitter], 2017)

2.2.4 Schuh und Co KG

Das Unternehmen Schuh und Co KG hat sich auf Straßenverkehrstechnik und Flughafen-Ausrüstung spezialisiert. Der Hauptsitz befindet sich in Germering (Deutschland) und das Unternehmen existiert seit mehr als 30 Jahren.

Zur Erfassung des Radverkehrs bietet Schuh und Co KG das Produkt BikeCounter an. Dabei handelt es sich um einen Lichtleiter-Druck-Sensor. Er erfasst die Anzahl und die Richtung der Räder, differenziert zwischen RadfahrerInnen und FußgängerInnen und soll laut Herstellerangabe auch bei Pulkbildung eine korrekte Zählung durchführen. Die Daten werden per GSM-Funk an den zentralen Server bei Schuh und Co KG übertragen und können zu beliebigen Zeitintervallen aggregiert werden. Neben den Verkehrswerten werden auch die Wetterdaten erfasst und beides wird als Excel mit Diagrammen und Access-Datenbank an den Kunden übermittelt. Alternativ besteht die Möglichkeit, die Daten direkt auf den eigenen Server transferieren zu lassen.

Das Gerät ist als dauerhafte automatische Zählstelle ausgelegt, da ein konfektioniertes Sensor-Modul in die Fahrbahnoberfläche eingelassen wird. Dazu gehört ein Controller, der sich an einer Säule aufhängen oder in einen Schaltkasten aggregieren lässt. Die Stromversorgung (12 V Spannung) kann entweder über einen Stecker, ein Solarmodul oder alternativ auch für mehrere Wochen mit einem Akku erfolgen. (Schuh & Co. GmbH, 2019)

Abbildung 18 zeigt eine Zählstelle in Vorarlberg, welche mit zwei Sensoren und einem Controller des Unternehmens Schuh und Co KG ausgestattet ist.



Abbildung 18: Zählstelle des Unternehmens Schuh und Co KG in Andelsbuch, Vorarlberg (Schuh & Co. GmbH, 2019)

2.3 Weitere europäische Hersteller

Nach einem kurzen Überblick über Hersteller und Systeme, die in Österreich von öffentlichen Stellen verwendet werden, widmet sich dieses Kapitel weiteren europäischen Firmen, die einerseits spezielle Messgeräten für den Radverkehr produzieren, andererseits aber auch Gesamtverkehrslösungen anbieten.

2.3.1 Connection Systems

Das Unternehmen Connection Systems, mit Hauptsitz in Venhuizen (Niederlande) beschäftigt sich hauptsächlich mit der Sammlung, Verarbeitung und Darstellung qualitativ hochwertiger Daten. Mit den von ihnen angebotenen Systemen sollen diverse Objekte (FußgängerInnen, RadfahrerInnen, Individualverkehr und öffentlicher Verkehr) an allen möglichen Orten (Straßen, Veranstaltungen, Plätze, öffentlicher Raum) erfasst werden können. Connection Systems wirbt damit, eine Datenerfassungslösung für alle möglichen Verkehrssituationen liefern zu können, welche auch noch einfach skalierbar ist.

Speziell für den Radverkehr werden verschiedene Techniken, wie Videokamera, Bluetooth- und WiFi-Scanner kombiniert. Dadurch können verschiedenste Daten zum Radverkehr zur Verfügung gestellt werden. Anwendungen sind z.B. Zählung und Klassifizierung, Radverkehrsflussdetektion, Echtzeit-Monitoring, Erfassen von Radwegwahl, Reisezeit und Wartezeit an Ampeln. (Connection Systems, 2020)

2.3.2 GEOVISTA GmbH

Das Unternehmen GEOVISTA GmbH existiert seit 1999 und hat ihren Hauptsitz in Bayreuth, Deutschland. GEOVISTA GmbH bietet ein Produkt zur gesamtheitlichen Verkehrszählung an. Dabei handelt es sich um ein System, das mit Videodetektion arbeitet. Es können Knotenpunkte, Querschnitte sowie Kreisverkehre aller Größenordnung erfasst werden. Bei größeren oder unübersichtlichen Stellen wird mit mehreren Kameras gearbeitet.

Ein weiteres Produkt realisiert Querschnittszählungen mithilfe von Radartechnik. Dabei wird ein Querschnitt über einen längeren Zeitraum überwacht. Das Ergebnis sind Informationen über Fahrzeugmengen, -arten, Geschwindigkeitsangaben und Fahrzeugabstände.

Im Bereich der Datenauswertung wird von dem Unternehmen einerseits die manuelle Auswertung durch Mitarbeiter des Unternehmens angeboten, andererseits wird auch die Möglichkeit einer (teil-)automatischen Auswertung durch externe Dienstleister als Möglichkeit angeführt. Die Aufbereitung und Visualisierung der Daten wird aber von GEOVISTA GmbH selbst erledigt. (GEOVISTA GmbH, 2020)

2.3.3 Icoms Detections

Das Unternehmen Icoms Detections, mit Hauptsitz in Belgien, besteht seit 1993. Seit dem Gründungsjahr beschäftigt sich das Unternehmen mit dem Entwurf und der Herstellung von auf Mikrowellen basierenden Verkehrsmanagementsensoren. Seit 2017 ist das Unternehmen hauptverantwortlich für die Entwicklung im Bereich „Radar“ für das Unternehmen International Road Dynamics Inc., welche ihren Hauptsitz in Kanada hat.

Speziell für die Zählung von RadfahrerInnen produziert Icoms Detections ein Produkt: das TMA-3B3. Dabei handelt es sich um ein kombiniertes Produkt aus Radar- und Laser-Technologie. Damit kann auf Radwegen gezählt werden, wobei eine Genauigkeit von 98 % im Vergleich zu händischen Zählungen garantiert werden soll. Das Produkt ist laut Herstellerangabe in der Lage, Fahrradgruppen genau zu erfassen. Zudem sollen Lichtverhältnisse (Tag und Nacht) keine Auswirkungen auf die Ausführungsqualität haben. Die Daten können in Echtzeit über GPRS übertragen werden und das Messgerät kann alternativ zur konventionellen Stromversorgung auch mit einer Solarzelle betrieben werden. (Icoms Detections S.A., 2020)

2.3.4 Miovision

Das Unternehmen Miovision wurde im Jahr 2005 in Kanada gegründet, wo sie auch ihren Hauptsitz hat. Der europäische Hauptsitz befindet sich in Köln (Deutschland). Zu Beginn lag der Hauptfokus des Unternehmens auf dem Vertrieb von klassischen Verkehrslösungen, heute werben sie mit der am weitesten entwickelten Künstlichen Intelligenz für Verkehr. Die Produkte von Miovision decken viele Bereiche ab, darunter Signalsteuerung, Verkehrsstudien, Fahrzeugdetektion etc.

Zur Verkehrsdetektion bietet Miovision eine Lösung für das gesamte Verkehrsaufkommen an: TrafficLink. Dieses Produkt detektiert in multimodalen Verkehrssituation mithilfe künstlicher Intelligenz. TrafficLink besteht aus nur einer Kamera, die laut den Herstellerangaben leicht zu montieren ist und wenige Instandhaltungsmaßnahmen benötigt. Die Daten werden in einer Cloud gespeichert. Die webbasierte Softwarelösung von Miovision bietet den Zugang zu dieser Cloud und außerdem noch fertige Auswertungen und Grafiken an. (Miovision Technologies Inc., 2020)

2.3.5 MetroCount

Metro Count ist eigentlich ein australisches Unternehmen. Sie hat jedoch zwei Standorte in Europa (Großbritannien und Niederlande). Seit 1991 produziert das Unternehmen sein erstes Verkehrserfassungsgerät, welches mittels Achszählung funktionierte. Heute befinden sich auf der Produktpalette Zählgeräte für die unterschiedlichsten Anwendungen. Der Radverkehr kann mithilfe von zwei verschiedenen Geräten aus dem Angebot gemessen werden, dabei handelt es sich um den RidePod BT und den RidePod BP. Bei dem RidePod BT handelt es sich um ein Schlauchsystem, welches für Kurzzeitmessungen optimiert ist. Der RidePod BP arbeitet mit einem piezoelektrischen Sensor und ist für permanente Messungen sehr gut geeignet.

MetroCount bietet auch einen Datenauswertungsservice (FieldPod) an, welches die Daten selbstständig auf einen Server hochlädt. Es ist möglich, die Daten in den verschiedensten Formaten ausgeben zu lassen. Es können auch verschiedene Analysen mithilfe der Software „MetroCount Traffic Executive“, die mit dem FieldPod mitgeliefert wird, durchgeführt werden. (MetroCount, 2020)

2.3.6 RTB GmbH & CoKG

1993 wurde das Unternehmen RTB Rehabilitationstechnik Broer gegründet. Der Hauptsitz des Unternehmens liegt in Deutschland. Erste Produkte waren z.B. 1997 der Taster „Sensor Berlin“. Heute deckt das Unternehmen verschiedenste Bereiche ab. Zur Produktpalette zählen unter anderem Zusatzausstattung für Lichtsignalanlagen, verschiedenste Systeme zur Verkehrserfassung, Parkscheinautomaten, Ladesysteme für Elektromobilität, ein dynamisches Parkleitsystem und Hilfsmittel für Blinde um sich im Straßenverkehr besser orientieren zu können.

RTB GmbH & CoKG bietet ein Seitenradargerät (TOPO radarbasiert) zur Erfassung des Verkehrs an, bei dem es auch möglich ist, RadfahrerInnen zu erfassen. Länge, Achsabstände und akustische Parameter werden zur Erfassung der Fahrzeuge verwendet.

Auch RTB bietet ein Programm namens DD.WEB 4.0 zur Auswertung der gesammelten Daten an. Dieses gibt es in der Webversion, aber auch als lokal installierte Anwendung. (RTB GmbH & Co. KG, 2020)

2.3.7 Sensorline GmbH

Das Unternehmen wurde 1996 gegründet und hat seinen Standort in Schrobenhausen, Deutschland. Die Gründungsidee war die Entwicklung von ersten Anwendungsmöglichkeiten der Glasfasertechnologie im Verkehrsbereich. Die Produktpalette deckt sowohl den Straßenverkehr als auch den Schienenverkehr ab. Bis heute wurden über 50.000 Systeme in 50 verschiedenen Ländern installiert. Die Glasfaserverkehrssensoren bestehen aus Verformungssensoren, die ein ladungsabhängiges Signal generieren.

Sensorline vertreibt zwei Produkte, die eine Zählung von RadfahrerInnen ermöglichen: SL Road System und SL PUR-BS Sensor. Bei SL Road System wird der gesamte Verkehr erfasst und es können auch RadfahrerInnen unterschieden werden. Der SL PUR-BS Sensor wird fix in der Straßenoberfläche verbaut und besitzt eine Polyurethanbeschichtung, welche die Oberfläche weicher macht. Bei Überfahren des Sensors wird die Verformung, oder genauer gesagt die Reduktion der optischen Durchlässigkeit im Inneren des Sensors, aufgezeichnet und führt zur Detektion. (Sensor Line GmbH, 2020)

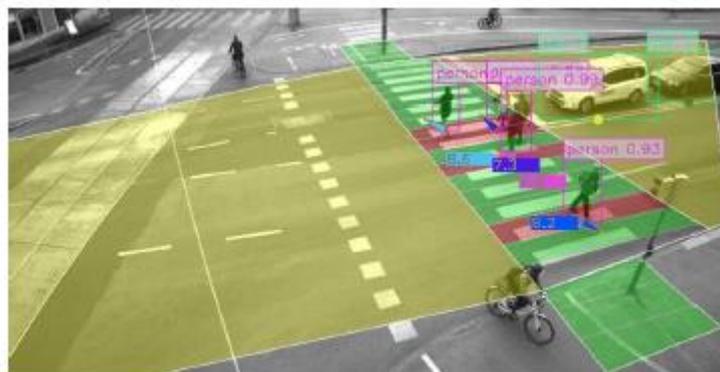
2.3.8 Siemens

Das Unternehmen Siemens bietet Technologielösungen für zahlreiche Bereiche, von Antriebstechnik über Gesundheitswesen bis hin zu Mobilität. In diesen Bereich fällt auch das Verkehrserfassungsgerät awareAI. (Siemens Österreich, 2020)

Bei dem Messgerät awareAI handelt es sich um ein Verkehrserfassungsgerät, welches mithilfe einer Kamera und künstlicher Intelligenz Fahrzeuge und andere Objekte in Detektionszonen erfassen und dessen Weg verfolgen kann. Die Klassifizierung von Objekten erfolgt standardmäßig in 13 Klassen. Das ist ohne Konfiguration möglich. Das System ist vielseitig einsetzbar, so können z.B. spezielle Detektionszonen begrenzt werden, um etwa eine Parkplatzüberwachung möglich zu machen oder Querungszeitprognosen zu erstellen.



Tracking und Klassifizierung von Fahrzeugen



Überwachung von Fußgängerübergängen



Intelligente Parkraumüberwachung

Abbildung 19: Anwendungsbeispiele awareAI (Siemens Mobility GmbH, 2019)

Die gewonnenen Daten werden über eine sichere Websocket-Verbindung auf den konfigurierten Server übertragen. Bei Inbetriebnahme und Wartung können zur einfachen Handhabung Kamerabild, Detektionszonen und detektierte Objekte angezeigt werden. Um das heute wichtige Thema Datenschutz zu berücksichtigen führt das System des Unternehmens Siemens alle Detektionsprozesse innerhalb der Kamera durch und so werden nur vollständig anonymisierte Daten extern verarbeitet.

Ein Vorteil des Systems awareAI ist die PoE+-Verbindung, welche eine einfache Installation, vor allem auch an abgelegeneren Orten und Installationspunkten möglich macht.

Auf Rückfrage bei dem Unternehmen Siemens kann dieses Gerät theoretisch auch für den Radverkehr eingesetzt werden, derartige Test oder Anwendungsfälle wurden bisher jedoch noch nicht umgesetzt

Für das System awareAI gibt es die Möglichkeit mehrere Kameras zu koppeln, um ein größeres Sichtfeld abzudecken. Zusätzlich ist es auch möglich das Kamerasystem mit anderen Sensoren zu fusionieren. Zur Datenintegration bietet Siemens eine eigene Software (Sitraffic Sensus Monitor) an.

Abbildung 19 zeigt einige dieser Anwendungen. Es sind darauf auch die festgelegten Detektionszonen und detektierte Objekte ersichtlich. (Siemens Mobility GmbH, 2019)

2.3.9 Telraam

Telraam entstand in einer Kooperation von Mobiel21 und Transport & Mobility Leuven. Im März 2019 wurde das Produkt veröffentlicht und erste Geräte und Workshops wurden in Belgien abgehalten.

Der große Unterschied zu den bisher genannten Zählgeräten besteht darin, dass Telraam aus einem günstigen und simplen Sensor für das Fenster besteht. Der Sensor funktioniert mithilfe einer kleinen Kamera, die die Straße in niedriger Auflösung aufnimmt und einem Raspberry Pi, der im Anschluss die Bilder auswertet und die Ergebnisse der Auswertung alle zehn Minuten an einen zentralen Server sendet.

Der niedrige Preis und die einfache Montage sollen Bürger motivieren sich selbst ein Gerät zu beschaffen und zu messen. Telraam hilft Bürgern das Verkehrsaufkommen vor ihrer Haustür mit anderen Orten in ihrer Stadt, in ihrem Land oder auch darüber hinaus zu vergleichen und Probleme mit Zahlen belegen zu können.

Telraam ist somit ein Verkehrserfassungsgerät für den Gesamtverkehr. Es ist in der Lage, RadfahrerInnen, FußgängerInnen, Autos und Lastkraftwagen zu erfassen. Die Klassifizierung geschieht über die Größe der Zusammenhängenden Pixelfläche.

Die Geräte sind nicht in der Lage zu zählen, wenn zu wenig Tageslicht vorhanden ist. Weitere Probleme sind die simplen Auswertungskriterien, welche z.B. Straßenbahnen aufgrund ihrer Länge als Lastkraftwagen zählen, oder auch die Störanfälligkeit durch Gegenstände, die in das Sichtfeld der Kamera stehen und sich dabei bewegen.

Bei kamerabasierten Zählgeräten ist der Datenschutz immer ein wichtiges Thema. Die niedrige Auflösung der Kamera hat zur Folge, dass Gesichter und Nummerntafeln nicht erkannt werden können. Die Auswertung der Bilder erfolgt lokal und die erzeugten Bilder können weder vom Telraam-Besitzer noch von Dritten eingesehen werden. Die einzige Ausnahme ist hier die Installation, während der das Bild der Kamera für 10 Minuten sichtbar ist, um die Kamera optimal ausrichten zu können.

Die ausgewerteten Daten werden nach Erhebung per Wi-Fi an die zentrale Datenbank gesendet und sind dann zusammen mit den Ergebnissen aller Zählstellen auf der Homepage (www.telraam.net) frei zugänglich. Der Besitzer der Zählstelle kann sich eine Excel-Tabelle mit aggregierten Stundenwerten ausgeben lassen. [Auskunft von Elke Franchois, Elke Bossaert, Kris Vanherle und Laurens Vander Kuylen von Mobiel21]

Die nachfolgende Abbildung 20 zeigt einen Ausschnitt der Auswertungen, die auf der Homepage öffentlich abrufbar sind.



Abbildung 20: Exemplarische Auswertung auf der Homepage von Telraam (Telraam, 2019)

3 Typisierung der Produkte

Dieses Kapitel diskutiert verschiedene Parameter, die zur Typisierung der verschiedenen Geräte herangezogen werden können. Im Entscheidungsprozess, ob und welches Gerät angeschafft werden soll, dienen diese Parameter als Entscheidungshilfe. In einzelnen Fällen können die Gegebenheiten der gegebenen Messstelle einen Parameter einschränken, wodurch bestimmte Geräte ausgeschlossen werden können. Die Informationen zu diesem Kapitel kommen hauptsächlich aus der Recherche zum Kapitel 2 und werden vereinzelt durch weitere Quellen ergänzt.

Neben physikalischen Prinzipien, Montage und Messwerttypen werden auch Messwerterfassungsgenauigkeit und Auswertungsmöglichkeiten betrachtet. Es werden jeweils Argumente erläutert, die für oder gegen eine bestimmte Ausprägung des Parameters sprechen. Am Ende des Kapitels findet sich eine Übersichtstabelle, die die Parameter zusammenfasst.

3.1 Messdauer

Bei der Auswahl eines Zählgerätes ist die Entscheidung über die Erhebungsdauer wesentlich. Dieser Parameter beeinflusst weitere Auswahlkriterien, wie z.B. der Montageaufwand und damit verbundene Kosten etc. erheblich. Allgemein werden bei Zählgeräten zwischen zwei Gruppen unterschieden.

3.1.1 Dauermessung

Eine Dauerzählstelle ist für langfristige Messungen ausgelegt. Das Messgerät bleibt für einen langen (eventuell auch nicht vordefinierten Zeitraum) an der Stelle, an der es installiert wurde. Bei der Errichtung einer Dauerzählstelle kann es sein, dass der Radweg baulich verändert werden muss, wie z.B. beim Einlassen einer Induktionsschleife in die Fahrbahnoberfläche. Aus diesem Grund ist bei dieser Zählstelle mit höheren Kosten zu rechnen. Allerdings sollten Dauerzählstellen einen geringeren Wartungsbedarf, einen besseren Schutz vor Beschädigung und Vandalismus und Ganzjahrestauglichkeit aufweisen. Zusätzlich ist die Qualität auch nach einer entsprechenden ersten Einrichtung, die oft vom Vertriebsunternehmen selbst vorgenommen wird, konstant und garantiert vergleichbare Daten, da keine Nachjustierungen notwendig sind.

3.1.2 Kurzzeitmessung

Kurzzeitmessungen werden hingegen in einem zeitlich begrenzten Zeitraum durchgeführt. Die Zählgeräte verbleiben nicht am Installationsort, sondern können beliebig und einfach an einer anderen Stelle erneut installiert werden. Die Dauer der Zählung ist hier deutlich kürzer als bei einer Dauerzählstelle. Ein Beispiel für ein Gerät, welches sich für (mobile) Kurzzeitmessungen eignet, ist z.B. der Detektionsschlauch.

Durch die hohe Mobilität des Erfassungssystems kann mit jeder erneuten Installation an einem anderen Ort ein gewisser, nicht gleichmäßiger Fehler auftreten. Durch diese Gegebenheit sind die erhobenen Daten in ihrer Rohform nicht unbedingt vergleichbar. Bei der Auswertung kann allerdings versucht werden, diese Fehler zu bereinigen.

Geräte für Kurzzeitmessungen sind außerdem nicht so gut vor Vandalismus etc. geschützt. Dafür sind mobile Geräte meist kostengünstiger und lassen sich einfacher warten und instand halten.

3.2 Sensortyp

Das Wort Sensor kommt aus dem Lateinischen und bedeutet übersetzt „Fühler“. Mithilfe von Sensoren kann der aktuelle Ist-Zustand der Umwelt erfasst werden, Informationen ausgewertet und Maßnahmen ergriffen werden. Die zu messenden, nicht elektrischen Eingangsgrößen werden vom Sensor durch naturwissenschaftliche Gesetze in ein elektrisches Ausgangs-Signal gewandelt. Mithilfe entsprechender Elektronik werden diese Signale durch Schaltelektronik oder auch Softwareprogramme bearbeitet, sodass ein Sensor-Ausgangssignal entsteht. (Hering, et al., 2018)

In der Recherche zu den in Österreich verwendeten Zählsystemen für den Radverkehr und bei der Recherche zu angebotenen Produkten am Markt tauchten die folgenden Sensortypen auf.

3.2.1 Verformungssensoren

Es existieren verschiedene Verformungssensoren, nachfolgend werden zwei Arten beschrieben, die bei der Recherche aus Kapitel 2 aufgetreten sind.

Pneumatischer Druckschlauch

Eine Art von Verformungssensor ist der pneumatische Druckschlauch. Bei dessen Anwendung wird der Druck gemessen, der bei Überfahrt der Schläuche durch die Verformung entsteht. Es kann entweder der Differenzdruck zwischen Vorder- und Rückseite, der Relativdruck zum Luftdruck oder der Absolutwert des Drucks gemessen werden. Je nachdem welche Art davon genutzt wird, ist an einer oder beiden Seiten des Schlauches der zu messende Druck angelegt. Ein Nachteil der Relativdruckmessung ist, dass die Schwankungen des Luftdruckes als Fehler in die Messung eingehen. Messverfahren, die auf dem piezoelektrischen Effekt beruhen zählen zu den Absolutdruckmessungen, diese können nicht anders ausgeführt werden. (Hering, et al., 2018)

Tabelle 2: Vor- und Nachteile Pneumatischer Schlauch (in Anlehnung an Muhar et al., 2002)

Vorteile	Nachteile
leichte Verbindbarkeit mit anderen Sensortypen	benötigt sehr genaue Kalibrierung
leicht vor Witterung schützbar	Einfluss von Temperatur und Wetter
leicht adjustierbar	

Piezoelektrischer Sensor

Durch die Verformung bestimmter Materialien aufgrund einer äußeren Kraft entsteht elektrische Spannung. Die Ladungen im Inneren des Materials werden verschoben, wodurch es zu einer elektrischen Polarisierung kommt. Je nachdem, wie Kraft, Polarisierung und Oberflächen-Normalvektor zueinanderstehen, werden drei Kategorien des piezoelektrischen Effektes unterschieden: Dickenschwinger (longitudinale Schwingungen), Querdehnelement (transversale Schwingungen) und bimorph. Eine konstante Kraft verursacht einen piezoelektrischen Effekt, wenn sie keine zusätzliche geometrische Änderung des Körpers bewirkt. Somit ist der piezoelektrische Effekt die zeitliche Änderung der Kraft proportional zum gemessenen Strom.

Der Effekt tritt nur in nicht-leitenden Materialien auf. Es werden piezoelektrische Kristalle (z.B. Quarz), piezoelektrische Keramiken (z.B. Blei-Zirkonat-Titanate) und sonstige piezoelektrische Materialien (z.B. Zinkoxid) unterschieden.

Der piezoelektrische Effekt kann zur Erfassung von Kraft, Drehmoment, Druck Beschleunigung, Vibration, Schwingungsanalyse und Gaskonzentration eingesetzt werden. (Koch, 2009) Weiters gibt es noch einige Spezialanwendungen, wie z.B. in Einspritzdüsen für Dieselmotoren. (Hering, et al., 2018)

Piezoelektrische Sensoren gelten als sehr robust, da sie bei der Verformung nur um wenige Mikrometer komprimiert werden. Die Resistenz gegen elektromagnetische Felder und Strahlungen macht Messungen unter harschen Umgebungsbedingungen möglich.

Ein Nachteil des Messprinzips ist die schlechte Einsetzbarkeit bei statischen Messungen. Bei statischer Belastung gehen durch Einsatz konventioneller Elektronik und nicht perfekt isolierender Materialien kontinuierlich Ladungen verloren. Das Resultat ist hier ein konstanter Ladungsabfall. Zusätzlich führen erhöhte Temperaturen in dieser Situation zu einem Abfall des Innenwiderstands, wodurch nur Materialien mit einem sehr hohen inneren Widerstand eingesetzt werden können. (Piezocryst Advanced Sensorics GmbH, 2019)

Tabelle 3: Vor- und Nachteile Piezoelektrischer Sensoren (in Anlehnung an Piezocryst Advanced Sensorics GmbH, 2019)

Vorteile	Nachteile
Robust aufgrund geringer Komprimierung	Schlechte Einsetzbarkeit bei statischen Messungen
Resistent gegen elektromagnetische Felder und Strahlungen	erhöhte Temperaturen führen zum Abfall des Innenwiderstandes

3.2.2 Induktionsschleife

Die Funktionsweise der Induktionsschleife beruht auf dem physikalischen Prinzip der elektromagnetischen Induktion. Diese besagt, dass jede zeitliche Änderung des magnetischen Flusses durch eine bestimmte, begrenzte Fläche Spannung induziert. Dies kann passieren, wenn sich entweder der Wert des durchdringenden Magnetfeldes oder die Fläche zeitlich ändert. (Hering, et al., 2018) Auf die Induktionsschleife umgelegt bedeutet dies, dass die Schleife als Spule wirkt und von Wechselstrom durchflossen wird. Es baut sich ein Magnetfeld auf. Wenn sich nun ein metallischer Gegenstand in diesem Bereich befindet so wird die Induktivität der Spule verändert, das produziert einen Stromstoß in der Leiterschleife.

Mit diesem Messsystem kann die Typisierung von Fahrzeugen durch Auswertung der gemessenen Hüllkurven durchgeführt werden. Bei Verlegen einer Doppelschleife (also zwei Induktionsschleifen in kurzem Abstand hintereinander) kann zusätzlich auch die Geschwindigkeit bestimmt und die Typisierung verfeinert werden. (Joachim Herz Stiftung – LEIFI Physik, 2019)

Induktionsschleifen sind ein schon länger bewährtes Messsystem. Ein Nachteil dieser Systematik ist die begrenzte Zone des Erfassungsbereiches, wodurch alle Bereiche und Fahrstreifen mit einer eigenen Schleife ausgestattet werden müssen. Der schwerwiegendste Nachteil ist allerdings, dass bei Mängeln am Sensor die Fahrbahndecke abgefräst werden muss, um den Fehler zu beheben. Bei der durchschnittlichen Länge der Instandhaltungszyklen von oft ein bis zwei Jahre bei Induktionsschleifen, können die Gesamtkosten aufgrund eines Fehlers oder Defektes schnell und stark ansteigen. (Garcia & Keegan, 2017)

Tabelle 4: Vor- und Nachteile Induktionsschleifen (in Anlehnung an Garcia & Keegan, 2017 und Bütler et al., 2010)

Vorteile	Nachteile
geringe Anfälligkeit gegenüber Witterungs- und äußeren Störeinflüssen	Einbau, Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten sind sehr kosten- und zeitintensiv
richtungsabhängige Detektion möglich	Erfassung ist auf metallische Materialien begrenzt
	Erfassungsbereich ist durch Sensormaße begrenzt

3.2.3 Radarsensor

Radarsensoren funktionieren mithilfe des Doppler-Effektes. Dabei können Komponenten der Geschwindigkeit von Partikeln berührungslos durch LDA (Laser-Doppler-Anemometrie) gemessen werden. Ein Laserstrahl wird aufgeteilt, seine Teilchen erzeugen bei Bewegung ein Streulicht und damit einen Doppler-Effekt. Wenn die aufgeteilten Strahlen wieder zusammengefügt werden, entsteht ein Streulichtsignal, dessen Frequenz proportional zur Geschwindigkeit ist. (Hering, et al., 2018)

Diese Messungen sind unempfindlich gegenüber Witterungseinflüssen, da sie nur Objekte reflektieren, deren Ausmaß größer als die eigene Wellenlänge ist. Vom Sender wird ein Radarstrahl erzeugt, der mittels Antenne zum Zielort abgestrahlt wird. Die Reflektion wird durch eine Empfängerantenne wieder abgefangen und registriert. Mit Radarsensoren können Distanz, Winkel zum Objekt und dessen Geschwindigkeit erfasst werden. (EBE Solutions GmbH, 2019)

Tabelle 5: Vor- und Nachteile Radarsensoren (in Anlehnung an Bütler et al., 2010)

Vorteile	Nachteile
geringer Installations- und Wartungsaufwand	Erkennung stehender Fahrzeuge nicht möglich
Richtungserkennung möglich	Witterungsabhängigkeit
Flexibilität bei Änderung der Fahrstreifen	Störungen durch Reflexionen oder Bewegungen von Bäumen
	Abschattungen

3.2.4 Pyrosensor

Infrarotsensoren zählen zu den Pyrosensoren und nutzen den Pyroelektrischen Effekt zur Erfassung von Objekten. Dabei wird sich die Eigenschaft pyroelektrischer Materialien zunutze gemacht, die auf Temperaturänderung mit einer elektrischen Polarisation reagieren. In weiterer Folge entsteht eine Oberflächenladung, also ein positiver elektrischer Pol und ein negativer elektrischer Pol. Die entstehende Spannung ist messbar. Materialien, die diese Eigenschaft besitzen sind z.B. pyroelektrische Kristalle (Lithium-Tantalat), pyroelektrische Keramiken (Blei-Zirkonat-Titanate), oder pyroelektrische, polymere Kunststoffe (Polyvinylidenfluorid). (Hering, et al., 2018)

Es gibt aktive und passive Infrarotsensoren. Passive Sensoren (PIR) empfangen Infrarotstrahlen, ohne selbst Wärmestrahlung zu erzeugen. Eine bekannte Anwendungsmöglichkeit sind Bewegungsmelder für Beleuchtung oder in Verbindung mit Alarmsystemen. Aktive Infrarotsensoren besitzen zusätzlich eine Infrarotquelle. (RS Components GmbH, 2019)

Das Prinzip dieser Messung beruht auf der Messung der Laufzeit elektromagnetischer Strahlung. Der aktive Infrarotsensor bestrahlt z.B. das Messfeld und die reflektierte Strahlung wird durch ein optisches System auf den Empfangssensor zurückgeworfen. Es erfolgt eine Umwandlung in elektrische Signale. Die Signale und Laufzeiten werden dann von einem Prozessor ausgewertet. Diese Art von Messung ist stark von Wetterbedingungen, dem Verschmutzungsgrad des Sensors und weiteren Faktoren abhängig. Es kann eine durchschnittliche Reichweite von 40 bis 60 Metern erreicht werden. (EBE Solutions GmbH, 2019)

Tabelle 6: Vor- und Nachteile Radarsensoren (in Anlehnung an Bütler et al., 2010)

Vorteile	Nachteile
geringer Montage- und Wartungsaufwand	witterungs- und lichtbedingte Einflüsse
einfache Ausrichtung bei Fahrstreifenänderung	Einflüsse durch Verschmutzung der Infrarot-Optik
	Probleme durch Fahrzeugfarben und zu geringem Temperaturunterschied zu Fahrbahn/Hintergrund

3.2.5 Videoerfassung

Videoerfassungssysteme gehören zur Gruppe der optischen Systeme. Über die visuelle Erkennung der Kamera kann die Durchfahrtszeit, über die Belegung gewisser Marken, die zuvor gesetzt wurden, festgestellt werden. Somit können Fahrzeuge gezählt, Geschwindigkeiten erhoben und Zeitlücken ermittelt werden. Das System wertet somit keine Bildinhalte aus, sondern differenziert nur Belegung oder Nichtbelegung. Es werden zudem keine Daten gespeichert, wodurch sich keine Datenschutzverletzung ergibt. (Bütler, et al., 2010)

Die Anfälligkeit gegenüber Falscherkennungen bei wechselnden Umgebungsbedingungen, Tag-Nacht-Zyklen, Schatten oder unterschiedliche Wetterverhältnisse ist bei diesen Systemen nach wie vor gegeben. Es werden laufend neue Algorithmen entwickelt, teilweise auch Produkte mit künstlicher Intelligenz getestet. In diesem Bereich verändern sich sowohl die Produkte als auch der Markt laufend. (Garcia & Keegan, 2017)

Tabelle 7: Vor- und Nachteile Kamerasensoren (in Anlehnung an Bütler et al., 2010)

Vorteile	Nachteile
Abdeckung mehrerer Fahrstreifen	witterungsbedingte Einflüsse
geringer Installationsaufwand	Einfluss durch wechselnde Lichtverhältnisse
Erfassung nicht-metallischer Verkehrsteilnehmer	Verschmutzung des Sensors
richtungsabhängige Erfassung möglich	

3.3 Kontakt bei Messung

Gerade bei Verkehrsmessungen ist die Frage, ob ein Kontakt bei der Messung erfolgen soll, schwierig zu beantworten. Bei kontaktbehafteten Messungen muss der Sensor in der Fahrbahn verbaut sein, alle anderen Varianten, die z.B. in der Qualitätsprüfung vorkommen, sind für Verkehrsmessungen nicht geeignet, da der Verkehrsfluss dadurch gestört werden würde.

3.3.1 Kontaktbehaftete Messung

Bei einer Messung mit Kontakt wird der Sensor überfahren. Dies ist z.B. bei Druckplatten oder Druckschläuchen der Fall. Ein großer Nachteil der kontaktbehafteten Messung ist der Verschleiß des Sensors durch die ständige Berührung und Verformung. Ein Vorteil dieser Art der Messung ist sicherlich, dass nur Objekte gezählt werden, die den Messquerschnitt auch überqueren. Störfaktoren um Nahbereich des Messgerätes werden ausgeblendet, sofern sie nicht in Art und Beschaffenheit (z.B. Gewicht etc.) dem zu zählenden Objekt sehr ähnlich sind. Ein weiterer Vorteil ist die relativ starke Unabhängigkeit von Umwelteinflüssen, wie Regen, schlechte Sicht, Schnee etc., bei einer Vielzahl von Geräten, die über Kontakt messen.

3.3.2 Kontaktlose Messung

Bei einer Vielzahl der recherchierten Geräte wird die kontaktlose Messung angewendet. Dabei wird z.B. ein Videobild ausgewertet oder das reflektierte Lasersignal gemessen. Durch die Kontaktlosigkeit ist natürlich auch der Verschleiß um ein Vielfaches geringer als bei der Messung mit Kontakt. Allerdings ist bei allen kontaktlosen Messungen wichtig, dass keine allzu schlechten Umgebungsbedingungen herrschen. Messungen bei veränderten Ausgangsbedingungen, wie z.B. Schnee, Regen, schlechter Sicht, veränderter Luftdruck etc. können völlig andere Ergebnisse liefern, z.B. durch Regentropfen, die reflektiert werden oder das Bild der Kamera stören.

3.4 Montage

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal für Zählgeräte ist die Montageart. Die Entscheidung für ein stationäres oder mobiles System ist wieder stark von den Gegebenheiten der geplanten Messung und einem möglicherweise vorhandenen Gesamtmesskonzept abhängig. Es mag auch durchaus sinnvoll sein, stationäre und mobile Zählsysteme gemeinsam in einer Stadt oder einer Gemeinde einzusetzen, um eine optimale Erfassung des Gesamtverkehrs und dessen Veränderungen zu erreichen.

3.4.1 Stationäre Systeme

Fixe Systeme zeichnen sich vor allem durch eine höhere Stabilität der Messwerte aus. Da die Sensoren nicht in der Position verändert werden, ist eine lange Messung unter den gleichen Voraussetzungen möglich. Nachteilig bei dieser Art der Montage sind unter anderem die wesentlich höheren Anschaffungs- und Installationskosten. Bei fix verbauten Systemen, wie z.B. der Induktionsschleife, zählt die schwierige Behebung bei Fehlern oder Defekten auch zu den Nachteilen. Diese Schwierigkeit trifft aber nicht auf alle Systeme zu.

So gibt es Seitenradargeräte, die zum Teil als fixes System, zum Teil aber auch als mobiles Gerät verwendet werden. Ein wichtiger Grund dafür ist, u.a. dass sie den oben genannten Nachteil der schwierigen Fehlerbehebung nicht haben. Ihre Montage ist wesentlich weniger aufwändig.

3.4.2 Mobile Systeme

Mobile Messsysteme bieten für kurzfristige Messungen einen großen Vorteil. Sie zeichnen sich vor allem durch eine leichte Montage und leichte Kalibrierbarkeit aus. Eine sehr gute Einsatzmöglichkeit ist z.B. die Veränderung des Verkehrsaufkommens durch die Umsetzung einer lokalen Maßnahme. Durch eine Messung vor der Umsetzung und eine danach kann leicht erfasst werden, ob sich am Verkehrsaufkommen etwas verändert hat. Allerdings muss hierzu auch festgehalten werden, dass bei erneuter Anbringung des Gerätes nach der Umsetzung der Maßnahme eventuell nicht mehr die gleiche

Messsituation erreicht werden kann. Der Vorteil der leichten Montage kann natürlich auch schnell zum Nachteil werden, wenn z.B. ein Messschlauch durch Anheben zu einer Stolperfalle für Fußgänger oder einem Hindernis für RadfahrerInnen wird.

3.5 Stromversorgung

Die Stromversorgung ist bei der Auswahl der Messstelle ein Punkt, der auf keinen Fall vernachlässigt werden darf. Bei einigen mobilen Geräten sind Ausführungen sowohl mit Akkus als auch mit der Möglichkeit an eine bestehende Stromleitung anzuschließen möglich.

3.5.1 Leitungsanschluss

Bei dieser Art von Stromversorgung wird das Messgerät an eine vorhandene Stromquelle, wie z.B. eine VLSA angeschlossen. Vor allem bei der Umsetzung von Langzeitmessungen und stationären Messgeräten zahlt sich eine derartige Einrichtung aus, da das ständige Wechseln des Akkus einen lästigen und langfristig gesehen auch kostenintensiven Mehraufwand bedeutet. Bei mobilen Messgeräten oder Kurzzeitmessungen ist der mit dem Leitungsanschluss verbundene Aufwand sehr viel größer als der daraus gewonnene Nutzen.

An dieser Stelle soll auch erwähnt sein, dass sich Objekte der öffentlichen Beleuchtung nicht für die Einrichtung eines Stromanschlusses eignen, da diese nur in den Abendstunden und in der Nacht mit Strom versorgt werden.

PoE, PoE+ und PoE++

PoE bedeutet „Power over Ethernet“ und beschreibt eine Netzwerkfunktion, die es ermöglicht, netzwerkfähige Geräte über ein Ethernetkabel mit Strom zu versorgen. Es ist nach wie vor notwendig, eine Stromquelle, wie z.B. den Schaltkasten einer VLSA, in der Nähe zu haben jedoch kann die Stromversorgung über ein 12 V Kabel zum Messgerät geführt werden.

PoE ist in unterschiedlichen Standards definiert, die wiederum die maximale Leistung beschreiben. Diese Technik wird meist zum Betrieb von Webcams, Überwachungskameras und WLAN-Access-Points an unzugänglichen Stellen verwendet.

Vorteile dieser Technik sind die Kosteneinsparungen, die durch das Verwenden von nur einem Kabel auftreten. Ein weiterer Vorteil ist der Sicherheitseffekt, der durch die Verwendung eines 12 V Kabels im öffentlichen Raum auftritt. Sollte an diesem Kabel ein Defekt oder eine Beschädigung auftreten, werden Personen bei Berührung maximal einer Spannung von 12 V ausgesetzt und nicht wie in anderen Fällen 230 V. Außerdem ist die Installation des PoE und auch die Erweiterung wesentlich günstiger und einfacher zu bewerkstelligen. (Luber & Donner, 2018)

3.5.2 Akku

Viele Hersteller bieten als alternative Stromversorgung die Versorgung mittels Akkus an. Dabei werden zwei oder mehr Akkus im Wechsel in das Gerät eingesetzt, während der andere auflädt. Diese Art der Stromversorgung eignet sich für Kurzzeitmessungen. Idealerweise ist der Messzeitraum kürzer als die Akkulaufzeit. Ist die Messung über einen längeren Zeitraum angesetzt, so ist der mit dem Akkutauch verbundene Arbeitsaufwand hoch, da dieser manuell erfolgen muss. Dadurch bietet sich die hier beschriebene Methode für Kurzzeitmessungen und Messungen in nicht allzu großer Entfernung an. Es bedarf einer genauen Analyse, mit welcher Stromversorgung die geplante Messdauer am besten realisiert werden kann.

3.5.3 Solarpanel

Diese Art der Stromversorgung wird bei den angebotenen Geräten immer häufiger. In den meisten Anwendungsgebieten reicht die alleinige Versorgung des Gerätes über Solarenergie nicht aus, weshalb diese meist mit der Verwendung eines Pufferspeichers einhergeht. Da die Montage eines Solarpaneels und dessen optimale Ausrichtung einen baulichen Aufwand bedeuten, ist diese Form der Stromversorgung hauptsächlich bei stationären Messgeräten für Dauermessungen vorzufinden.

3.6 Datenübertragung

Die Messdaten müssen nach der Erfassung vom Messgerät auf einen Server übertragen werden. Hierfür gibt es wiederum mehrere Möglichkeiten dies zu bewerkstelligen.

3.6.1 Mobilfunk

GSM steht für „Global System for Mobile Communications“ und ist ein Mobilfunkstandard für volldigitale Mobilfunknetze. Es wurde ursprünglich für Telefongespräche, Faxe und Datensendungen mit konstanter Datenrate genutzt. Stark schwankende Datenraten, wie es bei Internetnutzung üblich ist, wurden nicht eingeplant. Um diesen Bereich mit abzudecken wurden diverse Erweiterungen und Weiterentwicklungen von GSM erstellt, darunter fällt auch GPRS. Es steht für „General Packet Radio Service“ und dient zur Datenübertragung in GSM-Netzen. Der Unterschied zu GSM liegt jedoch in der Paketorientierung, wobei Daten in einzelne Pakete umgewandelt werden und so an den Empfänger übertragen werden. Anwendungsgebiete des GPRS sind unter anderem der MMS Service, die Ferndatenübertragung und die Ortung von Fahrzeugen und Objekten via Positions- und Telemetriedaten. Neben dieser Erweiterung existieren noch zahlreiche weitere. [Walke, 2013]

Die Diskussion über die Abschaltung des GSM- sowie des UMTS-Netzes wird viel diskutiert. Je nach Quelle gib es hier unterschiedliche Angaben, welcher Dienst wann abgeschaltet werden soll. In manchen Artikeln wird sowohl die Abschaltung von GSM und UMTS verkündet, in anderen soll GSM als Basisversorgung erhalten bleiben. Die Abschaltung soll geschehen, damit die verwendeten Frequenzen zum Aufbau des 5G-Netzes sowie zum Ausbau des LTE-(4G)-Netzes verwendet werden können. Die Umsetzung der Abschaltung variiert von Land zu Land, einige haben sogar schon fixe Zeitpunkte festgelegt. (Internet World Business, 2019)

Verschiedene Messgeräte verwenden GSM oder GPRS zur Fernübertragung der Messwerte. Diese Variante hat den Vorteil, dass die Übertragung vollautomatisch erfolgt. Außerdem ist es nicht notwendig, die Datenübertragung am Gerät selbst oder in dessen Nähe auszulösen, wodurch die Anwesenheit am Messort nicht notwendig ist.

3.6.2 Bluetooth

Bluetooth dient als Funktechnik zum Übertragen von Sprache und Daten. Dies erfolgt standardisiert und lizenzfrei. Typisch ist die Integration in kleine, vor allem mobile Geräte. Die Übertragung geschieht üblicherweise auf Kurzstrecken, in einem Radius von ein paar Metern. Die Technologie wird vor allem bei der Anbindung von Kopfhörern, Lautsprechern und Autoradios verwendet, aber auch Smartwatches verwenden Bluetooth zur Datenübertragung. Die Entwicklung von Bluetooth begann 1994 von Ericsson und Nokia zur Umsetzung eines einfachen Kurzstreckenfunks und wurde in einer Interessensgruppe (Bluetooth-SIG) ab 1998 weitergeführt. Heute gehören mehrere tausend Firmen der Interessensgemeinschaft an und entwickeln gemeinsam den Bluetooth-Standard weiter. (Elektronik Kompendium, 2019)

Bei der Verwendung von Bluetooth bei Messgeräten ist es zum Auslesen der Daten notwendig sich in der Nähe der Messstelle zu befinden, da die Reichweite der Bluetooth-Technologie begrenzt ist. Dies kann bei längeren Messungen oder bei Dauermessungen zu einem nicht unerheblichen Personalaufwand führen.

3.7 Messwertaktualität

Der Parameter Messwertaktualität ist stark mit der Datenübertragung verknüpft. Das Auslesen der Daten und die Umsetzung der Datenanzeige spielt hier aber auch eine große Rolle, da unterschiedliche Auswertungs- und Datenoberflächen auch unterschiedliche Möglichkeiten für die Echtzeitdatenübertragung liefern. Je nach Wunsch der Verwendung der Daten kann entweder die eine oder andere Art der Messwertaktualität von Vorteil sein.

3.7.1 Daten in Echtzeit

Um Daten in Echtzeit sehen zu können, ist das automatisierte Auslesen und eine automatisierte Ferndatenübertragung notwendig, z.B. über GPRS. Nur wenn die Daten zeitnah, in regelmäßigen und kurzen Abständen an einen zentralen Server gesendet werden ist eine Darstellung der Daten nahe an der Echtzeit möglich. Diese Art der Datenanzeige findet in der Verkehrsdatenerfassung nur wenig Anwendung.

3.7.2 Nachträgliche Darstellung

Bei Messgeräten deren Daten händisch abgerufen werden und danach auf den Server hochgeladen werden müssen, ist eine Echtzeitdatenübertragung technisch nicht möglich. Um die Kosten für die Datenübertragung gering zu halten, wird die Übertragung in festen Zeitabständen durchgeführt. Es werden z.B. die Daten eines Tages gesammelt in einem Datenpaket ausgelesen und übertragen.

Natürlich stellt sich an diesem Punkt die Frage, ab welchem Zeitintervall eine Automatisierung des Auslese- und Übertragungsprozesses sinnvoll ist. Sofern es nicht anders notwendig ist, kann auch am Ende des Messzeitraumes eine Datenabfrage über den gesamten Zeitraum gemacht werden.

3.8 Auswertung

Im Bereich der Auswertung können unterschiedliche Ziele verfolgt werden, wodurch sich für Betreiber von Zählstellen verschiedene Anforderungen ergeben können.

3.8.1 Auswertungstool

Viele Zählstellenhersteller bieten ein eigenes Tool zur Datenbearbeitung, -aufbereitung und -auswertung an. Diese Pakete können sehr umfangreich sein und verschiedene, vorgefertigte Analysen enthalten. Einzelne Firmen bieten sogar eine regelmäßige Validierung der Daten an, um die Qualität des Zählgerätes im Betrieb gewährleisten zu können.

Herstellereigene Datenauswertungstools sind vor allem für öffentliche Stellen interessant, da dann für Auswertungen und Analysen nicht unbedingt zusätzliches, fachlich ausgebildetes Personal eingestellt werden muss. Weiters kann ein gewisses Maß an Verantwortlichkeit für die wiedergegebenen Messungen an den Hersteller und sein System abgegeben werden.

3.8.2 Rohdaten

Rohdaten enthalten den Zeitpunkt der Vorbeifahrt eines Fahrzeuges. Abhängig vom Messgerät oder auch des physikalischen Messprinzips können weitere Eigenschaften des vorbeifahrenden Fahrzeuges, wie z.B. Geschwindigkeit oder Länge, erfasst und gespeichert werden. Für wissenschaftliche Zwecke ist diese Art der Datenbereitstellung zu bevorzugen. Mithilfe von Rohdaten können gezielte Analysen durchgeführt werden, die meist spezieller sind als die, die mit den mitgelieferten Produkten erstellt werden. Bei diesen Daten handelt es sich meist um aggregiert und bereinigte Daten. Bei der Aggregation von Daten werden alle Fahrzeuge in einem bestimmten Zeitintervall summiert. Durch diesen Schritt gehen wichtige Informationen verloren. Außerdem können Daten, die durch einen Filter entfernt wurden, Auskunft über die Qualität der Messstelle und eventuell während der Messung aufgetretene Probleme, wie z.B. Vandalismus oder temporäre Störfaktoren, liefern.

3.9 Zusammenfassung

Es gibt viele verschiedene Parameter anhand derer Zählsysteme unterschieden werden können. Die oben genannten Parameter sind nur eine exemplarische Auswahl und zugleich die für diese Arbeit wichtigsten Parameter für Radzählsysteme. Sie haben natürlich auch für andere Zählsysteme ihre Gültigkeit.

Tabelle 8: Zusammenfassung Typisierungsparameter

Parameter	Ausprägung
Messdauer	Dauermessung
	Kurzzeitmessung
Sensortyp	Verformungssensor – Pneumatischer Druckschlauch
	Verformungssensor – Piezoelektrischer Sensor
	Induktionsschleife
	Radarsensor
	Pyrosensor
	Videoerfassung
Kontakt bei Messung	Kontaktbehaftete Messung
	Kontaktlose Messung
Montage	Stationäres System
	Mobiles System
Stromversorgung	PoE, PoE+, PoE++
	Leitungsanschluss
	Akku
	Solarpanel
Datenübertragung	Mobilfunk
	Bluetooth
Messwertaktualität	Echtzeit
	Nachträgliche Darstellung
Auswertung	Auswertungstool
	Rohdaten

Die oben genannten Parameter haben bei der Entscheidung, welches System angewendet werden soll, eine wichtige Rolle. Je nach vorhandenen Voraussetzungen des Messstandortes können bestimmte Zählgeräte schon von vornherein ausgeschlossen werden.

4 Testmessungen ausgewählter Zählsysteme

Ein zentraler Punkt der vorliegenden Masterarbeit sind, neben der vorangegangenen Recherche, die Testmessungen der Zählgeräte, die vom Institut für Straßen- und Verkehrswesen in Abstimmung mit der Recherche aus Kapitel 2 dieser Arbeit angeschafft wurden. Weiters konnte auf die Daten der stationären Zählstellen des Landes Steiermark und der Stadt Graz während der Messzeiträume zugegriffen werden. Somit konnten weitere Zählstellentypen getestet und in die Auswertung und den Vergleich einbezogen werden. Die Stadt Graz konnte zusätzlich ein Testgerät des Unternehmens Eco Counter organisieren, welches mit einer Videodetektionstechnik ausgestattet ist.

Dieses Kapitel stellt das Vorgehen bei den Messungen mithilfe von Methodik und Messkonzept dar. Es erläutert die Auswahl der endgültigen Messstandorte, sowie die davor notwendigen Schritte und Abstimmungen mit der Stadt Graz. Außerdem wird etwas genauer auf die angeschafften und in den Vergleich einbezogenen Geräte eingegangen und wichtige Punkte für Montage und Funktionstüchtigkeit, die sich während der Messkampagne ergeben haben, erläutert.

4.1 Ziel

Das Ziel der Testmessungen ist es, die zur Verfügung stehenden Systeme und ihre Anwendbarkeit auf spezifische Straßensituationen zu vergleichen, soweit dies bei den unterschiedlichen Systematiken möglich ist. Bevor aber ein Vergleich möglich ist, müssen Daten generiert werden, also die Testmessungen geplant, Standorte mit den zuständigen Behörden festgelegt und Messungen durchgeführt werden.

4.2 Methodik und Messkonzept

Die verschiedenen Messsysteme sollen an fünf speziellen Straßensituationen getestet werden. Sowohl die Messgeräte als auch die Straßensituation werden in den nächsten Kapiteln näher erklärt.

An jedem Standort, der für die Straßensituation als spezifisch ausgewählt wurde, werden alle vorhandenen Zählgeräte aufgebaut und anschließend alle verfügbaren Messgeräte im Vergleich betrachtet. Nach Möglichkeit wird ein Messstandort so ausgewählt, dass der Aufbau der mobilen Geräte im Nahbereich eines stationären Systems der Stadt Graz oder des Landes Steiermark erfolgt.

An allen Messpunkten wird je zwei Tage gemessen. Zusätzlich zu den Gerätemessungen wird an jedem Messort täglich drei händische Zählungen durchgeführt. Die Zählungen dauern je zwei Stunden und werden morgens, mittags und abends durchgeführt. So ergeben sich sechs händische Zählungen je Messstandort.

Die Daten werden anschließend mit den Daten der händischen Zählungen validiert und ausgewertet. Danach werden mit ausgewählten Standorten und Zählgeräten statistische Tests durchgeführt. Die Durchführung der Datenauswertung wird in Kapitel 5 und die statistischen Tests werden in Kapitel 6 dargestellt und erklärt.

Das genaue Messkonzept mit den finalen Messstandorten, den Tagen der Messungen und den aufgebauten Geräten ist in Kapitel 4.5 in Abbildung 40 ersichtlich.

4.3 Straßensituationen und Auswahl Teststandorte

In der Aufgabenstellung wurden fünf Straßensituationen definiert, die betrachtet werden sollen: eine Fahrtrichtung mit und ohne Fußgänger, zwei Fahrtrichtungen mit und ohne Fußgänger und einen

Aufstellbereich. Bei der Recherche in Kapitel 2 zeigte sich jedoch, dass es für Aufstellbereiche keine Systemlösungen gibt, die auch für die freie Strecke geeignet sind. Um RadfahrerInnen im Aufstellungsbereich erfassen zu können, wird immer eine Speziallösung verwendet. Die in weiterer Folge betrachteten Geräte befassen sich alle mit der Erfassung dynamisch bewegter Objekte, also mit der Erfassung von RadfahrerInnen, Autos oder FußgängerInnen in Bewegung.

Als Alternative für den Aufstellbereich wurde eine neue Straßensituation gesucht. Da der Mischverkehr in Graz für den Radverkehr, aufgrund der hohen Anzahl an Tempo-30-Straßen, eine große Bedeutung hat, wurde dieser als alternative Straßensituation ausgewählt. Mischverkehr beschreibt hier die Mischung von RadfahrerInnen und motorisierten Kraftfahrzeugen.

In diesem Abschnitt geht es um die Identifizierung von möglichen Teststellen und es wird noch keine Evaluierung bezüglich technischer Anforderungen der Messsysteme durchgeführt. Dies erfolgt in Kapitel 4.6.

4.3.1 Eine Fahrtrichtung ohne FußgängerInnen

Szenarien ohne FußgängerInnen sind in Graz sehr schwer zu finden, da Radwege, die nicht als Radstreifen auf der Straße ausgeführt sind, prinzipiell nur für Räder gedacht, jedoch von FußgängerInnen (insbesondere Läufern) gerne mitverwendet werden. Gründe hierfür sind einerseits das Fehlen von ausreichend ausgebauten und beleuchteten Gehwegen. Andererseits verwenden FußgängerInnen oft Radwege, da ihnen die Verbindung kürzer und direkter erscheint, selbst wenn dies nicht der Fall ist.

Ein weiterer Grund für die schwere Auffindbarkeit von geeigneten Messtellen ist die generelle Seltenheit von Radwegen mit nur einer Fahrtrichtung. Die meisten Radwege werden in Graz mit zwei Fahrtrichtungen, also im Gegenverkehr, ausgeführt. In vielen Fällen wäre nicht genügend Platz, um je einen Streifen pro Fahrtrichtung zu errichten und diese unter Umständen auch noch räumlich oder baulich zu trennen.



Abbildung 21: St.-Peter-Hauptstraße Abzweigung Raaba

Als potenzielle Teststandorte wurde der Murradweg parallel zum Kaiser-Franz-Joseph-Kai auf Höhe der Murinsel und das letzte Stück des neu errichteten Radweges entlang der St.-Peter-Hauptstraße an der Abzweigung nach Raaba identifiziert.

Die Messstelle in der St.-Peter-Hauptstraße scheidet aus, da anzunehmen war, dass hier wenige RadfahrerInnen fahren. Der Radweg wird nach diesem Kreuzungsbereich zurück auf die Straße geleitet. Die Anbindung an die Gemeinde Raaba erfolgt hier ohne gesonderten Radweg oder Radstreifen. Die Stelle mit Blickrichtung stadteinwärts ist in Abbildung 21 ersichtlich. In diese Richtung wird der Radweg auf einem Großteil der St.-Peter-Hauptstraße als Radstreifen geführt.



Abbildung 22: Murradweg Höhe Murinsel

Die zweite potenzielle Messstelle am Murradweg R2 auf Höhe der Murinsel weist eine bessere Eignung auf. Neben einem hohen Radfahreraufkommen können hier auch beide Messsituationen (mit und ohne FußgängerInnen) mit einer Fahrtrichtung durchgeführt werden, da der Radweg für eine kurze Distanz von zwei Fahrtrichtungen im Gegenverkehr auf zwei Einzelfahrtrichtungen mit baulicher Trennung geteilt wird, wie in der vorangegangenen Abbildung 22 ersichtlich ist. Diese Stelle eignet sich sehr gut für eine Messung da die Strecke gerade verläuft. Es ist anzunehmen, dass aufgrund der Aufspaltung und Zusammenführung der Richtungen die Geschwindigkeit an diesen Stellen etwas niedriger sein wird als es auf einem durchwegs geraden Stück der Fall wäre.

4.3.2 Eine Fahrtrichtung mit FußgängerInnen

Bei dieser Straßensituation ist auf den vorigen Absatz 4.3.1 zu verweisen. FußgängerInnen sind in diesem Szenario zwar erwünscht, was zumindest eine der zuvor genannten Schwierigkeiten wegfallen lässt. Allerdings sind auch Radwege mit nur einer Fahrtrichtung in Kombination mit FußgängerInnen in Graz sehr selten. Oft treten in Graz Radwege mit einer Fahrtrichtung mit und ohne FußgängerInnen in Kombination auf, so wie in Abbildung 22 ersichtlich. Gründe für Aufsplittungen eines Radweges sind nicht ausreichende Platzverhältnisse oder vorhandene Hindernisse, wie z.B. die Baumreihe in Abbildung 22.

Als potentielle Teststandorte wurden wieder der Murradweg parallel zum Kaiser-Franz-Joseph-Kai auf Höhe der Murinsel und das letzte Stück des neu entlang der St.-Peter-Hauptstraße errichteten Radweges an der Abzweigung nach Raaba identifiziert. Eine weitere Möglichkeit stellt der Radweg in der Technikerstraße dar, der als Geh- und Radweg am Gehsteig ausgeführt ist. In dieser Straße gibt es eine Einbahn für motorisierte Kraftfahrzeuge und Radfahrer von der Sparbersbachgasse in Richtung Rechbauerstraße und der zuvor beschriebene Radweg verläuft am Gehsteig in der entgegengesetzten Richtung, wie in Abbildung 23 ersichtlich ist.



Abbildung 23: Technikerstraße

Dieser Standort eignet sich aufgrund seiner Geradlinigkeit sehr gut für einen Messstandort. Zusätzlich ist wegen der unmittelbaren Nähe zum Standort Alte Technik der Technischen Universität Graz mit einem ausreichenden Radfahrer- und Fußgängeraufkommen zu rechnen, um die Messgeräte vergleichen zu können.

4.3.3 Zwei Fahrrichtungen ohne FußgängerInnen

In Graz gibt es zahlreiche Radwege mit zwei Fahrrichtungen. Die Schwierigkeit, einen geeigneten Messstandort für diese Straßensituation zu finden, liegt hier wieder bei der Anforderung „ohne FußgängerInnen“. Vorhandene Radwege sind in Graz nur sehr selten räumlich von Gehwegen getrennt, wodurch diese gerne von FußgängerInnen mitbenutzt werden. Als Voraussetzung für einen geeigneten

Messstandorte muss daher entweder ein ausreichend ausgebauter und für FußgängerInnen attraktiver Gehweg in unmittelbarer Nähe vorhanden sein oder im Bereich der Messstelle darf kein Point-of-Interest (POI) für FußgängerInnen liegen oder dieser darf über den Radweg nicht scheinbar besser erreichbar sein.

Diese Anwendungssituation ist vor allem auf Radschnellverbindungen, die auch schon in Graz stark diskutiert werden, sehr häufig. Es kann nie ganz ausgeschlossen werden, dass FußgängerInnen den Radweg mitbenutzen. Da es aber gerade auf solchen Strecken interessant ist, wie viele RadfahrerInnen unterwegs sind, ist es wichtig die Anforderungen an das Zählgerät vor dessen Anschaffung festzulegen. Um verlässliche Zahlen zu bekommen, muss das Zählgerät FußgängerInnen entweder gar nicht aufzeichnen oder in einer eigenen Klasse erfassen. Die eigene Klasse bietet den Vorteil, dass dennoch eine Auskunft über das Fußgängeraufkommen gegeben werden kann.

Als potentielle Messstandorte wurden der Murradweg auf Höhe des Andreas-Hofer-Platz und der Radweg parallel zur Glacisstraße, vor allem aufgrund der dort vorhandenen Bestandszählstelle der Stadt Graz identifiziert.

Der Murradweg auf Höhe des Andreas-Hofer-Platz scheidet bei der Auswahl aus, da hier zwar ein separater, baulich getrennter Gehweg vorhanden ist. Dieser wird nachts aber nur schlecht beleuchtet, daher wurde angenommen, dass viele FußgängerInnen hier auf den besser beleuchteten Radweg ausweichen. In Abbildung 24 ist dieser Abschnitt ersichtlich.

Der Radweg entlang der Glacisstraße eignet sich gut als Messstandort, da der direkte Vergleich mit den Daten der Stadt Graz möglich ist. Zusätzlich ist dies eine sehr beliebte Pendler-Radstrecke, wegen der direkten Verbindung in die Innenstadt. Dementsprechend ist mit hohen Früh- und Abendspitzen zu rechnen.



3

Abbildung 24: Murradweg auf Höhe des Andreas-Hofer-Platzes



Abbildung 25: Radweg entlang Glacisstraße

4.3.4 Zwei Fahrrichtungen mit FußgängerInnen

Radwege mit zwei Fahrrichtungen kommen in Graz von den zuvor genannten Straßensituationen am häufigsten vor. Als Anforderung an die Zählstelle ist hier wichtig, dass FußgängerInnen und RadfahrerInnen zuverlässig unterschieden werden. Im besten Fall sollten sie später bei der Auswertung in zwei separaten Klassen angeführt sein.

Als potenzielle Messstellen wurden der Radweg entlang der Kärntner Straße auf Höhe der Pfarre Don Bosco und in der Wetzelsdorfer Straße auf Höhe des Autohauses Denzel identifiziert. An beiden Stellen ist eine Zählstelle des Landes Steiermark vorhanden, weswegen sich die beiden Messstandorte sehr gut eignen würden. Wie zuvor schon erwähnt gibt es hier natürlich sehr viele Möglichkeiten, wie z.B. den Murradweg entlang des Augartens, den Radweg entlang der Keplerstraße oder den Radweg entlang des Opernrings.

In Abbildung 26 ist der Radweg entlang der Wetzelsdorfer Straße ersichtlich. Auf Höhe des Rades ist die Induktionsschleife des Landes Steiermark eingelassen.

In Abbildung 27 ist die Induktionsschleife des Landes Steiermark in der Kärntner Straße zu sehen, welche sich in der Nähe des Bahnhofes Don Bosco befindet.



Abbildung 26: Stationäre Radzählstelle Land Steiermark in der Wetzelsdorfer Straße



Abbildung 27: Stationäre Radzählstelle Land Steiermark in der Kärntner Straße

4.3.5 Mischverkehr

Der Mischverkehr ersetzt den Aufstellbereich aus den Straßensituationen der Aufgabenstellung. Viele Straßen in Graz sind als Tempo-30-Zone oder als Einbahn mit entgegengesetztem Radstreifen ausgeführt. Es ist daher nicht unerheblich, dass diese Straßensituation in der gegenständlichen Arbeit mitbetrachtet wird. Es gibt somit unzählige Möglichkeiten für Messstellen im Mischverkehr.

Ideen für einen Messstandort sind unter anderem die Girardigasse und die Klosterwiesgasse. Die Girardigasse wurde jedoch bald wieder verworfen, da für einen längeren Zeitraum an dieser Stelle eine Baustelle angekündigt war.

In der Klosterwiesgasse dürfen Autos nur in die Richtung der Einbahn vom Jakominigürtel Richtung Steyregasse fahren, für RadfahrerInnen gibt es aber einen Radstreifen entgegen der Fahrtrichtung. Die Abbildung 28 zeigt den Blick in Richtung der Einbahn.



Abbildung 28: Klosterwiesgasse

4.4 Messgeräte für Messungen

Das Institut für Straßen- und Verkehrswesen hat für die Messungen zwei neue Geräte angeschafft. Zusätzlich stellte das Institut ein schon vorhandenes Gerät (Sierzega SR4) für Vergleichsmessungen zur Verfügung. Um mehr Geräte und Systeme in den Vergleich einbeziehen zu können, wurden einerseits die Daten der neu verbauten Zählstellen des Landes Steiermark und andererseits die Daten der Dauerzählstellen der Stadt Graz in die Arbeit aufgenommen, wo dies möglich war. Aus diesem Grund werden in den nachfolgenden Unterkapiteln auch diese Geräte näher erklärt.

4.4.1 DataCollect SDR (Technische Universität Graz)

Das Gerät SDR des Unternehmens DataCollect ist eines der beiden neu angeschafften Geräte des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen der Technischen Universität Graz. Es handelt sich dabei um ein Seitenradargerät.

Nach einem Vertriebsgespräch zwischen einem Vertreter des Unternehmens DataCollect und dem Institut für Straßen- und Verkehrswesen fiel die Entscheidung auf dieses System. Aufgrund der zwei verfügbaren Softwarepakete, die für das SDR ausgewählt werden können, lässt sich nicht nur der Gesamtverkehr mit dem Seitenradar erfassen, sondern auch speziell der Radverkehr. Die zwei mögliche Softwarepakete, Traffic+ oder Bike+, wirken sich auf die voreingestellte Klassifizierung aus. Vonseiten des Instituts wurde das Softwarepaket Traffic+ gewählt, um es auch zu einem späteren Zeitpunkt für verschiedenste Messkampagnen einsetzen zu können. Der Hauptunterschied zwischen den beiden Softwarepaketen ist die vorherrschende Verkehrsklasse. Bei Traffic+ kann zwischen Car und Truck gewählt werden.

Montage

Die Montage des SDR ist auch durch eine Person unproblematisch zu bewerkstelligen. Hauptgrund hierfür ist, dass zuerst die Halterung am Mast befestigt wird. Die Halterung wird in Abbildung 30 gezeigt. Im nächsten Schritt wird die Box mit dem Messgerät darauf montiert. Dies ist ein großer Vorteil, da die Box aufgrund des großen Akkus recht schwer ist (Abbildung 31). So kann zuvor schon die Halterung genau auf die erforderlichen 45° ausgerichtet werden. Als Hilfestellung kann von DataCollect zusätzlich ein Laser-Winkelmesser angeschafft werden.

Um die Diebstahl- und Vandalismussicherheit gewährleisten zu können, sind auf der Halterung drei Vorrichtungen für Schlösser vorhanden. Die Schlösser sind allerdings nicht im Lieferumfang enthalten und müssen zusätzlich angeschafft werden. Das Ziel wird damit aber definitiv erfüllt: das Verschieben, Öffnen oder gar Abnehmen der Box mit Messgerät oder der Halterung sind nicht mehr möglich. Die nachfolgende Abbildung 29 zeigt die graue Box mit den drei Schlössern bei der Messung in der Technikerstraße.



Abbildung 29: DataCollect SDR Aufbau



Abbildung 30: DataCollect SDR Halterung



Abbildung 31: DataCollect SDR Akku und Messgerät

Datenauslese

Zum Auslesen der Daten des SDR des Unternehmens Datacollect gibt es einerseits die Möglichkeit, diese automatisch über GPRS auslesen zu lassen. Die zweite Möglichkeit, die auch vom Institut für Straßen- und Verkehrswesen gewählt wurde, ist das Auslesen per Bluetooth. Danach müssen die Daten noch auf der Homepage hochgeladen werden. In weiterer Folge können sowohl die Auswertung der Daten als auch die Rohdaten von dieser Homepage heruntergeladen werden.

4.4.2 Sierzega Seitenradar SR4 (Technische Universität Graz)

Das Sierzega SR4 ist ein Bestandsgerät des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen. Dabei handelt es sich um ein Seitenradargerät. Es kann für alle Verkehrsmodi, also auch motorisierte Fahrzeuge, verwendet werden. Dieses Gerät dient bei dieser Messkampagne hauptsächlich als Vergleichsmessung.

Montage

Die Montage des Sierzega SR4 kann alleine erfolgen, allerdings wird es mit einem zweiten Paar Hände wesentlich einfacher und schneller. Im Vergleich zum Seitenradar SDR des Unternehmens DataCollect ist dieses Gerät sehr leicht. Grund hierfür sind die zwei leichten, in Serie geschalteten Akkus des SR4 im Vergleich zum großen Akku des SDR.

Ein wichtiger Unterschied ist die Stangenhalterung, welche in der Box festgeschraubt wird. Dies ist in Abbildung 33 ersichtlich. Das wiederum bedeutet, dass von Beginn an die Box am Mast gehalten werden muss, weswegen, wie zuvor erwähnt, ein zweites Paar Hände bei der Montage sehr hilfreich ist. Um das Gehäuse am Mast zu befestigen müssen zumindest die zwei Akkus aus der Box entfernt werden. Sobald die beiden Akkus und das Messgerät wieder in der Box verstaut sind, kann die Box auf die notwendigen 30 ° ausgerichtet werden.

Die Anbringung der Halterung im Gehäuse und das Schloss auf der Vorderseite der Box stellen den Schutz vor Diebstahl- und Vandalismus dar. Nach dem Absperren des Schlosses kann die Box nicht geöffnet oder abgenommen werden. Jedoch ist es möglich, das Gehäuse, trotz festem Anziehen der Muttern der Halterung, zu verdrehen, wodurch der Winkel zur Fahrbahn und damit auch die Qualität der Messung verändert werden kann. Eine derartige Störung der Messung kann demnach nicht ausgeschlossen werden.

In Abbildung 32 ist das Sierzega SR4 ersichtlich. Auf der Vorderseite ist das Schloss gut erkennbar. Die Tür ist zusätzlich noch mit einer Dichtung versehen, um das Gehäuse möglichst wasserdicht zu machen. Auf der Abbildung 33 ist die leere Box mit den festgedrehten Muttern der Stangenhalterung zu sehen.



Abbildung 32: Sierzega SR4 Aufbau



Abbildung 33: Sierzega SR4 Innenansicht

Datenauslese

Die Daten des Sierzega SR4 werden mit einer Smartphone-App via Bluetooth ausgelesen. Danach müssen die Daten mithilfe eines Softwareprogrammes exportiert werden, damit die Datei in Excel geöffnet werden kann. Das Dateiformat, welches direkt nach dem Auslesen erstellt wird, kann nicht über ein anderes Programm geöffnet werden.

4.4.3 Eco Counter TUBES (Technische Universität Graz)

Bei dem Gerät TUBES des Unternehmens Eco Counter handelt es sich um einen pneumatischen Druckschlauch. Dieses System wurde gewählt, um neben den Seitenradargeräten ein weiteres physikalisches Prinzip, das sich für den mobilen Einsatz eignet, testen zu können. Das Herstellerunternehmen wirbt mit der besonders leichten und schnellen Montage für dieses Gerät.

Montage

Bei der Montage werden zwei Messschläuche über den Querschnitt verlegt und an den Seiten der Fahrbahn befestigt, um ein Verrutschen zu verhindern. Der Schlauch muss von den RadfahrerInnen überfahren werden, um eine Detektion auszulösen. Die Stromversorgung erfolgt mithilfe einer langlebigen Batterie. Das Gerät ist speziell für den Radverkehr ausgelegt. Die Länge der Schläuche kann bei der Bestellung ausgewählt werden. Vom Institut für Straßen- und Verkehrswesen wurden Schläuche mit je vier Meter gewählt. Alternativ können für den Einsatz im Mischverkehr auch andere Schläuche bestellt werden, die aufgrund der Materialeigenschaften dann auch von motorisierten Fahrzeugen überfahren werden können, ohne nach kurzer Zeit beschädigt zu werden.



Abbildung 34: TUBES – Testaufbau 1

Für diese Testgerät wurden zwei Testaufbauten am Gelände der Technischen Universität Graz durchgeführt. Der Aufbau konnte beim ersten Versuch in nur 35 Minuten bewerkstelligt werden. Mit etwas Übung scheint es durchaus plausibel, dass dieser auch schneller gelingen kann. Die nachfolgenden Abbildung 34 stammen vom ersten Testaufbau. Im Zuge des zweiten Testaufbaus wurde ein Bitumenklebeband verwendet, um das Abheben der Messschläuche zu verhindern. Das ist in Abbildung 35 ersichtlich. Nähere Ausführungen, warum diese Maßnahme notwendig war, sind dem Kapitel 4.5 zu entnehmen.



Abbildung 35: TUBES – Testaufbau 2

Die silberne Box, die in Abbildung 35 am linken Bildrand zu sehen ist, wird bei einem Einsatz im Realbetrieb mit einer massiven Kette, die im Lieferumfang enthalten ist, gegen Diebstahl und Vandalismus abgesichert. Die Kette wird beispielsweise um einen Mast gewickelt und so an der Box befestigt, dass auch ein Öffnen dieser unmöglich ist.

Datenauslese

Die Daten können bei dem Gerät TUBES des Unternehmens Eco Counter wieder mittels Bluetooth vom Gerät ausgelesen werden. Danach müssen die Daten auf der Webanwendung oder in der Software auf den Server des Unternehmens hochgeladen werden. Erst dann können die Daten angesehen und heruntergeladen werden. Alternativ wäre auch hier die Möglichkeit der automatisierten Datenübertragung per GSM möglich. Nähere Erklärungen dazu sind in Kapitel 4.4.4 enthalten.

4.4.4 Eco Counter CITIX 3D (Stadt Graz)

Das Unternehmen Eco Counter stellte dieses Gerät der Stadt Graz als Testgerät zur Verfügung. Es handelt es sich dabei um ein Kamera-System, welches ausschließlich stationär eingesetzt wird.

Montage

Die Montage des CITIX 3D erfolgte bei dem Testgerät der Stadt Graz durch das Unternehmen Siemens, die einen eigens dafür angefertigten Mast am Messstandort aufstellte. Hauptgrund für diese Maßnahme sind die 20 kg Eigengewicht des Messgerätes, die eine Montage auf bestehenden Masten schwierig macht. In Abbildung 36 ist das Messgerät des Unternehmens Eco Counter ersichtlich. Die

Stromversorgung des Gerätes wurde über einen nahegelegenen Schaltkasten, welcher auch die VLSA versorgt, bereitgestellt.



Abbildung 36: Eco Counter CITIX 3D

Aufgrund der Tatsache, dass es sich hier um ein stationäres System handelt und auch die Montage nicht so leicht zu bewerkstelligen ist, wurde das Gerät CITIX 3D des Unternehmens Eco Counter nur an einem Messstandort installiert und verglichen.

Datenauslese

Die Daten werden bei dem Testgerät CITIX 3D des Unternehmens Eco Counter automatisiert mittels GSM vom Gerät an einen Server geschickt. Somit können die Daten nach kurzer Zeit in der Webanwendung EcoVisio des Unternehmens Eco Counter oder in dessen gleichnamiger Desktopversion angesehen und heruntergeladen werden. Die kleinste zeitliche Auflösung liegt bei 15 Minuten. In EcoVisio können neben den Daten auch verschiedene Auswertungen erstellt und heruntergeladen werden. Die Software dient auch zur allgemeinen Verwaltung aller Zählstellen (des Unternehmens Eco Counter)

4.4.5 CAT Traffic BikeCounter (Land Steiermark)

Bei allen vier neuen Zählstellen des Landes Steiermark wurde das System BikeCounter des Unternehmens CAT Traffic verbaut. Produkte dieses Unternehmens werden in Österreich von VKT Verkehrs- und Kommunikationstechnik GmbH vertrieben, die auch die Wartung und Instandhaltung der Geräte übernehmen.

Laut der Gerätebeschreibung des Unternehmens VKT, welche von der Stadt Klagenfurt übermittelt wurde, handelt es sich um ein modular aufgebautes Verkehrserfassungsgerät, welches bis zu 4 Spuren und somit maximal 8 Richtungen verarbeiten kann. Radwege bis zu 6 m Breite und eine große Zahl an Straßensituationen (z.B. zwei Radwege auf jeder Straßenseite oder Kreuzungsbereiche) sollen damit abgedeckt werden.

An jedem Standort wurden an zwei Tagen jeweils die Morgenspitze, die Abendspitze und die Mittagsflaute händisch gezählt. Zirka zwei Stunden lang wurden dabei die verschiedenen Verkehrsmodi (RadfahrerInnen, FußgängerInnen und Autos) nach Richtung entsprechend der Straßensituation erfasst. Somit wurden je Standort sechs händische Zählungen und somit Vergleichsdatensätze generiert. Als zeitliche Auflösung wurden Intervalle mit je fünf Minuten gewählt. Eine weitere Aggregation der Daten ist somit möglich.

Eine genaue Beschreibung in welchem zeitlichen Horizont die Zählung an jedem Standort erfolgt ist und genauere Details zur Positionierung und Durchführung können dem Abschnitt 4.6 entnommen. Abbildung 37 zeigt einen Ausschnitt der Notizen zu den händischen Zählungen.

4.5 Abstimmung Stadt Graz

Die in Kapitel 4.3 genannten, möglichen Teststandorte mussten nach der Vorauswahl mit der Stadt Graz abgestimmt werden, um eine Messung durchführen zu können. Das Messkonzept inklusive der Beschreibung der genauen Standorte wurden zuerst an das Straßenamt geschickt, von wo als Antwort weitere Anweisungen und Auflagen für die Umsetzung kamen. Der genaue Verlauf wurde in den folgenden Unterkapiteln genauer dokumentiert.

4.5.1 Straßenamt

An das Straßenamt wurde das geplante Messkonzept mit Informationen zu Geräten, Messzeitpunkten und Messstandorten geschickt. Nach einer ersten Prüfung wurden verschiedene Auflagen definiert, die vor einer Freigabe der Messungen noch erledigt werden mussten.

Für die Seitenradargeräte musste eine Abstimmung zu den Messstandorten mit den zuständigen Straßenmeistern erfolgen. Außerdem musste mit dem Verantwortlichen für öffentliche Beleuchtung aus dem Referat für Verkehrssteuerung und Straßenbeleuchtung geklärt werden, ob die Montage der Geräte auf Objekten der öffentlichen Beleuchtung möglich ist. Damit waren alle Aufgaben für die Messungen mit den Seitenradargeräten erledigt.

Die Verwendung des Messsystems TUBES des Unternehmens Eco Counter, welches mit einem Detektionsschlauch misst, stellte für die Verantwortlichen beim Straßenamt der Stadt Graz ein Problem dar. Die Hauptkritikpunkte waren die beeinträchtigte Griffigkeit der Fahrbahn durch den aufgelegten und auf den Seiten befestigten Schlauch, sowie die Möglichkeit, dass dieser zur Stolperfalle werden könnte. Somit wurde in einem ersten Schritt die Einholung eines Bescheides nach §82 StVO für das Gerät TUBES gefordert.

Zwei Testaufbauten am Gelände der Technischen Universität sollten die dafür notwendige Grundlage bieten. Es wurde an einer Anpassung des Messsystems gearbeitet, um die Durchführung der Messungen trotz der Zweifel des Straßenamtes doch noch ermöglichen zu können. In Anlehnung an das Messsystem eTube des Unternehmens DataCollect wurden die Messschläuche abgeklebt, um deren Abheben zu verhindern. Abbildung 38 zeigt die mit Bitumenklebeband abgedeckten Messschläuche



Abbildung 38: Testaufbau TU Graz

Durch die Elastizität des Bitumenklebebandes wird die Messung nicht beeinträchtigt. Mit einem kurzen technischen Bericht der durchgeführten Testaufbauten wurde erneut um Genehmigung der Messungen des Messgerätes TUBES beim Straßenamt angesucht.

Schließlich wurden die TUBES von Seiten des Straßenamtes nicht genehmigt, wodurch auch keine bescheidmäßige Erledigung mehr notwendig war. Die Gefahr, dass die Schläuche des Messgerätes zu einer Stolperfalle werden, war der Stadt Graz zu groß, da sie bei Genehmigung im Schadensfall die Haftung übernehmen muss. Das Messgerät kann auch diesen Gründen nicht im Grazer Stadtgebiet getestet und konnte auch nicht in den Vergleich dieser Masterarbeit miteinbezogen werden.

4.5.2 Straßenmeister

Der vom Straßenamt der Stadt Graz geforderte Abstimmungstermin mit den zuständigen Straßenmeistern fand in der Floßlendgasse statt. Anhand der zuvor schon an das Straßenamt übermittelten Unterlagen wurden die zuvor ausgewählten Standorte besprochen.

Bei den Messgeräten mit der Radartechnologie gab es keine Einwände des zuständigen Straßenmeisters. Einer der vorausgewählten Messstandorte, musste im Zuge dieses Gespräches aber in Frage gestellt werden, da am Radweg auf Höhe der Murinsel keine Verkehrszeichen zur Montage der Messgeräte vorhanden sind. An dieser Stelle sind lediglich drei Abspannmasten in der Baumreihe zwischen den zwei Richtungstreifen für RadfahrerInnen vorhanden.

Der zuständige Straßenmeister war sehr hilfsbereit und gemeinsam mit ihm konnte eine Möglichkeit gefunden werden, wie die Messgeräte auch an den Abspannmasten montiert werden könnten. Das war notwendig, da der Abspannmast einen viel dickeren Querschnitt hat als herkömmlich Verkehrszeichenmasten. Die standardmäßig im Lieferumfang der Messgeräte enthaltenen Halterungen reichen für diesen Durchmesser nicht aus.

An allen anderen Stellen sind ein bis zwei Verkehrszeichen vorhanden, an denen die Montage erfolgen kann. Für den Messpunkt auf Höhe der Murinsel muss die Montage separat mit dem Zuständigen für öffentliche Beleuchtung der Stadt Graz besprochen werden

4.5.3 Öffentliche Beleuchtung

In Kapitel 4.5.2 wurde gemeinsam mit dem zuständigen Straßenmeister festgestellt, dass am geplanten Messstandort Murinsel keine Verkehrszeichen zur Montage der Geräte vorhanden sind. Als mögliche Alternative wurden die drei Abspannmasten, die sich an dieser Stelle befinden, in Erwägung gezogen. Allerdings muss bei dem Verantwortlichen für öffentliche Beleuchtung abgeklärt werden, ob das erlaubt ist. Alle anderen Messpunkte waren unabhängig von der Entscheidung, da dort Verkehrszeichen zur Montage vorhanden sind.

Bei einem ersten Telefonat mit dem Zuständigen wurde die Montage am Abspannmasten zuerst ausgeschlossen. Die Ablehnung der Montage erfolgte aufgrund der zusätzlichen Belastung des statischen Systems der Objekte der öffentlichen Beleuchtung. Laut seiner Auskunft könnte aber bei vorheriger genauer Bekanntgabe des Gewichts und des ausgewählten Abspannmasten und bei Montage durch den zuständigen Straßenmeister eine Genehmigung erfolgen. Nach der Übermittlung genauerer Daten und einer weiteren Rückfrage wurde die Montage auf dem Abspannmast aber vom Referat für Verkehrssteuerung und Straßenbeleuchtung definitiv ausgeschlossen.

Abbildung 39 zeigt die Messstelle mit einem der drei betroffenen Abspannmasten, die sich alle in der Baumreihe zwischen den zwei richtungstrennten Fahrzeugen befinden.



Abbildung 39: Abspannmast Murinsel

Auch bei dem Messgerät CITIX 3D des Unternehmens Eco Counter musste eine Abstimmung mit dem Verantwortlichen für öffentliche Beleuchtung durchgeführt werden. Das wurde allerdings von Herrn DI Helmut Spinka von der Stadt Graz erledigt, da das Testgerät an die Stadt Graz verliehen wurde. Auch dieses Gerät konnte nicht auf den Objekten für öffentlich Beleuchtung montiert werden. Die Stromversorgung, die ganztägig erfolgen muss, konnte auch nicht über die öffentliche Beleuchtung realisiert werden, da diese nur in der Nacht Strom liefert. Mit dem Referat für Verkehrssteuerung und Straßenbeleuchtung konnte aber die Stromversorgung über einen Schaltkasten der VLSA organisieren. Die Aufhängung erfolgte dann auf einem separat von dem Unternehmen Siemens errichteten Masten.

4.5.4 Fazit

Bei den Seitenradargeräten konnte die Genehmigung für den Einsatz bei den Messungen im Austausch mit dem Straßenamt und den zuständigen anderen Stellen der Stadt Graz und der Holding Graz sehr schnell eingeholt werden. Als Hauptargument für die schnelle Genehmigung kann die kontaktlose Messung gesehen werden, durch die die Verkehrsteilnehmer nicht beeinträchtigt oder gestört werden. Alle Messsysteme, die im Straßenraum (oberhalb der Deckschicht) über Kontakt messen, stellen für die Verantwortlichen der Stadt Graz ein Problem dar, da sie die Verkehrsteilnehmer stören könnten. Am Boden verlegte Messsysteme mit Messschläuchen, wie das TUBES des Unternehmens Eco Counter oder auch Messplatten, können zusätzlich noch zu einer Stolperfalle werden und müssen vor einem Einsatz im öffentlichen Raum genau von der Stadt geprüft werden.

Egal welche Messsysteme im öffentlichen Raum eingesetzt werden, es bedarf auf jeden Fall einer Abstimmung mit dem Straßenamt sowie den zuständigen Straßenmeistern. Ein besonderes Augenmerk muss auch auf die Montage gelegt werden. Es müssen beispielsweise relevante Lichträume für verschiedene Verkehrsmodi während der gesamten Messung eingehalten werden.

Aus den Gesprächen mit Vertretern der Stadt und der Holding Graz ging hervor, dass verbaute Messgeräte bevorzugt werden. Messgeräte, die zur Stolperfalle werden können, werden von der Stadt Graz abgelehnt.

Nach den in den letzten Kapiteln beschriebenen Abstimmungen, die notwendig waren, um die Messungen durchführen zu können, kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass kurzfristige Messkampagnen nur sehr schwierig realisiert werden können. Das liegt einerseits an den notwendigen Genehmigungen neuer Systeme, wie bei dem Messgerät TUBES von Eco Counter ersichtlich wurde. Andererseits kann nicht vorausgesetzt werden, dass an allen messtechnisch interessanten Punkten auch Verkehrszeichen vorhanden sind, die eine Montage, z.B. für Seitenradargeräte, erlauben. Hier könnte ein möglicher Lösungsansatz sein, einen Sockel mit Mast für mobile Messungen anzuschaffen oder herzustellen, der gegebenenfalls für eine Messkampagne aufgestellt werden kann. Wichtig ist hier, dass es nicht möglich ist, den Sockel zu bewegen oder zu rotieren, um eine Verfälschung der Messergebnisse ausschließen zu können.

In der nachfolgenden Abbildung 40 wird das Messkonzept grafisch dargestellt. Es enthält neben den finalen Messstandorten, die Tage an denen die Messungen durchgeführt wurden, die aufgebauten Messgeräte und die relevanten Verkehrsmodi für den späteren Vergleich.

Die zeitliche Lücke zwischen Messstandort vier und fünf lässt sich durch den verspäteten Aufbau des Testgerätes CITIX 3D des Unternehmens Eco Counter erklären. Aufgrund des schlechten Wetters musste der Aufbau mehrmals nach hinten verschoben werden, wodurch das Gerät erst ab 18.11. Daten lieferte und im Zuge dessen auch fertig eingestellt wurde.

	Messpunkt 1 Reininghaus	Messpunkt 2 Glacis	Messpunkt 3 Technikerstraße	Messpunkt 4 Klosterwiesgasse	Messpunkt 5 Keplerbrücke	Messpunkt 6 Rechbauerstraße
Luftbild						
Karte						
Anzahl Tage	2 Tage	2 Tage	2 Tage	2 Tage	2 Tage	2 Tage
Tage	22./23./24.10.2019	28./29.10.2019	30./31.10.2019	04./05.11.2019	25./26./27.11.2019	28./29.11.2019
Richtungsanz	2 Richtungen	2 Richtungen	1 Richtung	2 Richtung	2 Richtungen	2 Richtungen
Verkehrsarten	Radfahrer und Fußgänger	Radfahrer	Radfahrer und Fußgänger	PKW, Radfahrer, Fußgänger	Radfahrer und Fußgänger	Radfahrer und PKW
Zählgeräte	Data Collect SDR Sierzega SR (TU Graz) CAT Traffic BikeCounter	Data Collect SDR Sierzega SR (TU Graz) Sierzega SR (Stadt Graz)	Data Collect SDR Sierzega SR (TU Graz)	Data Collect SDR Sierzega SR (TU Graz)	Eco Counter CITIX 3D Data Collect SDR Sierzega SR (TU Graz) Sierzega SR (Stadt Graz)	Data Collect SDR Sierzega SR (TU Graz) Telraam

Abbildung 40: Übersicht Messkonzept

4.6 Messungen

In diesem Kapitel werden die finalen Messstandorte mit Fotos dokumentiert und der Aufbau vor Ort erklärt. Schwierigkeiten und Auffälligkeiten während dem Aufbau und der Messung werden im Zuge der Beschreibungen dokumentiert.

Kapitel 4.5 beschreibt die wichtigsten Gründe, weswegen sich die Messungen erst so spät realisieren ließen. Die Abstimmung mit den verschiedenen Stellen der Stadt dauerte länger als ursprünglich eingeplant. Es fielen viele der potenziellen Standorte in diesen Abstimmungen weg und nicht für alle Straßensituationen der Aufgabenstellung konnte ein adäquater Ersatz gefunden werden. So musste z.B. die Situation eine Fahrtrichtung ohne FußgängerInnen komplett gestrichen werden. Die zuvor ausgewählten Standorte waren entweder vonseiten der Stadt nicht zulässig oder wiesen nicht genug Radverkehr auf, um eine fundierte Aussage zu den Zählgeräten treffen zu können.

Alternativ wurden daher weitere Standorte gesucht, die eine interessante Straßensituation darstellen und die Möglichkeit zum Testen zusätzlicher Geräte bieten. Schließlich wurden sechs Straßensituationen ausgewählt und finalisiert, die auf den nachfolgenden Seiten beschrieben werden.

Die Messungen wurden im Zeitraum von Mitte Oktober bis Ende November durchgeführt. Genauere Informationen sind dem Messkonzept in Abbildung 40 zu entnehmen.

4.6.1 Messtandort 1: Wetzelsdorfer Straße

Mit diesem Messtandort wird die Straßensituation „Zwei Fahrtrichtungen mit FußgängerInnen“ abgedeckt. Ein wichtiger Grund, warum die Entscheidung auf diesen Standort fiel, ist die vorhandene, stationäre Zählstelle des Landes Steiermark.

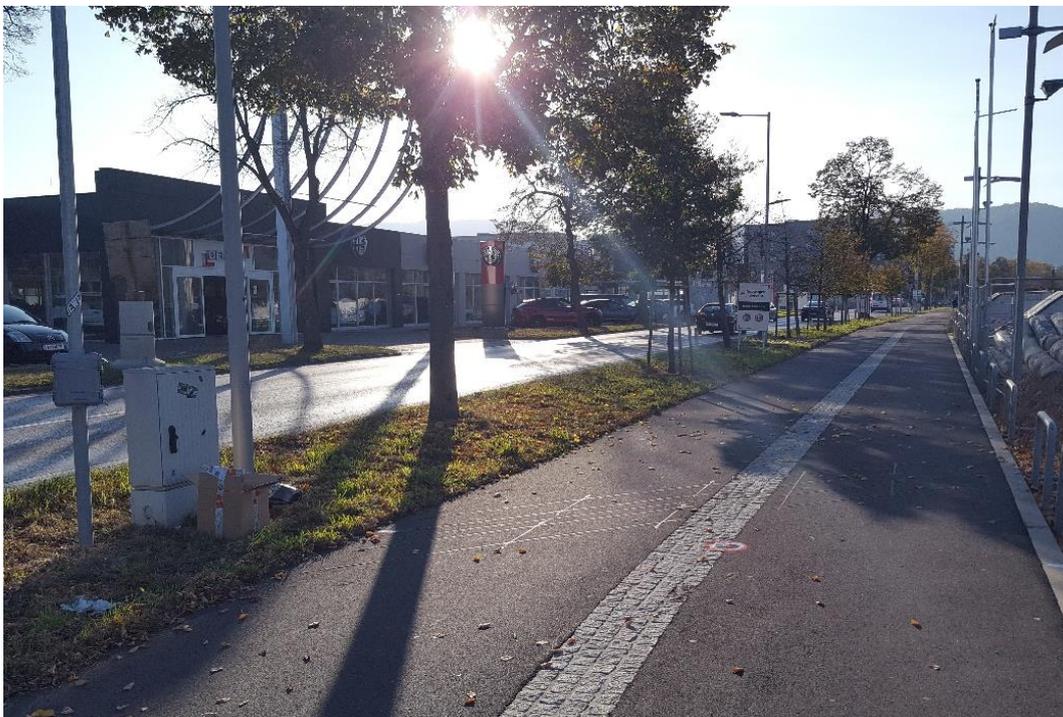


Abbildung 41: Wetzelsdorfer Straße – Zählstellenaufbau

Parallel zur Wetzelsdorfer Straße befindet sich ein neuer Radweg, der vom Land Steiermark erbaut wurde. Im Zuge dieser Bauarbeiten wurde eine stationäre Zählstelle errichtet. Dabei handelt es sich um eine im Boden verbaute Induktionsschleife des Unternehmens CAT Traffic. Seit 16. April 2019 sind diese Zählstelle in der Wetzelsdorfer Straße und drei weitere (auf anderen Radwegen des Landes Steiermark) in Betrieb. In Abbildung 41 wird die im Boden verbaute Zählstelle und das SDR des Unternehmens DataCollect gezeigt, welches am Mast des Solarpaneels zur Stromversorgung der stationären Zählstelle befestigt ist.

Der Aufbau des zweiten Zählgerätes der Technischen Universität Graz, dem Sierzega SR4, musste in einem Abstand von knapp 100 m erfolgen, da es direkt neben der stationären Zählstelle keine weiteren Montagemöglichkeiten gab. Zwischen den beiden Messgerätaufbauten gibt es aber keine Möglichkeit für RadfahrerInnen abzubiegen. Abbildung 42 zeigt die Zählgeräte, die auf dem Mast eines Verkehrsschildes montiert wurden.

Der Streckenverlauf an dieser Stelle ist sehr gerade und ermöglicht hohe Geschwindigkeiten der RadfahrerInnen. Zusätzlich ist dies auch die direkte Verbindung des neuen Stadtteils Reininghaus in das Stadtzentrum. Es ist anzunehmen, dass diese Strecke in Zukunft zu einer starken Pendlerstrecke werden wird.



Abbildung 42: Zählgerät Sierzega SR4 Wetzelsdorfer Straße

Auf- und Abbau

Der Aufbau der Geräte erfolgte am 22.10.2019, also am ersten Messtag, kurz vor der ersten händischen Zählung ab 16:35 wurde dieser fertiggestellt. Bei der Montage der Geräte gab es keine Auffälligkeiten.

Bei der Einrichtung der Seitenradargeräte SDR und SR4 (des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen) wurde auf eine möglichst gute Übereinstimmung der von den Geräten ausgegebenen Längen mit der in (Neufert, 2019) angegebenen Standardlänge für Fahrräder von 1,90 bis 2,00 Meter angestrebt. Das war bei der Einrichtung des SR4 (des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen) leicht zu bewerkstelligen, das SDR dagegen hat die Längen der Fahrzeuge während der Einrichtungsphase konstant überschätzt.

Der Abbau erfolgte aus organisatorischen Gründen erst einen Tag nach der letzten händischen Zählung am 25.10.2019 um zirka 07:30. Die Daten des SDR konnten zu diesem Zeitpunkt nicht sofort ausgelesen werden. Aus bislang unbekanntem Grund konnte das Telefon, welches zum Auslesen der Daten registriert wurde, keine konstante Bluetooth Verbindung zum Gerät herstellen. Daher war eine Übertragung der Daten vor Ort vom Gerät auf das Handy nicht möglich. Rund eine Stunde nach dem Abbau konnte das Auslesen aber sofort nachgeholt werden.

Messbedingungen

Während der Messung war das Wetter sonnig und schön. Obwohl es morgens auf bis zu 7,8 °C abkühlte, erreichten die Werte der Luftgütemessstation Don Bosco des Landes Steiermark tagsüber 22,4 °C. In diesem kurzen Messzeitraum gab es keinen Niederschlag. (eigene Aufzeichnungen und Land Steiermark, 2020)

Händische Zählung

Die Messungen dauerten vom 22.10.2019 um 16:30 bis zum 24.10.2019 um 8:00. In diesem Zeitraum wurden sechs händische Zählungen durchgeführt. Am ersten Messtag, dem 22.10.2019, wurde von 16:35 bis 18:05 gezählt. Am zweiten Messtag, dem 23.10.2019, wurde von 06:35 bis 08:35, von 11:35 bis 13:35 und von 16:10 bis 18:10 gezählt. Am letzten Messtag, dem 24.10.2019, wurde von 06:30 bis 08:30 und von 11:30 bis 13:30 gezählt.

Die händischen Zählungen wurden in unmittelbarer Nähe des SDR gegenüber der Zählstelle des Landes Steiermark durchgeführt. Dabei wurden sowohl RadfahrerInnen als auch FußgängerInnen separat nach Richtung jeweils in Fünf-Minuten-Intervallen aufgezeichnet.

4.6.2 Messstandort 2: Glacisstraße

Mit diesem Messstandort wird die Straßensituation „Zwei Fahrtrichtungen ohne FußgängerInnen“ abgedeckt. Ein wichtiger Grund, warum die Entscheidung auf diesen Standort fiel, ist die vorhandene, stationäre Zählstelle der Stadt Graz. Auch wenn der Radweg (laut Verkehrszeichen) ausschließlich für RadfahrerInnen vorgesehen ist, so wird der Radweg ab und zu auch von FußgängerInnen genutzt. Wie in vorangegangenen Kapiteln schon erwähnt, gibt es nur sehr wenige Radwege mit zwei Richtungen ohne FußgängerInnen, da diese meistens nicht räumlich vom Gehweg getrennt sind. Diese Stelle erschien als gut geeignet, da hier gute Gehweg-Alternativen vorhanden sind.

Der Radweg parallel zur Glacisstraße ist eine beliebte und viel befahrene Pendlerstrecke. Die Stadt Graz besitzt an dieser Stelle eine Dauerzählstelle in Form eines überkopf angebrachten Seitenradars des Unternehmens Sierzega. In Abbildung 43 ist diese Zählstelle ersichtlich, die seit 2004 gemeinsam mit vier weiteren im Grazer Stadtgebiet im Einsatz ist.

Abbildung 44 zeigt die montierten Geräte der Technischen Universität Graz. Auch hier mussten die Zählgeräte aufgrund fehlender Montagemöglichkeiten wieder in rund 100 m Entfernung zur stationären Zählstelle aufgehängt werden. Zur Montage wurde wieder der Mast eines Verkehrszeichens gewählt. Für RadfahrerInnen gibt es keine offizielle Abzweigung auf der Distanz zwischen den aufgebauten Zählgeräten und der stationären Zählstelle. Allerdings konnte während der Messung beobachtet werden, dass einige RadfahrerInnen vom Radweg auf die angrenzende Straße fahren, entweder um z.B. in die Attemsgasse abzubiegen oder um sich eine Ampelwartezeit zu ersparen.

Die Zählstelle befindet sich im Nahbereich einer lichtsignalgesteuerten Kreuzung, wodurch die RadfahrerInnen den Messquerschnitt stadteinwärts in Schüben passieren und die Geschwindigkeiten aufgrund des kürzeren Beschleunigungsweges noch etwas geringer sind als in der entgegengesetzten Richtung.



Abbildung 43: Zählstelle der Stadt Graz am Radweg Glacisstraße

Auf- und Abbau

Der Aufbau wurde am 28.10.2019 noch vor Beginn der händischen Zählung um 06:45 durchgeführt. Am 29.10.2019 wurden die Geräte im Anschluss an die letzte händische Zählung, die bis 18:05 dauerte, abgebaut. Es gab es keine Auffälligkeiten beim Auf- und Abbau der Geräte und die Daten konnten dieses Mal bei beiden Geräten sofort ausgelesen werden.

Bei der Einrichtung der Seitenradargeräte SDR und SR4 (des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen) wurde auf eine möglichst gute Übereinstimmung der von den Geräten ausgegebenen Längen mit der in (Neufert, 2019) angegebenen Standardlänge für Fahrräder von 1,90 bis 2,00 Meter angestrebt. Das war bei der Einrichtung des SR4 (des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen) leicht zu

bewerkstelligen, das SDR dagegen hat die Längen der Fahrzeuge während der Einrichtungsphase konstant überschätzt.



Abbildung 44: Zählgeräte Glacis

Messbedingungen

Während der Messung war das Wetter feucht und regnerisch und es gab einen starken Temperatureinbruch, weswegen wahrscheinlich nicht so viele RadfahrerInnen unterwegs waren wie üblich. An beiden Tagen gab es 3-4 l/m² Niederschlag (Niederschlagssumme pro Tag). Am ersten Messtag lag die Höchsttemperatur noch bei 15,6 °C, doch am zweiten Tag stieg diese nicht über 8,3 °C an. Als Referenz wurde hier die Messstation Schloßberg des Landes Steiermark gewählt. (eigene Aufzeichnungen, Wetter.com, 2020 und Land Steiermark, 2020)

Am 29.10.2019 ereignete sich kurz vor 16:00 ein Unfall an der naheliegenden Kreuzung. Durch diesen Umstand bedingt hielten viele RadfahrerInnen während der händischen Zählung an oder fuhren ausgesprochen langsam an der Unfallstelle vorbei. In weiterer Folge traf die Polizei und das Unfallkommando ein, die sich zum Teil auf dem Radweg im Nahbereich der Seitenradargeräte bewegten. Kurz bevor die Polizei ihre Aufgaben am Unfallort erledigt hatten, führte ein Polizist noch Verkehrskontrollen am Radweg durch. Dadurch bremsten mehrere RadfahrerInnen abrupt ab und mussten zum Teil auch im Erfassungsbereich der beiden Seitenradargeräte SDR und SR4 (des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen) stehen bleiben, weil sie von dem Polizisten aufgehalten wurden.

Händische Zählung

Die Messungen dauerten vom 28.10.2019 um 06:45 bis zum 29.10.2019 um 18:15. In diesem Zeitraum wurden sechs händische Zählungen durchgeführt. Am ersten Messtag, dem 28.10.2019, wurde von 06:45 bis 08:45, von 10:50 bis 12:50 und von 16:35 bis 18:05 gezählt. Am zweiten Messtag, dem 29.10.2019, wurde von 06:05 bis 08:05, von 10:55 bis 12:55 und von 16:05 bis 18:05 gezählt.

Die händischen Zählungen wurden in unmittelbarer Nähe des SDR und des SR4 durchgeführt. Um den Radverkehr nicht zu behindern befand sich die zählende Person auf einem abzweigenden Weg in den Stadtpark, der von RadfahrerInnen nicht befahren werden darf. Es wurden die RadfahrerInnen und auch FußgängerInnen, die aufgrund des Benutzungsverbots für FußgängerInnen kaum vorkamen, separat nach Richtung jeweils in Fünf-Minuten-Intervallen aufgezeichnet.

4.6.3 Messtandort 3: Technikerstraße

Mit diesem Messtandort wird die Straßensituation „eine Fahrtrichtung mit FußgängerInnen“ abgedeckt. Radwege mit einer Richtung sind in Graz sehr selten, weshalb die Entscheidung dann auf diese Messstelle fiel. Auch hier war es schwierig eine geeignete Montagemöglichkeit für die Zählgeräte zu finden, wodurch die Wahl auf den Mast eines Verkehrsschildes in der Nähe der Kreuzung zur Rechbauerstraße fiel.



Abbildung 45: Zählgeräte Technikerstraße

Der Radweg verläuft hier parallel zur Technikerstraße. Das Einbiegen in diesen Radweg ist über die Rechbauerstraße möglich. Ein paar Meter weiter sind die beiden Zählgeräte, wie in Abbildung 45

ersichtlich, montiert. Aufgrund dieser Situation ist zu erwarten, dass die Geschwindigkeiten der RadfahrerInnen niedriger sein werden, als es bei einer durchgängig geraden Streckenführung der Fall wäre.

Das Verkehrszeichen ist kein optimaler Ort für die Montage der Zählgeräte, da sich gleich daneben ein Schutzweg befindet. Während der Messungen querten viele FußgängerInnen den Schutzweg und gingen knapp vor dem Messgerät vorbei.

Auf- und Abbau

Der Aufbau wurde am 29.10.2019 gleich im Anschluss an den Abbau am zweiten Messstandort Glacisstraße um ca. 19:00 durchgeführt. Die erste händische Zählung erfolgt erst am Morgen des nächsten Tages. Am 31.10.2019 wurden die Geräte im Anschluss an die letzte händische Zählung, die bis 18:05 dauerte, abgebaut. Es gab es keine Auffälligkeiten beim Auf- und Abbau der Geräte und die Daten konnten bei beiden Geräten sofort ausgelesen werden.

Bei der Einrichtung der Seitenradargeräte SDR und SR4 (des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen) wurde auf eine möglichst gute Übereinstimmung der von den Geräten ausgegebenen Längen mit der in (Neufert, 2019) angegebenen Standardlänge für Fahrräder von 1,90 bis 2,00 Meter angestrebt. Das war bei der Einrichtung des SR4 (des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen) leicht zu bewerkstelligen, das SDR dagegen hat die Längen der Fahrzeuge während der Einrichtungsphase konstant überschätzt.

Messbedingungen

Während der Messung war das Wetter feucht und kalt, wodurch wahrscheinlich nicht so viele RadfahrerInnen unterwegs waren, wie üblich. Am ersten Tag gab es rund 4 l/m² Niederschlag (Niederschlagssumme pro Tag). Die Temperaturen schwankten an den beiden Messtagen zwischen 3,5 °C und 6,7 °C. Als Referenz wurde die Messstation Schloßberg des Landes Steiermark verwendet. (eigene Aufzeichnungen, Wetter.com, 2020 und Land Steiermark, 2020)

Händische Zählung

Die Messungen dauerten vom 29.10.2019 um 19:20 bis zum 31.10.2019 um 18:15. In diesem Zeitraum wurden sechs händische Zählungen durchgeführt. Am ersten Messtag, dem 30.10.2019, wurde von 06:50 bis 08:40, von 11:15 bis 13:05 und von 16:10 bis 17:05 gezählt. Die letzte Messung dieses Tages wurde aufgrund der Kälte nach knapp einer Stunde abgebrochen. Am zweiten Messtag, dem 31.10.2019, wurde von 06:30 bis 08:15, von 11:00 bis 13:00 und von 16:05 bis 18:05 gezählt.

Die händischen Zählungen wurden in unmittelbarer Nähe des SDR und des SR4 durchgeführt. Aufgrund des Niederschlags wurde der Ort der zählenden Person zwischen den Zählungen geändert. Ein Teil der Zählungen wurde am Gehweg gegenüber von den beiden Seitenradargeräten durchgeführt. Bei starkem Niederschlag wurde ein überdachter Unterstand auf der anderen Seite der Straße verwendet. Diese Ortsänderung wurde in den Aufzeichnungen berücksichtigt. FußgängerInnen und RadfahrerInnen wurden separat nach Richtung jeweils in Fünf-Minuten-Intervallen aufgezeichnet.

4.6.4 Messstandort 4: Klosterwiesgasse

Mit diesem Messstandort wird die Straßensituation „Mischverkehr“ abgedeckt. Die Straße wird als Einbahn geführt, wobei RadfahrerInnen einen Radstreifen gegen die Einbahn benutzen können. Dies stellt einen sehr häufigen Anwendungsfall für Mischverkehr in der Grazer Innenstadt dar.

Ähnlich den vorangegangenen Messstandorten war es auch hier nicht leicht eine geeignete Montagemöglichkeit zu finden. Als zusätzliche Erschwernis befindet sich auf einer Seite ein

durchgängiger Parkstreifen. Die Montage erfolgte schließlich in der Nähe der Kreuzung mit dem Jakominigürtel. Die nachfolgende Abbildung 46 zeigt die montierten Geräte.



Abbildung 46: Zählgeräte Klosterwiesgasse

Aufgrund der Nähe zur Kreuzung ist anzunehmen, dass die Geschwindigkeiten der PKWs niedrig ausfallen werden. Die RadfahrerInnen aus der entgegengesetzten Richtung werden aber aufgrund der geraden Streckenführung ein hohes Tempo aufweisen.

Auf- und Abbau

Der Aufbau wurde am 04.11.2019 durchgeführt musste aber aufgrund des starken Regens von der Früh auf den Vormittag verlegt werden. Gleich im Anschluss wurde die erste händische Zählung, die um 11:05 startete, durchgeführt. Die Geräte wurden an dem in Abbildung 46 gezeigten Verkehrszeichen auf der rechten Seite des Radstreifens angebracht.

Aufgrund der Anbringung hinter dem Schild war die Einrichtung der entsprechenden Winkel für die beiden Geräte schwierig. Am Ende konnten aber bei dem SDR die notwendigen 30° und bei dem SR4 die notwendigen 45° eingestellt werden. Bei der Einrichtung der Seitenradargeräte SDR und SR4 (des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen) wurde auf eine möglichst gute Übereinstimmung der von den Geräten ausgegebenen Längen mit der in (Neufert, 2019) angegebenen Standardlänge für Fahrräder von 1,90 bis 2,00 Meter angestrebt. Das war bei der Einrichtung des SR4 (des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen) leicht zu bewerkstelligen, das SDR dagegen hat die Längen der Fahrzeuge während der Einrichtungsphase konstant überschätzt.

Beim Abbau konnten alle Daten sofort ausgelesen werden. Dieser erfolgte am dritten und letzten Messtag im Anschluss an die letzte händische Zählung, die um 08:05 beendet wurde.

Messbedingungen

Während der Messung war das Wetter sehr regnerisch. Am ersten Tag gab es rund 4 l/m^2 Niederschlag (Niederschlagssumme pro Tag) und die Temperaturen lagen zwischen $6,6^\circ\text{C}$ und $14,5^\circ\text{C}$. Als Referenz

wurde die Messstation Graz-Ost Petersgasse des Landes Steiermark verwendet. Am zweiten Tag regnete es fast ununterbrochen, wodurch es über den Tag hinweg insgesamt 26 l/m^2 Niederschlag gab. (eigene Aufzeichnungen, Wetter.com, 2020 und Land Steiermark, 2020)

Händische Zählung

Die Messungen dauerten vom 04.11.2019 um 10:45 bis zum 06.11.2019 um 08:15. In diesem Zeitraum wurden sechs händische Zählungen durchgeführt. Am ersten Messtag, dem 04.11.2019, wurde von 11:05 bis 13:05 und von 15:55 bis 17:55 gezählt. Am zweiten Messtag, dem 05.11.2019, wurde von 06:10 bis 08:10, von 11:05 bis 12:45 und von 16:00 bis 18:00 gezählt. Die letzte Messung wurde am 06.11.2019 von 06:05 bis 08:05 durchgeführt.

Die händischen Zählungen wurden bei der ersten Zählung auf der Höhe des SDR und des SR4 am gegenüberliegenden Gehsteig durchgeführt. Aufgrund des Niederschlags musste der Ort der zählenden Person aber ab der zweiten Zählung geändert werden. Ab diesem Zeitpunkt befand sich die zählende Person im nahegelegenen Einfahrtsbereich zur Messe, da dieser überdacht ist. Diese Ortsänderung wurde in den Aufzeichnungen berücksichtigt. RadfahrerInnen und Autos wurden separat nach Richtung jeweils in Fünf-Minuten-Intervallen aufgezeichnet.

4.6.5 Messstandort 5: Keplerbrücke

Mit diesem Messstandort wird die Straßensituation „Zwei Fahrtrichtungen mit FußgängerInnen“ abgedeckt. Der große Unterschied zum Messstandort Wetzelsdorfer Straße ist, einerseits der stärkere Verkehr, andererseits sind es die aufgebauten Geräte. Im Laufe der Erstellung der vorliegenden Arbeit kam von Herrn DI Helmut Spinka, dem Radbeauftragten der Stadt Graz, die Anfrage, ob es möglich wäre, das System CITIX 3D des Unternehmens Eco Counter in die Masterarbeit aufzunehmen. Dieses System war aus verschiedenen Gründen zuvor aus dem Beschaffungsprozess ausgeschlossen worden. Einerseits sind die Kosten für Videodetektionsgeräte viel höher als die von anderen Messsystemen. Andererseits sind Videodetektionsgeräte nicht mobil einsetzbar, wodurch eine Messreihe, wie sie in dieser Masterarbeit durchgeführt wird, nicht möglich gewesen wäre. Das System CITIX 3D benötigt außerdem eine eigene Stromzufuhr und muss aufgrund des hohen Eigengewichts auf einem sehr soliden Masten von einem Fachmann installiert werden, wodurch es sich besser für Langzeitmessungen eignet. Es werden an diesem Messstandort, neben dem CITIX 3D, die beiden Seitenradargeräte der Technischen Universität Graz und auch noch eine Dauerzählstelle der Stadt Graz betrachtet.

An diesem Messstandort war es sehr schwer eine geeignete Montagemöglichkeit für die Geräte der Technischen Universität Graz zu finden. Aus diesem Grund konnte die Geräte nur auf dem Mast eines Verkehrsschildes in einigen Metern Entfernung an der Kreuzung zum Lendkai angebracht werden. Dieser Ort ist für die Messungen nicht optimal, da einerseits eine Abbiegemöglichkeit für RadfahrerInnen zwischen den zwei Messquerschnitten vorhanden ist. Andererseits mussten die Messgeräte so aufgebaut werden, dass PKWs auf der angrenzenden Straße mitaufgezeichnet wurden. Gerade in den Spitzenstunden staut es auf der Keplerbrücke sehr oft, wodurch sich PKWs in der durchschnittlichen Geschwindigkeit kaum von RadfahrerInnen unterscheiden.

Abbildung 47 zeigt das Gerät CITIX 3D bei dem Messstandort Keplerbrücke. In Abbildung 48 sind die beiden Messgeräte der Technischen Universität Graz während der Messungen ersichtlich.



Abbildung 47: Messstelle Keplerbrücke – CITIX 3D



Abbildung 48: Messstelle Keplerbrücke

Auf- und Abbau

Der Aufbau der Geräte erfolgte am 25.10.2019 direkt vor der ersten händischen Zählung. An dieser Stelle war es, wie oben schon beschrieben, besonders schwer eine geeignete Montagemöglichkeit für die Geräte zu finden. Im Nahbereich des CITIX 3D waren keine Verkehrszeichen vorhanden, die sich nicht direkt im Kreuzungsbereich befinden. Auf der Brücke war die Montage auch nicht möglich, da die Streben des Geländers alle rechteckig ausgeführt sind und daher eine Einstellung der Winkel unmöglich machten. Aus diesen Gründen musste mit den beiden Seitenradargeräten bis zum BRG Kepler ausgewichen werden. Wie in Abbildung 48 ersichtlich, sind die beiden Seitenradargeräte aufgrund mangelnder Alternativen in Blickrichtung Straße ausgerichtet, wodurch auch die vorbeifahrenden und abbiegenden Autos miterfasst werden. Durch diese Schwierigkeit verzögerte sich der Aufbau etwas, wodurch die erste händische Zählung erst um 10:50 beginnen konnte. Der Abbau erfolgte im Anschluss an die letzte händische Zählung am 07.11.2019, die von 06:00 bis 08:00 durchgeführt wurde.

Bei der Einrichtung der Seitenradargeräte SDR und SR4 (des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen) wurde auf eine möglichst gute Übereinstimmung der von den Geräten ausgegebenen Längen mit der in (Neufert, 2019) angegebenen Standardlänge für Fahrräder von 1,90 bis 2,00 Meter angestrebt. Das war bei der Einrichtung des SR4 (des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen) leicht zu bewerkstelligen, das SDR dagegen hat die Längen der Fahrzeuge während der Einrichtungsphase konstant überschätzt.

Messbedingungen

Während der Messungen war das Wetter trocken aber der Jahreszeit entsprechend schon kalt. Es gab beinahe keinen Niederschlag und die Temperaturen schwankten zwischen 4,2 °C und 7,3 °C. Als Referenz wurde die Messstation Schloßberg des Landes Steiermark verwendet. (eigene Aufzeichnungen, Wetter.com, 2020 und Land Steiermark, 2020)

Händische Zählung

Die Messungen dauerten vom 25.11.2019 um 10:45 bis zum 27.11.2019 um 08:00. In diesem Zeitraum wurden sechs händische Zählungen durchgeführt. Am ersten Messtag, dem 26.11.2019, wurde von 10:50 bis 12:15 und von 15:55 bis 17:55 gezählt. Am zweiten Messtag, dem 26.11.2019, wurde von 06:05 bis 08:05, von 10:55 bis 12:55 und von 15:40 bis 17:40 gezählt. Die letzte Messung wurde am 27.11.2019 von 06:00 bis 08:00 durchgeführt.

Die händischen Zählungen wurden bei allen Zählungen der Höhe des SDR und des SR4 am direkt hinter den Zählgeräten durchgeführt. RadfahrerInnen und FußgängerInnen wurden separat nach Richtung jeweils in Fünf-Minuten-Intervallen aufgezeichnet. Die beiden Seitenradargeräte befanden sich nicht auf der Brücke und wurden durch eine Straße (Lendkai) von der Brücke getrennt, weswegen die Aufzeichnung der verschiedenen Verkehrsmodi deutlich aufwändiger war als an den vorangegangenen Messstandorten. Die Straßensituation ist in Abbildung 48 ersichtlich. Daher mussten zusätzlich noch die in den Lendkai abbiegenden und von dort auf den Radweg entlang der Keplerbrücke auffahrenden RadfahrerInnen separat erfasst werden. Genauso musste das für die in den Lendkai einbiegenden Autos erfolgen. Nur so können die Daten der stationären Messstellen mit den Daten der händischen Zählung (um die Auf- und Abbieger bereinigt) verglichen werden. Für die beiden selbst montierten Seitenradargeräte (SDR und SR4 des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen) bietet sich daher ein separater Vergleich mit den Daten der händischen Zählung ohne den Abzug von Auf- oder Abbiegern an.

4.6.6 Messstandort 6: Rechbauerstraße

Mit diesem Messstandort wird die Straßensituation „Mischverkehr“ abgedeckt. Im Gegensatz zu dem Messstandort in der Klosterwiesgasse dürfen hier Pkws und RadfahrerInnen die Straße in beide Richtungen befahren. Ein wichtiger Grund, warum die Entscheidung auf diesen Standort fiel, ist das am Institut für Straßen- und Verkehrswesen installierte Telraam. Dabei handelt es sich um eine günstige Zählstelle, die in Belgien vor allem in der Citizen Science Anwendung findet.

In der Rechbauerstraße ist kein separater Radweg vorhanden, deswegen fahren die RadfahrerInnen gemeinsam mit den PKWs auf der Straße. Diese ist zur Morgen- und Abendspitze sehr stark befahren, da sie eine beliebte Möglichkeit zur Nord-Süd-Durchquerung der Stadt bietet.



Abbildung 49: Screenshot Telraam Geräteeinrichtung

Das Telraam ist sehr simpel gestaltet und kann theoretisch auch selbst nachgebaut werden. In der nachfolgenden Abbildung 49 ist ein Screenshot der Kamera während der Installationsphase dargestellt. Diese Ansicht ist nur während diesen 10 Minuten ersichtlich, danach friert das Bild ein. Die Kamera hat nur eine sehr niedrige Auflösung, wodurch keine Gesichter oder Kennzeichen erkannt werden können. Die Auflösung reicht aber aus, damit der Raspberry Pi die Klassifizierung vornehmen kann.

Die beiden Zählgeräte der Technischen Universität Graz sind in Abbildung 50 ersichtlich. Der Aufstellungsort wurde so gewählt, dass der Messquerschnitt möglichst gut mit dem Bildbereich des Telraam übereinstimmt. Auch hier war es schwierig eine dafür geeignete Montagemöglichkeit zu finden.

Auf- und Abbau

Der Aufbau der Geräte erfolgte schon am Vortag des ersten Messtages, am 27.11.2019. Wie oben schon erwähnt, war es auch hier schwierig eine geeignete Montagemöglichkeit für die beiden Seitenradargeräte zu finden, die noch dazu mit dem Bildbereich des Telraam übereinstimmte. Das Telraam war im 2. Stock der Rechbauerstraße 12 in einem Büro mit Blick auf die Rechbauerstraße aufgehängt. Die Entscheidung für die Montage fiel auf ein Verkehrszeichen, welches den Radweg

beschildert und auf einen Radabstellbügel. Der Radabstellbügel ist kein optimaler Montageort für das SR4, da einerseits die geforderte Montagehöhe von 1 m nicht realisiert werden kann. Andererseits besteht bei dieser Montage, ersichtlich in Abbildung 50, immer die Gefahr, dass RadfahrerInnen genau vor dem Zählgerät parken und so das Sichtfeld blockieren und die Messung verfälschen. Weiters besteht gerade in dieser Aufbausituation natürlich auch die Gefahr, dass die Zählgeräte unabsichtlich durch das Ein- und Ausparken des Rades verdreht werden.



Abbildung 50: Zählgeräte Rechbauerstraße

Bei der Einrichtung der Seitenradargeräte SDR und SR4 (des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen) wurde auf eine möglichst gute Übereinstimmung der von den Geräten ausgegebenen Längen mit der in (Neufert, 2019) angegebenen Standardlänge für Fahrräder von 1,90 bis 2,00 Meter angestrebt. Das war bei der Einrichtung des SR4 (des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen) leicht zu bewerkstelligen, das SDR dagegen hat die Längen der Fahrzeuge während der Einrichtungsphase konstant überschätzt.

Der Abbau der Geräte erfolgte am letzten Messtag im Anschluss an die letzte händische Zählung, welche um 17:00 beendet wurde. Beim Abbau der Geräte konnten die Daten des SDR nicht ausgelesen werden. Auch nachdem die Geräte in das Lager des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen zurückgebracht worden waren, konnten die Daten nicht ausgelesen werden. Später stellte sich heraus, dass die Batterie des SDR leer war, denn nach dem Aufladen des Akkus war das Auslesen problemlos möglich. Leider wurden jedoch vom SDR ab 11:00 keine Verkehrsmodi mehr erfasst.

Messbedingungen

Während der Messung war das Wetter trocken. Es gab kaum Niederschlag und die Temperaturen schwankten zwischen 4,9 °C und 10,8 °C. Als Referenz wurde die Messstation Schloßberg des Landes Steiermark verwendet. (eigene Aufzeichnungen, Wetter.com, 2020 und Land Steiermark, 2020)

Händische Zählung

Die Messungen dauerten vom 27.11.2019 um 16:00 bis zum 29.11.2019 um 17:00. In diesem Zeitraum wurden sechs händische Zählungen durchgeführt. An diesem Messstandort wurde das Telraam mitgetestet, welches nur bei Tageslicht Verkehrsmodi zählen kann. Dadurch mussten die Zählintervalle deutlich knapper aufeinander durchgeführt werden. Am ersten Messtag, dem 28.11.2019, wurde von 08:00 bis 10:00, von 11:00 bis 13:00 und von 14:00 bis 16:00 gezählt. Am zweiten Messtag, dem 29.11.2019, wurde von 10:00 bis 12:00, von 12:00 bis 14:00 und von 15:00 bis 17:00 gezählt.

Die händischen Zählungen wurden vom Fenster aus dem zweiten Stock der Rechbauerstraße 12 durchgeführt. An diesem Ort befindet sich auch das Telraam. Vom Fenster aus war eine gute Sicht auf den gesamten Messbereich und die beiden Seitenradargeräte gegeben. RadfahrerInnen und Autos wurden separat nach Richtung jeweils in Fünf-Minuten-Intervallen aufgezeichnet.

5 Datenauswertung

In diesem Kapitel werden die Daten, die aus den Testmessungen generiert wurden, ausgewertet und verglichen. Es folgt eine Überprüfung mithilfe eines statistischen Tests verschiedener Testgrößen.

Da die Messungen im späten Herbst durchgeführt wurden, können die Radfahrzahlen nicht als repräsentativer Wert gewertet werden. Bei den Messungen war ein Rückgang der RadfahrerInnen im Vergleich zur Hochsaison im Frühling und Sommer deutlich bemerkbar. Zusätzlich hat an einzelnen Messstandorten der Niederschlag eine deutliche Auswirkung auf das Radfahreraufkommen.

5.1 Ablauf und Methodik

Die nachfolgenden Unterkapitel stellen die erzeugten Datensätze vor, vergleichen die einzelnen Messgeräte eines Messstandortes und diskutieren die Ergebnisse dann. Es wird versucht, Ursachen für mögliche Abweichungen und Fehler zu finden und daraus Rückschlüsse für eine Empfehlung in der Anwendung der Geräte zu ziehen.

Der Aufbau der nachfolgenden Unterkapitel setzt sich aus einer Betrachtung der gesamten Daten je Messstandort, einer Betrachtung der gefilterten Daten und sowie der Beschreibung der gefilterten Daten zusammen. Diese Betrachtung erfolgt jeweils über die Analyse des Medians und des Mittelwertes der Länge und der Geschwindigkeit. Da nur bei dem Sierzega SR4 des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen und bei dem DataCollect SDR Informationen zu Länge und Geschwindigkeit der einzelnen Fahrzeuge vorhanden sind, können in diesem ersten Vergleich auch nur diese beiden Geräte verwendet werden.

Nach der Filterung folgt eine Betrachtung der aggregierten Tages-, Stunden- und Fünf-Minuten-Intervalle. Bei allen Geräten, deren Daten noch nicht in dieser Form vorhanden sind werden entsprechend aggregiert.

In den Vergleich der Stundenwerte werden nur jene Stunden einbezogen, in denen eine händische Zählung durchgeführt wurde und auch 60 Minuten durchgehend gezählt wurde.

5.1.1 Messstandort 1: Wetzelsdorfer Straße

Am ersten Messstandort liegt der Hauptfokus darauf FußgängerInnen verlässlich von RadfahrerInnen unterscheiden zu können. Außerdem ist es bei diesem Standort wichtig, das Seitenradargerät SDR des Unternehmens DataCollect mit der stationären Zählstelle des Landes Steiermark (CAT Traffic) zu vergleichen. Es soll erhoben werden, wie groß die Abweichungen der mobilen Messgeräte von dem stationären ist.

Das Radverkehrsaufkommen auf diesem Radweg ist mit acht RadfahrerInnen in fünf Minuten in den Spitzenstunden im Vergleich mit anderen Messstandorten gering. Am Messtandort 2 in der Glacisstraße ist das Radverkehrsaufkommen z.B. in über 70 % der gezählten Fünf-Minuten-Intervalle größer als acht RadfahrerInnen.

Filter

Bei der Betrachtung der ungefilterten Daten ergeben sich die in Tabelle 9 dargestellten Werte für Median und Standardabweichung der Messgeräte.

Ein Vergleich der in Tabelle 9 angeführten Werte mit der Standardlänge für Räder, die zwischen 1,90 m und 2,00 m liegt, zeigt, dass das SR4 des Instituts für Straßen und Verkehrswesen im Median nur 10 cm

über diesem Wertebereich liegt. Das SDR dagegen überschätzt die Länge der Fahrräder um 1 m. (Neufert, 2009)

Tabelle 9: Messstandort 1 – Ungefilterte Kenngrößen

Gerät	Länge – Median	Länge – Mittelwert	Geschwindigkeit – Median	Geschwindigkeit – Mittelwert
Sierzega SR4	2,10 m	2,21 m	20,00 km/h	18,65 km/h
DataCollect SDR	3,90 m	3,97 m	22,00 km/h	21,55 km/h

Die gemessenen Geschwindigkeiten der beiden Geräte unterscheiden im Median um nur 2 km/h. Die Abweichung ist im Vergleich zu den Längen also erheblich geringer. Das lässt vermuten, dass die Geschwindigkeit vom SDR ähnlich gut erfasst wurde, wie vom SR4.

Das KFV ermittelte in einer Studie eine Spanne für die mittlere Geschwindigkeit für RadfahrerInnen von 16,9 km/h bis 18,9 km/h, abhängig von der Altersklasse der RadfahrerInnen. (KFV, 2019)

Ein Vergleich dieser Wertespanne mit der Tabelle 9 zeigt, dass die mittlere Geschwindigkeit auf diesem Streckenabschnitt höher ist. Es ist anzunehmen, dass die geradlinige Streckenführung dabei eine große Rolle spielt.

Zur Beschränkung beider Datensätze auf RadfahrerInnen wird die Annahme getroffen, dass alle detektierten Objekte mit einer Geschwindigkeit unter 10 km/h FußgängerInnen sind. Die nachfolgende Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse dieser Filterung.

Tabelle 10: Messstandort 1 – Gefilterte Kenngrößen

Gerät	Länge – Median	Länge – Mittelwert	Geschwindigkeit – Median	Geschwindigkeit – Mittelwert
Sierzega SR4	2,10 m	2,18 m	20,00 km/h	20,57 km/h
DataCollect SDR	3,80 m	3,59 m	22,00 km/h	22,65 km/h

Die Berechnung der Kenngrößen mit den gefilterten Daten lieferte nur wenige Veränderungen im Vergleich zur Tabelle 9. Der einzige Medianwert, der sich durch das Filtern der Daten verändert hat, ist die Länge des DataCollect, dieser ist um 10 cm gesunken. Die Mittelwerte der Geschwindigkeit sind bei beiden Geräten angestiegen. Die Mittelwerte der Länge beider Geräte sind gesunken, was darauf schließen lässt, dass einige sehr lange Objekte mit geringer Geschwindigkeit auf diesem Radweg unterwegs waren, wie z.B. Kinderwägen oder Räder mit Kinderanhänger.

Tageswerte

Bei den Tageswerten des ersten Messstandortes werden der 23. und 24.10.2019 betrachtet, da an beiden Tagen mit allen Messgeräten 24 Stunden gemessen wurde. Stadteinwärts bedeutet die Wetzelsdorfer Straße entlang in Richtung Don Bosco. Stadtauswärts bedeutet in Richtung Reininghausgründe.

Beim Vergleich der Geräte in Tabelle 11 wird davon ausgegangen, dass das Gerät BikeCounter, welches im Besitz des Landes Steiermark ist, so eingestellt wurde, dass es mit den realen Fahrradzahlen übereinstimmt. Aus diesem Grund wurde das Gerät des Unternehmens CAT Traffic als Basis für die Berechnung der Abweichungen gewählt. Da dieses Gerät auch mit Fehlern behaftet ist, können aufgrund der oben berechneten Abweichungen keine Schlüsse bezüglich der Genauigkeit der Daten gezogen werden.

Aufgrund der Sensortechnologie können mit dem BikeCounter nur RadfahrerInnen erfasst werden. FußgängerInnen werden aus technischen Gründen nicht detektiert. Daher muss der Vergleich mit den gefilterten Daten der beiden Messgeräte SR4 und SDR durchgeführt werden.

Tabelle 11: Tageswerte Messstandort 1 – Wetzelsdorfer Straße

Messgeräte	CAT Traffic BikeCounter	Sierzega SR4		DataCollect SDR			
	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
23.10. stadtauswärts	339	327	-12	-3,5 %	339	0,0 %	0,0 %
23.10. stadteinwärts	322	306	-16	-5,0 %	327	+1,6 %	+1,6 %
24.10. stadtauswärts	328	328	0	0,0 %	331	+0,9 %	+0,9 %
24.10. stadteinwärts	323	313	-10	-3,1 %	329	+1,9 %	+1,9 %

Das SDR des Unternehmens DataCollect konnte mit einer maximalen Abweichung von 1,9 %, was in diesem Fall einer Abweichung um sechs RadfahrerInnen in 24 Stunden entspricht. Das Sierzega SR4 der Technischen Universität Graz hat eine maximale Abweichung von 5 %. Dies entspricht einer absoluten Abweichung von der stationären Zählstelle von 16 RadfahrerInnen in 24 Stunden.

Die Daten der Messgeräte des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen der Technischen Universität Graz liegen als Einzelfahrzeugdaten vor. Zusätzlich zu dem Zeitstempel je Fahrzeug sind auch die Länge und die Geschwindigkeit jedes einzelnen Fahrzeuges gespeichert. Die Daten des Landes Steiermark konnten auch als Einzelfahrzeugdaten von dem betreuenden Unternehmen GPV GmbH bezogen werden. Hier wird allerdings nur der Zeitstempel erfasst. Das Land Steiermark selbst besitzt nicht die Einzelfahrzeugdaten, sondern bekommt die aggregierten Stundenwerte von VKT als österreichischer Vertriebspartner von CAT Traffic.

Stundenwerte

Die nachfolgenden Tabellen Tabelle 12 und Tabelle 13 nehmen die händischen Zählungen als Basis für die Berechnung der Abweichung.

Der Vergleich der drei Messgeräte, die am Messstandort Wetzelsdorfer Straße angebracht wurden, mit der händischen Zählung zeigt, dass das SR4 der Technischen Universität Graz mit 7,7 % die größte mittlere Abweichung der drei verglichenen Geräte mit der händischen Zählung.

Das CAT Traffic weicht stadteinwärts um 5,5 % und stadtauswärts um 5,8 % von der händischen Zählung ab. Durch die Montage im Boden ist das Messgerät unbeeinflusst von Abschattungseffekten. Beim SR4 der Technischen Universität Graz ist die mittlere Abweichung stadtauswärts mit 7,7 % etwas größer als stadteinwärts (6,4 %). Das SDR weist stadtauswärts mit 5,6 % einen kleineren Wert auf als stadteinwärts mit 6,8 %.

Die teilweise hohen Abweichungen, z.B. 20 % stadteinwärts am 23.10. zwischen 12:00 und 13:00, sind auf das geringe Radverkehrsaufkommen an diesem Messstandort zurückzuführen. In absoluten Zahlen entsprechen die 20 % zwei RadfahrerInnen, in der Morgenspitze würden die zwei RadfahrerInnen nur 4,1 % Abweichung verursachen.

Bei einem größeren Radverkehrsaufkommen müsste bei einer derartigen Analyse an einem Radweg im Gegenverkehr mit Ungenauigkeiten durch Abschattungseffekte gerechnet werden. Aufgrund des

geringen Radverkehrsaufkommens passieren eigentlich kaum Überholmanöver oder Abschattungen durch Fahrräder der entgegengesetzten Fahrtrichtung.

Tabelle 12: Stundenwerte Wetzelsdorfer Straße - stadtauswärts

Messgeräte	Händ. Zählung	CAT Traffic BikeCounter			Sierzega SR4			DataCollect SDR		
		Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
stadtauswärts	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
22.10. 17:00	45	44	-1	-2,2 %	43	-2	-4,4 %	44	-1	-2,2 %
23.10. 07:00	20	21	-1	+5,0 %	21	-1	+5,0 %	21	+1	+5,0 %
23.10. 12:00	21	22	+1	+4,8 %	18	-3	-14,3 %	19	-2	-9,5 %
23.10. 17:00	36	34	-2	-5,6 %	32	-4	-11,1 %	34	-2	-5,6 %
23.10. 07:00	17	19	+2	+11,8 %	18	+1	+5,9 %	18	+1	+5,9 %
23.10. 12:00	18	19	+1	+5,6 %	19	+1	+5,6 %	17	-1	-5,6 %
Mittlere Abweichung				5,8 %			7,7 %			5,6 %

Tabelle 13: Stundenwerte Wetzelsdorfer Straße – stadteinwärts

Messgeräte	Händ. Zählung	CAT Traffic BikeCounter			Sierzega SR4			DataCollect SDR		
		Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
stadteinwärts	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
22.10. 17:00	23	23	0	0,0 %	20	-3	-13,0 %	26	-3	+13,0 %
23.10. 07:00	49	47	-2	-4,1 %	46	-3	-6,1 %	49	0	0,0 %
23.10. 12:00	10	12	+2	+20,0 %	10	0	0,0 %	12	+2	+20,0 %
23.10. 17:00	20	21	+1	+5,0 %	19	-1	-5,0 %	20	0	0,0 %
23.10. 07:00	49	47	-2	-4,1 %	45	-4	-8,2 %	48	-1	-2,0 %
23.10. 12:00	17	17	0	0,0 %	16	0	-5,9 %	18	+1	+5,9 %
Mittlere Abweichung				5,5 %			6,4 %			6,8 %

5-Minuten-Intervalle

In der nachfolgenden Tabelle 14 ist ein Auszug der 5-Minuten-Intervalle ersichtlich. Die gesamten händisch gezählten Fünf-Minuten-Intervalle für den Messstandort Glacis sind im Anhang in Kapitel 10.2 gesammelt in einer Tabelle zu finden.

In Tabelle 14 ist die letzte Periode der händischen Vor-Ort-Zählungen ersichtlich, die am 24.10.2019 von 11:30 bis 13:30 durchgeführt wurde. Die Uhrzeit in der ersten Spalte gibt immer den Beginn des fünfminütigen Intervalls an.

Das geringe Gesamtaufkommen an RadfahrerInnen erzeugt hier den Eindruck, dass die Abweichungen der einzelnen Fünf-Minuten-Intervalle des BikeCounter sehr groß sind. Werden die gesamten fünfminütigen Intervalle betrachtet, gibt es bei keinem der Messgeräte einen großen Ausreißer, was die absoluten Abweichungen betrifft. Es fällt allerdings auf, dass es viele fünfminütige Intervalle gibt, in denen keine RadfahrerInnen den Messquerschnitt passieren.

Das SDR konnte direkt neben der Zählstelle des Landes aufgebaut werden. Das SR4 musste in einiger Entfernung zu den anderen beiden Messgeräten montiert werden. Dadurch kann es zu einer geringen zeitlichen Abweichung der Messwerte kommen.

Tabelle 14: 5-Minuten-Intervalle Wetzelsdorfer Straße - stadtauswärts

Stadt- auswärts	Händ. Zählung	CAT Traffic BikeCounter			Sierzega SR4			DataCollect SDR		
	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
24.10.										
11:30	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
11:35	2	3	1	+50,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
11:40	1	2	1	+100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
11:45	3	1	-2	-66,7 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
11:50	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
11:55	1	2	1	+100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
12:00	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
12:05	5	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
12:10	3	4	1	+33,3 %	2	-1	-33,3 %	3	0	0,0 %
12:15	0	0	0	0,0 %	1	1	+100,0 %	0	0	0,0 %
12:20	0	1	1	+100,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
12:25	1	0	-1	-100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
12:30	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
12:35	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
12:40	4	4	0	0,0 %	3	-1	-25,0 %	4	0	0,0 %
12:45	0	0	0	0,0 %	2	2	+200,0 %	0	0	0,0 %
12:50	2	1	-1	-50,0 %	2	0	0,0 %	1	-1	-50,0 %
12:55	1	2	1	+100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
13:00	2	1	-1	-50,0 %	3	1	+50,0 %	2	0	0,0 %
13:05	2	2	0	0,0 %	3	1	+50,0 %	2	0	0,0 %
13:10	4	4	0	0,0 %	4	0	0,0 %	4	0	0,0 %
13:15	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
13:20	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
13:25	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %

5.1.2 Messstandort 2: Glacisstraße

Mit Messstandort 2 wurde eine stark befahrene Pendlerstrecke ausgewählt. Bei diesem Messstandort liegt der Hauptfokus darauf die RadfahrerInnen möglichst genau zählen zu können. Als Erschwernis kommt auf diesem Abschnitt hinzu, dass kurz vor dem Messquerschnitt eine lichtsignalgesteuerte Kreuzung überquert wird. Aufgrund dieses Umstandes kommen die RadfahrerInnen in Schüben am Messquerschnitt an, wodurch sich Pulks bilden. Die verlässliche Erfassung aller RadfahrerInnen, die sich in einem derartigen Pulk bewegen, ist für viele Zählgeräte eine der größten Schwierigkeiten. Die Aufstellung des Zählgerätes kann hier entscheidend sein, um Abschattungseffekten entgegenwirken zu können.

Interessant ist bei diesem Standort auch der Vergleich des Seitenradargeräts SDR des Unternehmens Datacollect mit der stationären Zählstelle der Stadt Graz (Sierzega SR4, überkopf montiert).

Das Verkehrsaufkommen auf diesem Radweg ist in der Morgen- und der Abendspitze sehr hoch. Es bewegen sich fast ausschließlich RadfahrerInnen auf dem Radweg. In der Zeit der händischen Zählung wurden kaum FußgängerInnen im Messbereich beobachtet.

Filter

Bei der Betrachtung der ungefilterten Daten ergeben sich die in Tabelle 15 Tabelle 9 dargestellten Werte für Median und Standardabweichung der Messgeräte.

Tabelle 15: Messstandort 2 – Ungefilterte Kenngrößen

Gerät	Länge – Median	Länge – Mittelwert	Geschwindigkeit – Median	Geschwindigkeit – Mittelwert
Sierzega SR4 (TU Graz)	1,70 m	1,88 m	18,00 km/h	18,34 km/h
DataCollect SDR	4,00 m	3,97 m	21,00 km/h	21,55 km/h

Ein Vergleich der Standardlänge für Räder, die zwischen 1,90 m und 2,00 m liegt, mit den in Tabelle 15 angeführten Medianwerten zeigt, dass das SR4 der Technischen Universität Graz 20 cm unter der Standardlänge liegt. Das SDR dagegen überschätzt die Länge der Fahrräder sowohl im Mittel als auch im Median um 1 m. Der Unterschied der Geschwindigkeit liegt sowohl im Mittel als auch im Median bei rund 3 km/h. (Neufert, 2009)

Auch an diesem Messquerschnitt ist erkennbar, dass der Median der Geschwindigkeit im Vergleich zu der vom KFV ermittelten durchschnittlichen Geschwindigkeit für RadfahrerInnen von 16,9 km/h bis 18,9 km/h, abhängig von der Altersklasse der RadfahrerInnen, an der oberen Grenze und leicht darüber liegt. (KFV, 2019)

An diesem Messstandort verläuft das Streckensegment, wie auch schon am ersten Messstandort sehr geradlinig. Allerdings wurden die Seitenradargeräte SDR und SR4 der Technischen Universität Graz in einiger Entfernung vom SR4 der Stadt Graz, aber in geringer Entfernung zu einem Kreuzungsbereich angebracht.

Während der gesamten händischen Zählungen wurden 120 FußgängerInnen gezählt. Das entspricht ca. 5 FußgängerInnen pro Stunde pro Richtung. Um nun beide Datensätze um die geringe Anzahl an FußgängerInnen zu bereinigen, wurde angenommen, dass alle detektierten Objekte mit einer Geschwindigkeit geringer als 10 km/h FußgängerInnen sind.

Die nachfolgende Tabelle 16 zeigt die gefilterten Kenngrößen der Messgeräte.

Tabelle 16: Messstandort 2 – Gefilterte Kenngrößen

Gerät	Länge – Median	Länge – Mittelwert	Geschwindigkeit – Median	Geschwindigkeit – Mittelwert
Sierzega SR4 (TU Graz)	1,70 m	1,88 m	19,00 km/h	18,76 km/h
DataCollect SDR	3,90 m	3,61 m	21,00 km/h	21,52 km/h

An diesem Messquerschnitt sind die Veränderungen durch die Filterung noch geringer als beim Messquerschnitt 1. Da der Messquerschnitt auf einem reinen Radweg, der grundsätzlich für FußgängerInnen gesperrt ist, befindet, ist dies Tatsache durchaus plausibel. Auch die händischen Zählungen haben gezeigt, dass nur ein verschwindend kleiner Anteil an FußgängerInnen auf diesem Radweg anzufinden ist.

Tageswerte

Bei den Tageswerten des Messstandortes Glacisstraße wurde der 29.10.2019 betrachtet, da die Messgeräte am 28.10.2019 erst um 5:30 aufgebaut wurden und daher nicht der gesamte Tag gemessen werden konnte. Stadtauswärts bedeutet hier die Glacisstraße entlang, in Richtung Geidorfplatz. Stadteinwärts bedeutet hier die Glacisstraße entlang in Richtung Elisabethstraße.

Tabelle 17: Tageswerte Messstandort 2 – Glacisstraße

Messgeräte	Sierzega SR4 (Stadt Graz)	Sierzega SR4 (TU Graz)			DataCollect SDR		
	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
29.10.2019							
stadtauswärts	2076	1772	-304	-14,6 %	1998	-78	-3,8 %
stadteinwärts	2160	1711	-449	-20,8 %	1968	-192	-8,9 %

Beim Vergleich der Geräte wird davon ausgegangen, dass das Gerät Sierzega SR4, welches im Besitz der Stadt Graz ist, so eingestellt wurde, dass es möglichst gut mit den realen Fahrradzahlen übereinstimmt. Aus diesem Grund wurde das Gerät als Basis für die Berechnung der Abweichungen gewählt. Da dieses Gerät auch mit Fehlern behaftet ist, können aufgrund der oben berechneten Abweichungen keine Schlüsse bezüglich der Genauigkeit der Daten gezogen werden.

Die Daten der Messgeräte der Technischen Universität Graz (Sierzega SR4 und DataCollect SDR) wurden vor dem in Tabelle 17 angeführten Vergleich gefiltert. Das SDR des Unternehmens DataCollect kommt mit einer maximalen Abweichung von 8,9 % näher an die Daten des SR4 der Stadt Graz heran als das SR4 der Technischen Universität Graz. Die beiden Geräte des Unternehmens Sierzega sind unterschiedlich montiert, wodurch sich die großen Abweichungen ergeben. Das Gerät der Technischen Universität Graz ist seitlich neben dem Fahrradrand auf 1 m Höhe montiert. Das Gerät der Stadt Graz ist überkopf über dem Radweg montiert. Durch diese Montage können RadfahrerInnen, die in Pulks fahren oder auch Überholmanöver besser erkannt und erfasst werden. Durch die seitliche Anbringung können einige RadfahrerInnen durch Abschattung nicht erfasst werden. Gerade am Messstandort Glacisstraße ist die Pulkbildung aufgrund der naheliegenden VLSA in den Spitzenstunden groß. Aus diesem Grund erscheinen die Abweichungen von 14,6 % stadtauswärts und 20,8 % stadteinwärts plausibel.

Auch wenn das SDR genauso wie das SR4 der Technischen Universität Graz am seitlichen Fahrbahnrand angebracht wurde, liefert es dennoch geringere Abweichungen. Es ist anzunehmen, dass der Grund

dafür auch bei der Montage liegt. Das SDR hat eine größere Anbringungshöhe, als das SR4 und wird über einen zweiten horizontalen Neigungswinkel, welcher sich aus der Montagehöhe berechnet, zusätzlich eingestellt.

Bei beiden Geräten ist eine geringere Abweichung zum SR4 der Stadt Graz stadtauswärts ersichtlich. Das lässt sich auf die Aufbaugeometrie zurückführen, da stadtauswärts der Richtung des näher liegenden Fahrstreifens entspricht. Aus diesem Grund findet Abschattung in einem viel geringeren Ausmaß statt als in der entgegengesetzten Richtung. Die RadfahrerInnen stadtauswärts überdecken entgegenkommende RadfahrerInnen, die stadteinwärts fahren.

Stundenwerte

Die Stundenwerte werden für jene Stunden ausgewertet, in denen auch eine händische Zählung durchgeführt wurde. In der Tabelle 18 werden nur die vollen Stunden in die Betrachtung einbezogen, also nur Stunden, in denen 60 Minuten gezählt wurde.

Die nachfolgenden Tabellen Tabelle 18 und Tabelle 19 nehmen die händischen Zählungen als Basis für die Berechnung der Abweichung.

Tabelle 18: Stundenwerte Glacisstraße - stadtauswärts

Messgeräte	Händ. Zählung	Sierzega SR4 (Stadt Graz)			Sierzega SR4 (TU Graz)			DataCollect SDR		
		Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
stadtauswärts										
28.10. 07:00	241	242	1	+0,4 %	194	-47	-19,5 %	235	-6	-2,5 %
28.10. 11:00	160	153	-7	-4,4 %	139	-21	-13,1 %	148	-12	-7,5 %
28.10. 16:00	297	307	10	+3,4 %	250	-47	-15,8 %	291	-6	-2,0 %
29.10. 07:00	124	128	3	+3,2 %	111	-10	-10,5 %	125	0	+0,8 %
29.10. 11:00	105	108	12	+2,9 %	95	-37	-9,5 %	105	-8	+0,0 %
29.10. 17:00	201	213	1	+6,0 %	164	-47	-18,4 %	193	-6	-4,0 %
Mittlere Abweichung				3,4 %			14,5 %			2,8 %

Der Vergleich der drei Messgeräte, die am Messstandort Glacisstraße angebracht wurden, mit der händischen Zählung zeigt deutlich, dass das SR4 der Technischen Universität Graz viel größere Abweichungen von der händischen Zählung aufweist, als die beiden anderen Radargeräte.

Die Betrachtung der Stundenwerte zeigt, dass der Unterschied der durchschnittlichen Richtungsabweichungen deutlich geringer ist, als bei den Tageswerten. Die Werte des SR4 der Stadt Graz und des SDR nähern sich gleich gut an die händische Zählung an. Ein Grund, warum das SR4 der Technischen Universität Graz größere Abweichungen aufweist ist die zuvor schon erwähnte Anbringung am seitlichen Rand der Fahrbahn auf 1 m Höhe. Aus dieser Perspektive können viele RadfahrerInnen aufgrund der gegenseitigen Abschattung der Fahrtrichtung nicht erfasst werden. Der Vergleich am Messstandort Glacisstraße zeigt deutlich, dass die Anbringung des Messgerätes eine starke Auswirkung auf die Qualität der Daten haben kann.

Die Tabellen Tabelle 18 und Tabelle 19 veranschaulichen, dass die am seitlichen Rand der Fahrbahn angebrachten Seitenradargeräte SDR und SR4 der Technischen Universität Graz stark von dem

Abschattungseffekt betroffen sind. Die Abweichung des SR4 beträgt stadtauswärts 14,5 % und stadteinwärts 24,9 %. Die Abweichung des SDR beträgt stadtauswärts 2,8 % und stadteinwärts 7,3 %. Daraus lässt sich ableiten, dass die Fahrtrichtung stadtauswärts näher an den Zählgeräten lag und daher weniger von Abschattungen betroffen war als die Fahrtrichtung stadteinwärts.

Tabelle 19: Stundenwerte Glacisstraße – stadteinwärts

Messgeräte	Händ. Zählung	Sierzega SR4 (Stadt Graz)			Sierzega SR4 (TU Graz)			DataCollect SDR		
		Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
stadteinwärts										
28.10. 07:00	397	421	24	+6,0 %	173	-224	-56,4 %	342	-55	-13,9 %
28.10. 11:00	170	173	3	+1,8 %	146	-24	-14,1 %	166	-4	-2,4 %
28.10. 16:00	191	185	-6	-3,1 %	152	-39	-20,4 %	177	-14	-7,3 %
29.10. 07:00	223	235	10	+5,4 %	175	-15	-21,5 %	205	-9	-8,1 %
29.10. 11:00	104	114	3	+9,6 %	89	-32	-14,4 %	95	-5	-8,7 %
29.10. 17:00	144	147	24	+2,1 %	112	-224	-22,2 %	139	-55	-3,5 %
Mittlere Abweichung				4,7 %			24,9 %			7,3 %

5-Minuten-Intervalle

In der nachfolgenden Tabelle 20Tabelle 14 ist ein Auszug der 5-Minuten-Intervalle zu sehen. Es ist eine Periode der händischen Vor-Ort-Zählungen ersichtlich, die am 29.10.2019 von 06:05 bis 08:05 stattgefunden hat. Die Uhrzeit in der ersten Spalte gibt immer den Beginn des fünfminütigen Intervalls an. Eine Auflistung aller Einzelintervalle beider Fahrtrichtungen inklusive der berechneten Abweichung von der händischen Zählung können dem Anhang entnommen werden.

Bei der Betrachtung der Fünf-Minuten Intervalle am Messstandort Glacisstraße fällt auf, dass das SR4 der Technischen Universität Graz durchgängig während der gesamten Messung größere Abweichungen liefert als das SDR. Es gibt kaum ein Intervall, das genau mit den händischen Zählungen übereinstimmt. Das SDR liefert für die Richtung stadtauswärts geringere Abweichungen und nähert sich auch in der Gesamtbetrachtung mehr an die händische Zählung an, als das SR4 der Technischen Universität Graz.

Ein Grund warum das SDR und das SR4 der Stadt Graz bessere Daten liefern als das SR4 der Technischen Universität Graz ist der Abschattungseffekt, der sich vor allem bei dem SR4 aufgrund seiner geringen Montagehöhe auf die Genauigkeit auswirkt. Durch den Gegenverkehr werden die stadteinwärts fahrenden RadfahrerInnen verdeckt. Bei dem SR4 der Stadt Graz handelt es sich zwar um das gleiche Modell des Messgerätes, allerdings ist dieses überkopf angebracht wodurch Abschattungseffekte vermieden werden. Das SDR liefert geringere Abweichungen als das SR4 der Technischen Universität Graz, da es auf rund 2,50 m Höhe angebracht ist und einen zusätzlichen Winkel für die Neigung des Sensors besitzt, der bei jeder Montage neu berechnet und eingestellt werden muss.

Tabelle 20: 5-Minuten-Intervalle Glacisstraße - stadtauswärts

Messgeräte	Händ. Zählung	CAT Traffic BikeCounter			DataCollect SDR		
		Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
Stadtauswärts 29.10.2019							
06:05	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
06:10	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
06:15	2	1	-1	-50,0 %	1	-1	-50,0 %
06:20	3	1	-2	-66,7 %	3	0	0,0 %
06:25	3	3	0	0,0 %	2	-1	-33,3 %
06:30	5	4	-1	-20,0 %	4	-1	-20,0 %
06:35	3	4	1	+33,3 %	5	2	66,7 %
06:40	3	4	1	+33,3 %	3	0	0,0 %
06:45	9	8	-1	-11,1 %	9	0	0,0 %
06:50	6	3	-3	-50,0 %	6	0	0,0 %
06:55	4	5	1	+25,0 %	3	-1	-25,0 %
07:00	6	4	-2	-33,3 %	7	1	+16,7 %
07:05	7	9	2	+28,6 %	8	1	+14,3 %
07:10	8	7	-1	-12,5 %	6	-2	-25,0 %
07:15	7	8	1	+14,3 %	8	1	+14,3 %
07:20	10	8	-2	-20,0 %	10	0	0,0 %
07:25	8	5	-3	-37,5 %	8	0	0,0 %
07:30	4	8	4	+100,0 %	4	0	0,0 %
07:35	15	12	-3	-20,0 %	13	-2	-13,3 %
07:40	14	12	-2	-14,3 %	15	1	+7,1 %
07:45	14	16	2	+14,3 %	14	0	0,0 %
07:50	18	14	-4	-22,2 %	18	0	0,0 %
07:55	13	8	-5	-38,5 %	14	1	+7,7 %
08:00	30	20	-10	-33,3 %	20	-10	-33,3 %

5.1.3 Messstandort 3: Technikerstraße

Der Messstandort Technikerstraße legt den Hauptfokus darauf FußgängerInnen verlässlich von RadfahrerInnen unterscheiden zu können. Die Besonderheit ist hier der Radweg mit nur einer Fahrtrichtung und FußgängerInnen in beide Richtungen. An diesem Messquerschnitt kommen nur die zwei Seitenradargeräte zum Einsatz.

Das Radverkehrsaufkommen auf diesem Straßensegment ist ähnlich dem am Messstandort 1 in der Wetzelsdorfer Straße. Der Maximalwert beträgt 13 RadfahrerInnen in Richtung des Radweges. Der Spitzenwert des Messstandortes 1 (acht RadfahrerInnen) wird aber nur in 4 der 124 Fünf-Minuten-Intervalle überstiegen. Es lässt sich daraus ein ähnliches Radverkehrsaufkommen wie am Messstandort 1 ableiten.

Aufgrund der vorherrschenden Straßensituation fahren nur wenige RadfahrerInnen auf dem Straßensegment, in dem sich der Messquerschnitt befunden hat. RadfahrerInnen dürfen nur in eine Richtung auf dem Radweg fahren, die entgegengesetzte Richtung wird auf der angrenzenden Einbahnstraße (Technikerstraße) geführt. Auf diesem Straßensegment waren in den Zeiträumen der händischen Zählung mehr FußgängerInnen unterwegs als RadfahrerInnen.

Filter

Bei der Betrachtung der ungefilterten Daten ergeben sich die in Tabelle 21Tabelle 9 dargestellten Werte für Median und Standardabweichung der Messgeräte.

Tabelle 21: Messstandort 3 – Ungefilterte Kenngrößen

Gerät	Länge – Median	Länge – Mittelwert	Geschwindigkeit – Median	Geschwindigkeit – Mittelwert
Sierzega SR4	2,20 m	2,26 m	6,00 km/h	9,14 km/h
DataCollect SDR	3,30 m	3,46 m	8,00 km/h	10,73 km/h

Ein Vergleich der Standardlänge für Räder, die zwischen 1,90 m und 2,00 m liegt, mit den oben angeführten Medianwerten zeigt, dass das SR4 der Stadt Graz nur 10 cm über diesem Bereich liegt. Das SDR dagegen überschätzt die Länge um mehr als 1 m. Im Vergleich zu den beiden vorangegangenen Messstandorten ist die Geschwindigkeit sowohl im Median als auch im Mittelwert geringer. (Neufert, 2009)

Es ist davon auszugehen, dass ein Grund für die geringe Geschwindigkeit das anteilmäßig große Fußgängeraufkommen auf diesem Streckensegment im Vergleich zum Radverkehr ist.

Bei der Betrachtung der ungefilterten Daten ergeben sich die in Tabelle 21Tabelle 9 dargestellten Werte für Median und Standardabweichung der Messgeräte.

Tabelle 21 zeigt die berechneten Kenngrößen der ungefilterten Datensätze. Um beide Datensätze aufgrund des hohen Fußgängeraufkommens auf RadfahrerInnen beschränken zu können, wird eine Untergrenze für die Geschwindigkeit festgelegt. Diese Untergrenze wird mit 10 km/h angenommen und alle Objekte, die sich langsamer bewegen werden als FußgängerInnen deklariert. Tabelle 22 zeigt die Kenngrößen nach der Berechnung mit den gefilterten Datensätzen.

Tabelle 22: Messstandort 3 – Gefilterte Kenngrößen

Gerät	Länge – Median	Länge – Mittelwert	Geschwindigkeit – Median	Geschwindigkeit – Mittelwert
Sierzega SR4	1,60 m	1,75 m	16,00 km/h	15,60 km/h
DataCollect SDR	3,10 m	3,10 m	17,00 km/h	16,68 km/h

Die Änderungen des Medians und des Mittelwertes der Geschwindigkeiten beider Geräte sind auf die Einschränkung bei der Filterung zurückzuführen. Die Änderungen erscheint aber durchaus plausibel, wenn ein Vergleich mit dem vom KfV ermittelten Bereich für die durchschnittliche Geschwindigkeit von RadfahrerInnen (abhängig vom Alter) angestellt wird. Dieser Bereich geht von 16,9 km/h bis 18,9 km/h. (KfV, 2019)

Beide Messgeräte liegen unter diesem Geschwindigkeitsbereich. Das kann mit der Nähe des Messquerschnitts zur Kreuzung Rechbauerstraße mit der Technikerstraße erklärt werden. Es können zwar nur RadfahrerInnen von der Rechbauerstraße in die Technikerstraße einbiegen, allerdings wird die Geschwindigkeit der RadfahrerInnen bei diesem Abbiegemanöver verringert.

Tageswerte

Bei den Tageswerten des Messstandortes Technikerstraße wurden beide Messtage, 30.10.2019 und 31.10.2019, betrachtet. Auch wenn an keinem der beiden Tage die gesamten 24 Stunden gemessen wurde, so können doch beide Tage verglichen werden, da der Auf- und Abbau immer zur selben Zeit erfolgte. Stadtauswärts bedeutet die Technikerstraße entlang in Richtung Rechbauerstraße. Stadteinwärts bedeutet hier die Technikerstraße entlang in Richtung Sparbersbachgasse.

Tabelle 23: Tageswerte Messstandort 3 – Technikerstraße

Messgeräte	Sierzega	DataCollect		
	SR4	SDR		
	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
30.10. stadtauswärts	70	65	-5	-7,1 %
30.10. stadteinwärts	553	601	+48	+8,7 %
31.10. stadtauswärts	32	34	+2	+6,3 %
31.10. stadteinwärts	471	513	+42	+8,9 %

Beim Vergleich der Geräte wird das SR4 der Technischen Universität Graz ist, als Basis für die Berechnung der Abweichungen herangezogen. Da dieses Gerät auch mit Fehlern behaftet ist, können aufgrund der oben berechneten Abweichungen keine Schlüsse bezüglich der Genauigkeit der Daten gezogen werden.

Die Daten der Tabelle 23 sind gefiltert. Das SDR des Unternehmens DataCollect weicht um maximal 8,9 % von den Daten des SR4 ab. Die prozentuelle Abweichung ist an diesem Messstandort in beiden Richtungen sehr ähnlich mit relativen Abweichungen zwischen 6,3 % und 8,9 %. Da an diesem Messquerschnitt das Radfahren in nur eine Richtung erlaubt ist, ist der geringe Unterschied der Abweichungen plausibel. Da keine Gegenverkehrssituation gegeben ist, kommt es zu keinen Abschattungseffekten zwischen RadfahrerInnen. Zusätzlich ist der Radfahrstreifen sehr eng, wodurch Überholmanöver in dem Bereich des Messquerschnittes nur sehr schwer durchzuführen sind.

Obwohl das Fahren am Radweg nur in Richtung Sparbersbachgasse erlaubt ist, wurden am ersten Messtag 70 und am zweiten Messtag 32 RadfahrerInnen aufgezeichnet, die in die entgegengesetzte Richtung fuhren.

Stundenwerte

Die nachfolgenden Tabellen Tabelle 24 und Tabelle 25 nehmen die händischen Zählungen als Basis für die Berechnung der Abweichung.

Der Vergleich der beiden Messgeräte, die am Messstandort Technikerstraße angebracht wurden, mit der händischen Zählung zeigt, dass beide Geräte stadteinwärts (in Richtung des Radweges) sehr ähnliche Werte liefern. Die mittlere Abweichung für das SR4 der Technischen Universität Graz beträgt 5,5 % und die mittlere Abweichung für das SDR beträgt 5,6 %. Stadtauswärts sind die mittleren Abweichungen viel schlechter. Da diese der verbotenen Fahrtrichtung entspricht und daher nur wenig Radverkehr in diese Richtung unterwegs ist, verursacht eine geringe absolute Abweichung eine große relative.

Tabelle 24: Stundenwerte Technikerstraße - stadtauswärts

Messgeräte	Händ. Zählung	Sierzega SR4 (TU Graz)			DataCollect SDR		
		Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
stadtauswärts	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
30.10. 07:00	6	5	-1	-16,7 %	4	-2	-33,3 %
30.10. 12:00	3	1	-2	-66,7 %	1	-2	-66,7 %
31.10. 07:00	2	2	0	0,0 %	1	-1	-50,0 %
31.10. 11:00	3	3	0	0,0 %	4	1	+33,3 %
31.10. 12:00	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
31.10. 17:00	3	3	-1	0,0 %	3	0	0,0 %
Mittlere Abweichung				13,9 %			30,6 %

Tabelle 25: Stundenwerte Technikerstraße - stadteinwärts

Messgeräte	Händ. Zählung	Sierzega SR4 (TU Graz)			DataCollect SDR		
		Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
stadteinwärts	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
30.10. 07:00	37	36	-1	-2,7 %	40	3	+8,1 %
30.10. 12:00	24	24	0	0,0 %	27	3	+12,5 %
31.10. 07:00	23	19	-4	-17,4 %	23	0	0,0 %
31.10. 11:00	26	25	-1	-3,8 %	27	1	+3,8 %
31.10. 12:00	45	47	2	+4,4 %	49	4	+8,9 %
31.10. 17:00	41	39	-2	-4,9 %	41	0	0,0 %
Mittlere Abweichung				5,5 %			5,6 %

5-Minuten-Intervalle

In der nachfolgenden Tabelle 26 Tabelle 14 ist ein Auszug der 5-Minuten-Intervalle zu sehen. Es ist die letzte Periode der händischen Vor-Ort-Zählungen ersichtlich, die am 31.10.2019 von 16:05 bis 18:05 stattgefunden hat. Die Uhrzeit in der ersten Spalte gibt immer den Beginn des fünfminütigen Intervalls an. Eine Auflistung aller Einzelintervalle beider Fahrtrichtungen inklusive der berechneten Abweichung von der händischen Zählung können dem Anhang entnommen werden.

Es werden die RadfahrerInnen dargestellt, die sich am Radweg in Richtung der Einbahn von der Rechbauerstraße in Richtung Sparbersbachgasse bewegen.

Tabelle 26: 5-Minuten-Intervalle Technikerstraße - stadtauswärts

Messgeräte	Händische Zählung	CAT Traffic BikeCounter			DataCollect SDR		
		Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
Stadtauswärts 31.10.2019							
16:05	6	7	1	16,7 %	6	0	0,0 %
16:10	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
16:15	3	1	-2	-66,7 %	3	0	0,0 %
16:20	1	3	2	+200,0 %	1	0	0,0 %
16:25	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
16:30	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
16:35	4	4	0	0,0 %	5	1	+25,0 %
16:40	4	2	-2	-50,0 %	4	0	0,0 %
16:45	5	3	-2	-40,0 %	3	-2	-40,0 %
16:50	7	6	-1	-14,3 %	7	0	0,0 %
16:55	4	6	2	50,0 %	4	0	0,0 %
17:00	5	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
17:05	6	7	1	16,7 %	7	1	+16,7 %
17:10	8	5	-3	-37,5 %	5	-3	-37,5 %
17:15	5	6	1	20,0 %	7	2	+40,0 %
17:20	1	2	1	+100,0 %	1	0	0,0 %
17:25	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
17:30	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
17:35	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
17:40	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
17:45	2	1	-1	-50,0 %	2	0	0,0 %
17:50	6	6	0	0,0 %	6	0	0,0 %
17:55	3	2	-1	-33,3 %	3	0	0,0 %
18:00	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %

Am Radweg in der Technikerstraße ist das Fahren von der Sparbersbachgasse bis zur Rechbauerstraße nicht erlaubt. Dies ist mitunter ein Grund, warum am Streckensegment des Messquerschnittes weniger RadfahrerInnen unterwegs sind. Der maximale Wert für fünf Minuten beträgt 13 RadfahrerInnen.

Beide Messgeräte weisen hier geringe Abweichungen auf. Das SDR hat eine sehr hohe Übereinstimmungsrate mit der händischen Zählung im Gegensatz zu dem SR4 der Technischen Universität Graz.

5.1.4 Messstandort 4: Klosterwiesgasse

Am Messstandort 4 liegt der Fokus auf der Unterscheidung von Autos und RadfahrerInnen im Mischverkehr. FußgängerInnen werden hier gefiltert, da sie für die Betrachtung nicht unbedingt relevant sind. Die Klosterwiesgasse ist eine Einbahnstraße mit gegenläufigem Radstreifen.

An diesem Messquerschnitt kommen nur die Seitenradargeräte SDR und SR4 zum Einsatz, die sich beide im Besitz des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen der Technischen Universität Graz befinden.

Das Verkehrsaufkommen ist an diesem Messstandort in der Morgen- und Abendspitze wesentlich höher, als während der Mittagsflaute. Es fahren hier hauptsächlich Pkws und auch größere Fahrzeuge, wie z.B. LKWs. Obwohl RadfahrerInnen in beide Richtungen fahren dürfen, sind hier im Verhältnis zu den Pkws nur wenige RadfahrerInnen unterwegs.

Filter

Bei der Betrachtung der ungefilterten Daten ergeben sich die in Tabelle 27 dargestellten Werte für Median und Standardabweichung der Messgeräte.

Tabelle 27: Messstandort 4 – Ungefilterte Kenngrößen

Gerät	Länge – Median	Länge – Mittelwert	Geschwindigkeit – Median	Geschwindigkeit – Mittelwert
Sierzega SR4	3,80 m	3,89 m	27,00 km/h	24,96 km/h
DataCollect SDR	4,40 m	4,81 m	30,00 km/h	28,78 km/h

Die ungefilterten Größen in Bei der Betrachtung der ungefilterten Daten ergeben sich die in Tabelle 27 dargestellten Werte für Median und Standardabweichung der Messgeräte.

Tabelle 27 zeigen sehr gut, dass die Längen weit von der Standardlänge für Räder, die zwischen 1,90 m und 2,00 m liegt, abweichen. Verantwortlich dafür ist die Messung im Mischverkehr, bei der die Autos miterfasst werden. (Neufert, 2009)

Der Messstandort zeichnet sich durch einen großen Radverkehrsanteil aus und damit lässt sich auch die in Tabelle 27 angeführten hohen Geschwindigkeiten erklären. Die Autos sind auf diesem Streckensegment mit einer deutlich höheren Geschwindigkeit unterwegs als RadfahrerInnen.

An diesem Messtandort besteht die Herausforderung bei der Filterung der Daten darin, dass einerseits nur die RadfahrerInnen herausgefiltert werden sollen. Andererseits sollen die beiden Datensätze aber auch vergleichbar sein. In einem ersten Versuch wurden eine Mindestgeschwindigkeit von 10 km/h und eine Maximalgeschwindigkeit von 25 km/h. Diesem Versuch wird die Annahme zugrunde gelegt, dass RadfahrerInnen mit Geschwindigkeiten bis zu 25 km/h unterwegs sind und die meisten Autos mit einer Geschwindigkeit größer 25 km/h.

Die nachfolgende Tabelle 28 zeigt die gefilterten Kenngrößen der Messgeräte.

Tabelle 28: Messstandort 4 – Gefilterte Kenngrößen

Gerät	Länge – Median	Länge – Mittelwert	Geschwindigkeit – Median	Geschwindigkeit – Mittelwert
Sierzega SR4	2,50 m	3,25 m	19,00 km/h	19,07 km/h
DataCollect SDR	4,10 m	3,78 m	21,00 km/h	20,46 km/h

Nach der Filterung der Daten ist ersichtlich, dass die Werte beider Datensätze deutlich zurückgegangen sind. Dennoch sind die Werte, sowohl der Länge als auch der Geschwindigkeit wesentlich höher, als bei den vorangegangenen Messstandorten. Es ist anzunehmen, dass ein Hauptgrund der kreuzungsnahen Aufbau des Messquerschnittes ist. Nur einige Meter vor dem Messquerschnitt ist eine

Querung für FußgängerInnen und RadfahrerInnen, an der Autos regelmäßig anhalten und danach zum Teil unterschiedlich schnell beschleunigen.

Tageswerte

Bei den Tageswerten des Messstandortes Klosterwiesgasse wurden alle der 04.11.2019 und der 05.11.2019 betrachtet. Nur am 05.11.2019 wurden wirklich 24 Stunden gemessen, jedoch ist an diesem Messstandort kein stationäres Messgerät vorhanden und der Aufbau der Geräte fand zur selben Zeit statt, wodurch die Werte der beiden Messgeräte vergleichbar sind. Stadtauswärts bedeutet hier die Klosterwiesgasse entlang in Richtung Steyregasse. Stadteinwärts bedeutet hier die Klosterwiesgasse in Richtung Jakominigürtel.

Tabelle 29: Tageswerte Messstandort 4 – Klosterwiesgasse

Messgeräte	Sierzega	DataCollect		
	SR4	SDR		
	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
04.11. stadtauswärts	348	281	-67	-19,3 %
04.11. stadteinwärts	512	263	-249	-48,6 %
05.11. stadtauswärts	357	275	-82	-23,0 %
05.11. stadteinwärts	565	273	-292	-51,7 %

Beim Vergleich der Geräte wird das SR4 der Technischen Universität Graz als Basis für die Berechnung der Abweichungen herangezogen. Da dieses Gerät auch mit Fehlern behaftet ist, können aufgrund der oben berechneten Abweichungen keine Schlüsse bezüglich der Genauigkeit der Daten gezogen werden.

Dieser Messstandort befindet sich in direkter Nähe zum Messecenter Graz. Dieses Streckensegment zeichnet sich durch einen hohen Anteil an Autoverkehr aus. AutofahrerInnen bewegen sich auf diesem Messabschnitt auf einer Einbahnstraße, RadfahrerInnen dürfen auf einem Radfahrstreifen auch gegen die Einbahn fahren.

Die Tabelle 29 zeigt, dass sich das SDR nicht an die Werte des SR4 annähert. Die geringste Abweichung der Tageswerte beträgt 19,3 %, die größte 51,7 %. Es ist ersichtlich, dass ein deutlicher Unterschied der Abweichungen zwischen den beiden Richtungen vorhanden ist. Stadtauswärts ist die Abweichung geringer und stadteinwärts ist die Abweichung größer. Daraus lässt sich ableiten, dass die Autos (dürfen sich nur stadteinwärts bewegen) diese großen Abweichungen verursachen. Autos verursachen aufgrund der wechselnden Geschwindigkeiten eine Hürde in der Filterung der Daten, besonders da die Längen nicht für den Filter geeignet sind. Da das SDR die Längen bei jedem Messversuch im Vergleich zum SR4 überschätzt kann dieser Parameter nicht für die Filterung genutzt werden.

Stundenwerte

Die nachfolgenden Tabellen Tabelle 30 und Tabelle 31 nehmen die händischen Zählungen als Basis für die Berechnung der Abweichung.

Der Vergleich der beiden Messgeräte, die am Messstandort Klosterwiesgasse angebracht wurden, mit der händischen Zählung zeigt, dass die Abweichungen durchgängig groß sind. In Richtung stadtauswärts, also bei dem Radstreifen, sind die Abweichungen am kleinsten. Die mittlere Abweichung

beträgt hier 15,8 %. Generell können die geringeren Abweichungen stadtauswärts mit dem ausschließlichen Vorkommen von RadfahrerInnen und der näheren Lage des Radstreifens am Messgerät begründet werden. In die Richtung des Radstreifens sind die Abweichungen mit 41,0 % und 32,4 % deutlich größer als in die entgegengesetzte Richtung. Die größeren Abweichungen stadteinwärts können mit dem nahe dem Messquerschnitt gelegenen Kreuzungsbereich und Schutzweg begründet werden. Viele Autos drosseln ihr Tempo und einige müssen sogar vor dem Zebrastreifen stehen bleiben. Daraus resultiert das Verschwimmen der Ober- und Untergrenzen für charakteristische Geschwindigkeiten, wodurch das Filtern aufwändiger und schwieriger wird.

Tabelle 30: Stundenwerte Klosterwiesgasse - stadtauswärts

Messgeräte	Händische Zählung	Sierzega SR4 (TU Graz)		DataCollect SDR	
		Anzahl Räder	Anzahl Räder	Differenz	Anzahl Räder
stadtauswärts					
04.11.2019 12:00	37	29	-21,6 %	24	-35,1 %
04.11.2019 16:00	44	37	-15,9 %	23	-47,7 %
05.11.2019 07:00	28	23	-17,9 %	21	-25,0 %
05.11.2019 11:00	14	11	-21,4 %	11	-21,4 %
05.11.2019 12:00	11	16	+45,5 %	7	-36,4 %
05.11.2019 16:00	36	32	-11,1 %	26	-27,8 %
05.11.2019 17:00	32	30	-6,3 %	26	-18,8 %
06.11.2019 07:00	50	39	-22,0 %	36	-28,0 %
Mittlere Abweichung			15,8 %		30,4 %

Tabelle 31: Stundenwerte Klosterwiesgasse - stadteinwärts

Messgeräte	Händische Zählung	Sierzega SR4 (TU Graz)		DataCollect SDR	
		Anzahl Räder	Anzahl Räder	Differenz	Anzahl Räder
stadteinwärts					
04.11.2019 12:00	40	55	+37,5 %	38	-5,0 %
04.11.2019 16:00	55	72	+30,9 %	33	-40,0 %
05.11.2019 07:00	29	48	+65,5 %	28	-3,4 %
05.11.2019 11:00	9	15	+66,7 %	14	55,6 %
05.11.2019 12:00	6	21	+250,0 %	10	66,7 %
05.11.2019 16:00	34	48	+41,2 %	22	-35,3 %
05.11.2019 17:00	38	65	+71,1 %	13	-65,8 %
06.11.2019 07:00	71	71	0,0 %	39	-45,1 %
Mittlere Abweichung			41,0 %		32,4 %

5-Minuten-Intervalle

In der nachfolgenden

Tabelle 32 Tabelle 14 ist ein Auszug der 5-Minuten-Intervalle zu sehen. Es ist eine Periode der händischen Vor-Ort-Zählungen ersichtlich, die am 05.11.2019 von 16:00 bis 18:00 stattgefunden hat.

Die Uhrzeit in der ersten Spalte gibt immer den Beginn des fünfminütigen Intervalls an. Eine Auflistung aller Einzelintervalle beider Fahrtrichtungen inklusive der berechneten Abweichung von der händischen Zählung können dem Anhang entnommen werden.

In

Tabelle 32 wird die Richtung dargestellt, in die sich der Mischverkehr bewegt. Es ist ersichtlich, dass es einige Intervalle gibt, in denen die Abweichungen von der händischen Referenzzählung sehr groß sind. Das ist bei beiden Messgeräten der Fall und eine derartige Abweichung ist im Großteil der Intervalle über die zwei gezählten Stunden vorhanden. Das spiegelt sich auch in den restlichen 5-Minuten-Intervallen wider. Es ist hervorzuheben, dass in die Richtung des Radverkehrs die Abweichungen beider Messgeräte sehr viel geringer sind, wodurch abgeleitet werden kann, dass die Genauigkeit mit der vorherrschenden Verkehrsklasse und auch mit der gegebenen Straßensituation zusammenhängt.

Tabelle 32: 5-Minuten-Intervalle Klosterwiesgasse - stadtauswärts

Messgeräte	Händische Zählung	Sierzega SR4			DataCollect SDR		
		Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
Stadtauswärts 05.11.2019							
16:00	2	10	8	400,0%	1	-1	50,0%
16:05	3	3	0	0,0%	2	-1	33,3%
16:10	10	11	1	10,0%	7	-3	30,0%
16:15	2	5	3	150,0%	5	3	150,0%
16:20	3	5	2	66,7%	0	-3	100,0%
16:25	3	2	-1	33,3%	1	-2	66,7%
16:30	2	1	-1	50,0%	1	-1	50,0%
16:35	0	2	2	200,0%	0	0	0,0%
16:40	2	1	-1	50,0%	2	0	0,0%
16:45	4	6	2	50,0%	1	-3	75,0%
16:50	1	1	0	0,0%	0	-1	100,0%
16:55	2	1	-1	50,0%	2	0	0,0%
17:00	3	12	9	300,0%	0	-3	100,0%
17:05	3	7	4	133,3%	2	-1	33,3%
17:10	8	8	0	0,0%	5	-3	37,5%
17:15	1	2	1	100,0%	0	-1	100,0%
17:20	2	3	1	50,0%	1	-1	50,0%
17:25	2	3	1	50,0%	0	-2	100,0%
17:30	4	4	0	0,0%	1	-3	75,0%
17:35	4	8	4	100,0%	1	-3	75,0%
17:40	2	4	2	100,0%	1	-1	50,0%
17:45	0	1	1	100,0%	0	0	0,0%
17:50	3	2	-1	33,3%	0	-3	100,0%
17:55	6	11	5	83,3%	2	-4	66,7%

5.1.5 Messstandort 5: Keplerbrücke

Der Messstandort Keplerbrücke bietet eine komplexe Verkehrssituation, da hier sowohl am Radweg als auch abseits davon auf der Straße den ganzen Tag ein sehr hohes Verkehrsaufkommen vorherrscht. Der Fokus wird hier aber dennoch auf die Erfassung des Radverkehrs und die Unterscheidung von FußgängerInnen und RadfahrerInnen gelegt.

An diesem Messquerschnitt kommen die beiden Seitenradargeräte SDR und SR4 der Technischen Universität Graz zum Einsatz. Zusätzlich wurde hier das Testgerät CITIX 3D des Unternehmens Eco Counter montiert und es ist eine Dauerzählstelle (Sierzega SR4, überkopf montiert) der Stadt Graz vorhanden. Die Geräte müssen sich hier besonders in der Unterscheidung von FußgängerInnen sowie in der Erfassung von einzelnen RadfahrerInnen in Pulks beweisen.

Filter

Bei der Betrachtung der ungefilterten Daten ergeben sich die in Tabelle 33 dargestellten Werte für Median und Standardabweichung der Messgeräte.

Tabelle 33: Messstandort 5 – Ungefilterte Kenngrößen

Gerät	Länge – Median	Länge – Mittelwert	Geschwindigkeit – Median	Geschwindigkeit – Mittelwert
Sierzega SR4	3,10 m	3,64 m	32,00 km/h	31,03 km/h
DataCollect SDR	4,20 m	4,33 m	33,00 km/h	32,07 km/h

Nachdem am Messstandort 5 der Erfassungsbereich der Messgeräte nicht nur auf den Rad- und Gehweg beschränkt werden konnte, sind die Kenngrößen der ungefilterten Daten in Tabelle 33 plausibel. Sowohl die Länge als auch die Geschwindigkeit sind höher als an den vorangegangenen Messstandorten.

Auf der Straße neben dem Radweg kommt es aufgrund der Staubildung in den Stoßzeiten zu einem regelmäßigen Abbremsen und Losfahren. Daher liegt die Geschwindigkeit der detektierten Autos in einem breit gefächerten Wertebereich. Da das SDR auch an diesem Messstandort die Länge der Fahrzeuge wieder im Vergleich zum SR4 der Technischen Universität Graz überschätzt, kann die Länge als Filterkriterium nicht verwendet werden, zumindest solange eine Vergleichbarkeit der Daten nach dem Filtern vorausgesetzt wird.

Auch wenn die Geschwindigkeit aufgrund des verzerrten Geschwindigkeitsprofils des Autoverkehrs nicht optimal für die Filterung geeignet ist, stellt sie doch die beste Lösung dar. Für beide Messgeräte der Technischen Universität Graz wurden eine Obergrenze der Geschwindigkeit von 25 km/h und eine Untergrenze von 10 km/h

Die nachfolgende Tabelle 34 zeigt die gefilterten Kenngrößen der Messgeräte.

Tabelle 34: Messstandort 5 – Gefilterte Kenngrößen

Gerät	Länge – Median	Länge – Mittelwert	Geschwindigkeit – Median	Geschwindigkeit – Mittelwert
Sierzega SR4 (TU Graz)	2,10 m	2,87 m	19,00 km/h	18,58 km/h
DataCollect SDR	3,20 m	2,92 m	19,00 km/h	19,06 km/h

Nach der Filterung der Daten sind die Kenngrößen schon deutlich geringer. In Tabelle 34 ist ersichtlich, dass sich die Länge des SR4 der Technischen Universität Graz sehr gut an die Standardlänge (1,90 bis 2,10 m) von Fahrrädern annähert. (Neufert, 2009)

Das SDR hingegen überschätzt diese Standardlänge um mehr als 1 m. Die Geschwindigkeiten sind deutlich geringer als in Tabelle 33, aber im Vergleich zu dem vom KfV definierten Bereich der durchschnittlichen Geschwindigkeit von RadfahrerInnen ist die Geschwindigkeit knapp über der oberen Grenze von 18,9 km/h. Diese Tatsache lässt sich durch die Geradlinigkeit des Streckensegments am Messquerschnitt erklären. Auch bei der Keplerbrücke handelt es sich um eine beliebte Pendlerstrecke, da der Radweg direkt zum Bahnhof führt.

Tageswerte

Bei den Tageswerten des Messstandortes Keplerbrücke wird nur der 26.11.2019 betrachtet, da an diesem Tag die vollen 24 Stunden von den Messgeräten aufgezeichnet wurden. Da auch zwei stationäre Messgeräte in den Vergleich miteinbezogen werden, fallen die anderen beiden Tage an denen Messungen stattfanden weg. Stadtauswärts bedeutet hier die Keplerstraße entlang in Richtung Bahnhof. Stadteinwärts bedeutet hier die Keplerstraße entlang in Richtung Glacisstraße.

Tabelle 35: Tageswerte Messstandort 5 – Keplerbrücke

Messgeräte	Sierzega SR4 (Stadt)	Eco Counter CITIX 3D			Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR		
	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
26.11.2019								
stadtauswärts	3089	3259	237	7,8%	2848	2987	272	9,1%
stadteinwärts	3022	3340	864	34,9%	2987	2494	846	33,9%

Beim Vergleich in Tabelle 35 wird das SR4 der Stadt Graz als Basis für die Berechnung der Abweichungen des Eco Counter CITIX 3D herangezogen. Für das DataCollect SDR wird das Sierzega SR4 der Technischen Universität Graz als Basis zur Berechnung der Abweichung herangezogen. Da beide Geräte auch mit Fehlern behaftet sind, können aufgrund der berechneten Abweichungen keine Schlüsse bezüglich der Genauigkeit der Daten gezogen werden.

Es wurden unterschiedliche Geräte als Basis für diese Berechnung gewählt, da die Geräte nicht alle an demselben Montageort angebracht werden konnten. Das SDR und das SR4 der Technischen Universität Graz mussten an der Kreuzung der Keplerstraße zum Lendkai angebracht werden, weshalb eine Straße, auf die RadfahrerInnen und Autofahrer abbiegen können zwischen den beiden Messquerschnitten liegt. Daher können die Geräte nicht direkt verglichen werden. Bei der händischen Zählung wurden die RadfahrerInnen, die in den Lendkai abgebogen sind oder von dort auf den Radweg aufgefahren sind, separat aufgezeichnet, um eine Vergleichbarkeit herstellen zu können.

Aufgrund des nicht optimal geeigneten Montageortes musste bei der Erfassung der RadfahrerInnen auch die Hauptverkehrsstraße miterfasst werden. Dies könnte ein möglicher Grund für die großen Abweichungen des SDR vom SR4 der Technischen Universität Graz sein. Ein weiterer Grund könnten Abschattungseffekt durch die Gegenverkehrssituation sein. Gerade in der Morgen- und Abendspitze sind viele RadfahrerInnen unterwegs, die in geringen Abständen hintereinander fahren und auch zahlreiche Überholmanöver durchführen.

Die große Abweichung des CITIX 3D zum SR4 der Stadt Graz lässt auf einen Einstellungsfehler bei einem der beiden Geräte schließen. Eigentlich sollte weder das SR4 noch das CITIX 3D durch Abschattung beeinflusst sein. Das SR4 ist überkopf montiert und das CITIX 3D ist als videobasiertes System in einigen Metern Höhe montiert, um eine Draufsicht auf den Radweg zu erhalten. Ein möglicher Grund, warum das SR4 weniger RadfahrerInnen aufgezeichnet hat, könnte sein, dass nicht der gesamte Geh- und Radweg von dem Radarbasierten Gerät erfasst wird. Daher könnte es sein, dass einige RadfahrerInnen an dem Messbereich vorbeigefahren sind, ohne detektiert zu werden.

Stundenwerte

Die vier nachfolgenden Tabellen (Tabelle 36, Tabelle 37, Das SR4 der Stadt Graz liefert zum Teil auch sehr große Abweichungen. Hierfür ist eine mögliche Erklärung, dass die RadfahrerInnen-Pulks nicht ausreichend erfasst werden können. Gerade in den Spitzenstunden fahren die RadfahrerInnen auf dieser Strecke in dichter Folge aufeinander.

Das SR4 der Technischen Universität Graz liefert stadtauswärts, wie in Tabelle 38 ersichtlich eine sehr hohe Abweichung im Vergleich zu der anderen Richtung und zum SDR. Stadteinwärts weist es nur eine mittlere Abweichung von 6,9 % auf. Daraus lässt sich schließen, dass die große Abweichung stadtauswärts auf die Richtung und daher auf den vorherrschenden Abschattungseffekt zurückzuführen ist. Stadteinwärts entspricht der Richtung des näher zum Messgerät gelegenen Fahrstreifens und ist daher weniger von der Abschattung durch andere RadfahrerInnen betroffen als die entgegengesetzte Fahrtrichtung.

Das SDR weist in beide Richtungen eine sehr ähnliche Abweichung von der händischen Zählung auf, was aufgrund der Regelmäßigkeit in einen Fehler oder eine Ungenauigkeit im Aufbau des Zählgerätes schließen lässt. Eine Beeinflussung durch Abschattung scheint hier nicht gegeben zu sein.

Tabelle 38 und Tabelle 39) nehmen die händischen Zählungen als Basis für die Berechnung der Abweichung. Allerdings werden für das SDR und das SR4 der Technischen Universität Graz die Daten ursprünglichen händischen Zählung verwendet. Für das SR4 der Stadt Graz und das Eco Counter CITIX 3D wurde diese händische Zählung um die erfassten Auf- und Abbieger bereinigt.

Tabelle 36: Stundenwerte Keplerbrücke - stadtauswärts stationär

Messgeräte	Händische Zählung	Sierzega SR4 (Stadt Graz)			Eco Counter CITIX 3D		
		Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
stadtauswärts							
25.11. 11:00	143	146	3	2,1%	164	21	14,7%
25.11. 16:00	247	243	-4	1,6%	248	1	0,4%
26.11. 07:00	310	98	-212	68,4%	352	42	13,5%
26.11. 11:00	128	123	-5	3,9%	143	15	11,7%
26.11. 16:00	261	217	-44	16,9%	163	-98	37,5%
27.11. 07:00	313	93	-79	84,9%	342	29	9,3%
Mittlere Abweichung				27,2%			14,5%

Tabelle 37: Stundenwerte Keplerbrücke – stadteinwärts stationär

Messgeräte	Händische Zählung	Sierzega SR4 (Stadt Graz)			Eco Counter CITIX 3D		
stadteinwärts	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
25.11. 11:00	153	146	-7	4,6%	185	32	20,9%
25.11. 16:00	247	192	-55	22,3%	279	32	13,0%
26.11. 07:00	264	78	-186	70,5%	178	-86	32,6%
26.11. 11:00	149	117	-32	21,5%	186	37	24,8%
26.11. 16:00	259	187	-72	27,8%	297	38	14,7%
27.11. 07:00	250	98	-152	60,8%	261	11	4,4%
Mittlere Abweichung				34,6%			18,4%

Das SR4 der Stadt Graz liefert zum Teil auch sehr große Abweichungen. Hierfür ist eine mögliche Erklärung, dass die RadfahrerInnen-Pulks nicht ausreichend erfasst werden können. Gerade in den Spitzenstunden fahren die RadfahrerInnen auf dieser Strecke in dichter Folge aufeinander.

Das SR4 der Technischen Universität Graz liefert stadtauswärts, wie in Tabelle 38 ersichtlich eine sehr hohe Abweichung im Vergleich zu der anderen Richtung und zum SDR. Stadteinwärts weist es nur eine mittlere Abweichung von 6,9 % auf. Daraus lässt sich schließen, dass die große Abweichung stadtauswärts auf die Richtung und daher auf den vorherrschenden Abschattungseffekt zurückzuführen ist. Stadteinwärts entspricht der Richtung des näher zum Messgerät gelegenen Fahrstreifens und ist daher weniger von der Abschattung durch andere RadfahrerInnen betroffen als die entgegengesetzte Fahrtrichtung.

Das SDR weist in beide Richtungen eine sehr ähnliche Abweichung von der händischen Zählung auf, was aufgrund der Regelmäßigkeit in einen Fehler oder eine Ungenauigkeit im Aufbau des Zählgerätes schließen lässt. Eine Beeinflussung durch Abschattung scheint hier nicht gegeben zu sein.

Tabelle 38: Stundenwerte Keplerbrücke – stadtauswärts mobil

Messgeräte	Händische Zählung	Sierzega SR4 (TU Graz)			DataCollect SDR		
stadtauswärts	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
25.11. 11:00	143	143	0	0,0%	175	32	22,4%
25.11. 16:00	247	148	-106	41,7%	203	-51	20,1%
26.11. 07:00	310	224	-87	28,0%	271	-40	12,9%
26.11. 11:00	128	165	34	26,0%	177	46	35,1%
26.11. 16:00	261	147	-121	45,1%	232	-36	13,4%
27.11. 07:00	313	171	-142	45,4%	264	-49	15,7%
Mittlere Abweichung				31,0%			19,9%

Tabelle 39: Stundenwerte Keplerbrücke – stadteinwärts mobil

Messgeräte	Händische Zählung	Sierzega SR4 (TU Graz)			DataCollect SDR		
		Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
stadtauswärts							
25.11. 11:00	153	141	-12	7,8%	124	-29	19,0%
25.11. 16:00	252	302	50	19,8%	317	65	25,8%
26.11. 07:00	269	261	-8	3,0%	236	-33	12,3%
26.11. 11:00	151	159	8	5,3%	148	-3	2,0%
26.11. 16:00	268	261	-7	2,6%	340	72	26,9%
27.11. 07:00	258	251	-7	2,7%	222	-36	14,0%
Mittlere Abweichung				6,9%			16,6%

5-Minuten-Intervalle

In der nachfolgenden Tabelle 40 ist ein Auszug der 5-Minuten-Intervalle zu sehen. Es ist eine Periode der händischen Vor-Ort-Zählungen ersichtlich, die am 26.11.2019 von 10:55 bis 12:55 stattgefunden hat. Die Uhrzeit in der ersten Spalte gibt immer den Beginn des fünfminütigen Intervalls an. Eine Auflistung aller Einzelintervalle beider Fahrtrichtungen inklusive der berechneten Abweichung von der händischen Zählung können dem Anhang entnommen werden.

Tabelle 40: 5-Minuten-Intervalle Keplerbrücke - stadtauswärts

Messgeräte	Händische Zählung	Sierzega SR4 (TU Graz)			DataCollect SDR		
		Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
Stadteinwärts 26.11.							
06:05	5	3	-2	40,0%	1	-4	80,0%
06:10	4	6	2	50,0%	3	-1	25,0%
06:15	3	2	-1	33,3%	1	-2	66,7%
06:20	9	4	-5	55,6%	5	-4	44,4%
06:25	4	9	5	125,0%	2	-2	50,0%
06:30	13	4	-9	69,2%	2	-11	84,6%
06:35	9	11	2	22,2%	6	-3	33,3%
06:40	5	8	3	60,0%	5	0	0,0%
06:45	11	10	-1	9,1%	5	-6	54,5%
06:50	6	9	3	50,0%	5	-1	16,7%
06:55	9	7	-2	22,2%	1	-8	88,9%
07:00	10	8	-2	20,0%	14	4	40,0%
07:05	13	17	4	30,8%	11	-2	15,4%
07:10	17	16	-1	5,9%	21	4	23,5%
07:15	17	29	12	70,6%	17	0	0,0%

07:20	29	28	-1	3,4%	18	-11	37,9%
07:25	15	21	6	40,0%	6	-9	60,0%
07:30	18	9	-9	50,0%	13	-5	27,8%
07:35	30	16	-14	46,7%	26	-4	13,3%
07:40	28	32	4	14,3%	17	-11	39,3%
07:45	39	33	-6	15,4%	45	6	15,4%
07:50	23	34	11	47,8%	24	1	4,3%
07:55	30	18	-12	40,0%	24	-6	20,0%
08:00	22	19	-3	13,6%	20	-2	9,1%

In Tabelle 40 weisen beide Messgeräte Abweichungen in unterschiedlichen Größen über die gesamte Messperiode hinweg auf. Ein Grund für die durchgängige Abweichung der beiden Messgeräte ist die Schwierigkeiten der Filterung durch die Erfassung der Stopp- und Startbewegungen des Autoverkehrs. Die Geschwindigkeiten der Autofahrer sind niedriger. Nachdem die Länge als Filterkriterium aufgrund der Überschätzung durch das SDR nicht verwendet werden kann, muss dennoch die Geschwindigkeit für die Filterung verwendet werden, um eine Vergleichbarkeit der beiden Stichproben gewährleisten zu können. Es konnten nicht die gleichen Messbedingungen für alle Messgeräte geschaffen werden, da direkt auf der Keplerbrücke keine Montagemöglichkeit für die beiden Seitenradargeräte SDR und SR4 der TU Graz gefunden wurde. Daher mussten diese Geräte an der Kreuzung zum Lendkai montiert werden. Somit befand sich eine Straße zwischen den beiden Messquerschnitten, was eine zusätzliche Erfassung der Auffahrer und Abbieger erforderlich machte. In Tabelle 40 ist die ursprüngliche händische Zählung ersichtlich ohne Bereinigung für die Auffahrer und Abbieger. Diese Werte wurden nur bei der Betrachtung der beiden stationären Systeme CITIX 3D und SR4 der Stadt Graz abgezogen.

5.1.6 Messstandort 6: Rechbauerstraße

An diesem Messstandort sollte die Verkehrserfassung an einem nicht optimalen Aufstellungsort der Messgeräte getestet werden. Das Sierzega SR4 musste hier an einem Radabstellbügel angebracht werden, bei dem die geforderte Höhe von 1 m laut Montageanleitung nicht eingehalten werden konnte. Andererseits befinden sich beide Seitenradargeräte mitten in einer Radabstellanlage vor dem Standort Alte Technik der Technischen Universität Graz. Somit sind die Geräte gefährdet, aus der Grundeinstellung (z.B. Winkel zur Straße) gebracht zu werden. Weiters besteht die Gefahr, dass ein Rad, wenn auch unabsichtlich, vor eines der Geräte geparkt wird und so die Zählung durch Abschattung verfälscht.

Ein weiterer Fokus lag an dem Messstandort Rechbauerstraße im Vergleich der beiden Seitenradargeräte zu dem Telraam. Dafür müssen die Stundenwerte verglichen werden, da das Telraam einerseits nur aggregierte Stundenwerte ausgibt und andererseits nur während Tageslichtstunden in der Lage ist Verkehrsmodi zu zählen.

Filter

Bei der Betrachtung der ungefilterten Daten ergeben sich die in Tabelle 41 dargestellten Werte für Median und Standardabweichung der Messgeräte.

Tabelle 41: Messstandort 6 – Ungefilterte Kenngrößen

Gerät	Länge – Median	Länge Mittelwert	–	Geschwindigkeit – Median	Geschwindigkeit – Mittelwert
-------	----------------	---------------------	---	-----------------------------	---------------------------------

Sierzega SR4	2,80 m	2,89 m	22,00 km/h	22,26 km/h
DataCollect SDR	4,40 m	4,44 m	22,00 km/h	22,70 km/h

An diesem Messstandort konnte kein optimaler Montageort gefunden werden. Die für das SR4 benötigte Höhe von 1 m musste bei der Anbringung unterschritten werden. Das SDR konnte zwar auf einem Radwegweiser in angemessener Höhe angebracht werden, allerdings war der Mast des Wegweisers nicht fest verankert und daher leicht bewegbar.

Nachdem an diesem Messstandort RadfahrerInnen im Mischverkehr mit den Autos fahren und die Autos am gesamten Verkehrsaufkommen einen größeren Anteil ausmachen, sind die Kenngrößen der Länge in Tabelle 41 gering im Vergleich zu den beiden Messstandorten 4 und 5, die auch Mischverkehr behandelten. Auch an diesem Messstandort fand in den verkehrstarken Spitzenstunden, wie bei den beiden vorangegangenen Messstandorten ein ständiges Anhalten und Losfahren vor den Messgeräten statt. Dieser Umstand hat das Filtern des Datensatzes erheblich erschwert.

Die Länge fällt als Filtergröße weg, da das SDR die Längen der Fahrzeuge überschätzt. Für den Filter eine Untergrenze der Geschwindigkeit von 10 km/h und eine Obergrenze von 25 km/h gewählt.

Tabelle 42 zeigt die gefilterten Kenngrößen der Messgeräte.

Tabelle 42: Messstandort 6 – Gefilterte Kenngrößen

Gerät	Länge – Median	Länge – Mittelwert	Geschwindigkeit – Median	Geschwindigkeit – Mittelwert
Sierzega SR4	2,40 m	2,75 m	16,00 km/h	15,97 km/h
DataCollect SDR	4,10 m	3,52 m	17,00 km/h	16,45 km/h

Nach der Filterung der Datensätze sind die Kenngrößen beider Messgeräte gesunken. Das SDR überschätzt die Länge der RadfahrerInnen aber weiterhin um beinahe 2 m. Das kann entweder an der fehlerhaften Montage des Gerätes liegen oder es kann darauf hindeuten, dass die Geschwindigkeit als Filterparameter in diesem Fall nicht geeignet ist. Das SR4 der Technischen Universität Graz nähert im Vergleich mit dem SDR besser an die von Neufert definierte Standardlänge für Fahrräder von (1,90 m bis 2,10 m) an, überschreitet diese jedoch auch deutlich. Auch hier können entweder eine fehlerhafte Montage oder die schlechte Eignung der Geschwindigkeit als Filterparameter Grund für die Abweichung sein.

Tageswerte

Bei den Tageswerten des Messstandortes Rechbauerstraße wird nur der erste Messtag, der 28.11.2019, betrachtet. Grund dafür ist, dass das Gerät SDR des Unternehmens DataCollect am zweiten Messtag ausgefallen ist und nur die Stunden bis Mittag erfasst wurden. Dadurch sind sie nicht mit dem ersten Messtag vergleichbar. Stadtauswärts bedeutet hier die Rechbauerstraße entlang Richtung Maiffredygasse. Stadteinwärts bedeutet hier die Rechbauerstraße entlang in Richtung Sparbersbachgasse.

Das Telraam wird bei dem Vergleich der Tageswerte in Tabelle 43 nicht angeführt, da es für einige Stunden während der beiden Tage ausgefallen ist und somit nicht mit den Tageswerten des SR4 und des SDR vergleichbar ist.

Tabelle 43: Tageswerte Messstandort 6 – Rechbauerstraße

Messgeräte	Sierzega SR4	DataCollect SDR		
	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
28.11.2019				
stadtauswärts	2284	2176	-108	-4,7%
stadteinwärts	1033	1128	95	9,2%

Beim Vergleich der Geräte wird das SR4 der Technischen Universität Graz als Basis für die Berechnung der Abweichungen herangezogen. Da dieses Gerät auch mit Fehlern behaftet ist, können aufgrund der in Tabelle 43 Tabelle 35 berechneten Abweichungen keine Schlüsse bezüglich der Genauigkeit der Daten gezogen werden.

Die Daten der Tabelle 43 sind gefiltert. Das SDR nähert sich in beiden Richtungen an das SR4 der Technischen Universität Graz an. Stadteinwärts überschätzt das SDR die RadfahrerInnen im Vergleich zum SR4, stadtauswärts unterschätzt es die RadfahrerInnen. Eine Erklärung hierfür ist der Abschattungseffekt, der vor allem auf das in geringer Höhe montierte SR4 Auswirkungen hat, da im Gegenverkehr dadurch zwangsläufig Fahrzeuge auf der weiter entfernten Fahrtrichtung (in diesem Fall stadtauswärts) verdeckt werden.

Dieser Messstandort befindet sich in direkter Nähe zum Standort Alte Technik der Technischen Universität Graz. Während der händischen Zählungen war erkennbar, dass anteilmäßig mehr Autos auf diesem Streckensegment unterwegs sind als RadfahrerInnen.

Tabelle 44: reduzierter Tagesvergleich Messstandort 6 – Rechbauerstraße Telraam

Messgeräte	Sierzega SR4	DataCollect SDR			Telraam		
	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
28.11.	817	791	-26	-3,2%	183	-634	-77,6%
29.11.	2085	-	-	-	1149	-936	-44,9%

Tabelle 44 zeigt den Vergleich der Seitenradargeräte SDR und SR4 mit dem Telraam. Da das Telraam mehrere Stunden während der Durchführung der händischen Zählung und auch der Messung aufgrund einer fehlerhaften Internetverbindung keine Daten an den Server übertragen hat, mussten die Tageswerte reduziert werden. Es konnten am 28.11. nur die Stunden von 9:00 bis 10:00 und von 12:00 bis 15:00 addiert werden. Am 29.12. konnten die Daten von 9:00 bis 17:00 aggregiert werden.

Da das Telraam aufgrund der Lichtverhältnisse nur während der Tagesstunden zählt, entsprechen die am 29.11. addierten Werte beinahe einer ganzen Tagesmessung des Telraam. Zusätzlich muss bei den Werten in der Tabelle 44 beachtet werden, dass es sich um eine Aggregation beider Richtungen handelt. Im Moment ist es nicht möglich die Zahlen der Verkehrsmodi getrennt nach Richtung per Stunde in einem Excel-File ausgeben zu lassen. Für das SDR wurden am zweiten Messtag keine Daten angeführt, da das Messgerät um die Mittagszeit ausgefallen ist

Die Abweichungen des Telraam von dem SR4 ist an beiden Tagen im Vergleich zum SDR sehr groß. Am zweiten Tag ist die Abweichung geringer. Das deutet darauf hin, dass das Telraam nicht in allen Stunden, die am ersten Messtag angezeigt wurden, auch 60 Minuten lang gemessen hat. Es lässt sich leider nicht nachvollziehen, wann der Datenupload genau unterbrochen wurde.

Da schon der erste Vergleich der Tageswerte auf eine nicht optimale Filterung hinweisen, kann über die Genauigkeit des Telraam keine stichhaltige Aussage getroffen werden. Es wären weitere Testmessungen und händische Begleitmessungen notwendig, um eine Aussage darüber treffen zu können. Zusätzlich sollte das Telraam während dieser Testmessungen ununterbrochen zählen, um einen realen Vergleich anstellen zu können.

Stundenwerte

Die nachfolgenden Tabellen Tabelle 45 und Tabelle 46 nehmen die händischen Zählungen als Basis für die Berechnung der Abweichung.

Tabelle 45: Stundenwerte Rechbauerstraße - stadtauswärts

Messgeräte	Händische Zählung	Sierzega SR4 (TU Graz)			DataCollect SDR		
		Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
stadtauswärts							
28.11. 08:00	133	168	35	26,3%	136	3	2,3%
28.11. 09:00	110	133	23	20,9%	140	30	27,3%
28.11. 11:00	123	125	2	1,6%	123	0	0,0%
28.11. 12:00	118	156	38	32,2%	127	9	7,6%
28.11. 14:00	150	136	-14	9,3%	137	-13	8,7%
28.11. 15:00	129	159	30	23,3%	159	30	23,3%
29.11. 10:00	133	158	25	18,8%	143	10	7,5%
29.11. 11:00	127	140	13	10,2%	-	-	-
29.11. 12:00	116	248	132	113,8%	-	-	-
29.11. 13:00	167	275	108	64,7%	-	-	-
29.11. 15:00	143	194	51	35,7%	-	-	-
29.11. 16:00	160	167	7	4,4%	-	-	-
Mittlere Abweichung				30,1%			10,9%

Tabelle 46: Stundenwerte Rechbauerstraße - stadteinwärts

Messgeräte	Händische Zählung	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR
------------	-------------------	------------------------	-----------------

stadteinwärts	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
28.11. 08:00	178	122	-56	31,5%	127	-51	28,7%
28.11. 09:00	96	84	-12	12,5%	82	-14	14,6%
28.11. 11:00	67	61	-6	9,0%	61	-6	9,0%
28.11. 12:00	84	66	-18	21,4%	75	-9	10,7%
28.11. 14:00	72	54	-18	25,0%	56	-16	22,2%
28.11. 15:00	95	65	-30	31,6%	72	-23	24,2%
29.11. 10:00	114	82	-32	28,1%	102	-12	10,5%
29.11. 11:00	96	62	-34	35,4%	-	-	-
29.11. 12:00	95	56	-39	41,1%	-	-	-
29.11. 13:00	87	69	-18	20,7%	-	-	-
29.11. 15:00	96	58	-38	39,6%	-	-	-
29.11. 16:00	85	65	-20	23,5%	-	-	-
Mittlere Abweichung				26,6%			17,1%

Der Vergleich der beiden Messgeräte zeigt, dass das Sierzega größere Abweichungen von der händischen Zählung aufweist als das SDR. Extremwerte wie z.B. 113,8 % Abweichung zwischen 12:00 und 13:00 weisen darauf hin, dass die Größe der Abweichung von dem Gesamtverkehrsaufkommen abhängig ist und das dadurch verursachte ständige Anfahren und Abbremsen stark beeinflusst wird. Bei beiden Geräten ist auch die Auswirkung der Abschattung erkennbar, allerdings äußert sich diese bei den beiden Geräten auf unterschiedliche Art und Weise. Das SR4 der Technischen Universität Graz wird durch die Abschattung des stadtauswärts fahrenden Verkehrs durch die stadteinwärts fahrenden Fahrzeuge beeinflusst, daher ist die Abweichung stadtauswärts größer. Das SDR kann zwar die Abschattung durch die größere Montagehöhe und den zusätzlichen, vertikalen Einstellungswinkel besser kompensieren, aber die stadtauswärts fahrenden Autos verdecken die stadtauswärts fahrenden RadfahrerInnen. Bei der Annahme, dass diese RadfahrerInnen am rechten Fahrstreifenrand fahren, sind sie bei Überholmanövern am weitesten von dem SDR entfernt und auch durch das davor fahrende Auto verdeckt. Diese Abschattung würde sich nur über eine deutlich erhöhte Position des Messgerätes verhindern lassen, wie dies z.B. bei videobasierten Messsystemen der Fall ist.

5-Minuten-Intervalle

In der nachfolgenden Tabelle 47Tabelle 14 ist ein Auszug der 5-Minuten-Intervalle zu sehen. Es ist eine Periode der händischen Vor-Ort-Zählungen ersichtlich, die am 28.11.2019 von 11:00 bis 13:00 stattgefunden hat. Die Uhrzeit in der ersten Spalte gibt immer den Beginn des fünfminütigen Intervalls an. Eine Auflistung aller Einzelintervalle beider Fahrtrichtungen inklusive der berechneten Abweichung von der händischen Zählung können dem Anhang entnommen werden.

An diesem Messstandort wird ein Mischverkehrsszenario betrachtet. Da es wieder sehr viel Stop-and-Go-Verkehr in den Spitzenstunden gab, war wie schon beim Messstandort 4 auch hier das Filtern der Daten sehr schwierig. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass nicht alle Autos durch den Filter aus dem Datensatz entfernt wurden. Aus der Tabelle 47 ist ersichtlich, dass das SR4 der Technischen

Universität Graz die größeren Abweichungen der beiden Messgeräte von der händischen Zählung aufweist. Dies ist auch in den restlichen Fünf-Minuten-Intervallen der Fall.

Aufgrund der schwierigen Rahmenbedingungen konnte hier kein optimaler Montageort für die beiden Zählgeräte gefunden werden. Das SR4 musste auf einen Fahrradbügel montiert werden, wodurch die Mindesthöhe lt. Montageanleitung von 1 m unterschritten wurde. Die noch niedrigere Montagehöhe begünstigt die Auswirkung des Abschattungseffektes, wodurch die Abweichungen konstant groß im Vergleich zum SDR sind.

Tabelle 47: 5-Minuten-Intervalle Rechbauerstraße - stadtauswärts

Messgeräte	Händische Zählung	Sierzega SR4 (TU Graz)			DataCollect SDR		
		Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz
Stadtauswärts 28.11.2019							
11:00	5	21	16	320,0%	6	1	20,0%
11:05	16	9	-7	43,8%	11	-5	31,3%
11:10	12	9	-3	25,0%	8	-4	33,3%
11:15	14	7	-7	50,0%	21	7	50,0%
11:20	11	22	11	100,0%	7	-4	36,4%
11:25	11	11	0	0,0%	11	0	0,0%
11:30	6	16	10	166,7%	12	6	100,0%
11:35	6	15	9	150,0%	6	0	0,0%
11:40	15	8	-7	46,7%	12	-3	20,0%
11:45	14	10	-4	28,6%	21	7	50,0%
11:50	14	23	9	64,3%	16	2	14,3%
11:55	9	17	8	88,9%	5	-4	44,4%
12:00	8	9	1	12,5%	9	1	12,5%
12:05	7	15	8	114,3%	4	-3	42,9%
12:10	9	6	-3	33,3%	3	-6	66,7%
12:15	6	4	-2	33,3%	10	4	66,7%
12:20	5	15	10	200,0%	6	1	20,0%
12:25	5	9	4	80,0%	20	15	300,0%
12:30	15	17	2	13,3%	15	0	0,0%
12:35	4	13	9	225,0%	2	-2	50,0%
12:40	9	3	-6	66,7%	16	7	77,8%
12:45	11	14	3	27,3%	15	4	36,4%
12:50	13	12	-1	7,7%	16	3	23,1%
12:55	18	16	-2	11,1%	24	6	33,3%

5.2 Ergebnisse

Dieses Kapitel fasst die Erkenntnisse der Datenauswertung in einer übersichtlichen Tabelle zusammen. Tabelle 48 zeigt für jedes Messgerät die Erfahrungen beim Messaufbau und der Messdurchführung, die durchschnittliche und die größte Abweichung der gemessenen Stundenwerte von den händisch gezählten Stundenwerten. Abschließend wird aus den aufgelisteten Erkenntnissen eine Schlussfolgerung für die Eignung der Messgeräte aus Anwendersicht gezogen.

Tabelle 48: Ergebnisse Datenauswertung

		SR4 (TU Graz)		SDR		SR4 (Stadt Graz)		BikeCounter		CITIX 3D		Telraam
Aufbau und Messung		<ul style="list-style-type: none"> - Leichter Aufbau - Starke Abschattungseffekte durch geringe Montagehöhe 		<ul style="list-style-type: none"> - Leichter Aufbau - Sensible Winkereinstellung, besser durch Fachmann - Geringere Abschattungseffekte aufgrund größerer Montagehöhe 		<ul style="list-style-type: none"> - Kaum Abschattungseffekte wegen Überkopf-Montage 		<ul style="list-style-type: none"> - Nur RadfahrerInnen erfassbar - Einzelfahrzeugdaten auf Nachfrage erhältlich 		<ul style="list-style-type: none"> - Hohes Eigengewicht - Kleinstes Erfassungsintervall 15 min - Leitungsanschluss notwendig - Definierte Detektionszone 		<ul style="list-style-type: none"> - Einfache Handhabung - Keine Sicherung der Daten bei schlechter Internetverbindung - Wenige Informationen auslesbar
Ø. Abweichung	Messstandort 1	7,7%	6,4%	5,6%	6,8%			5,8%	5,5%			
	Messstandort 2	14,5%	24,9%	2,8%	7,3%	3,4%	4,7%					
	Messstandort 3	13,9%	5,5%	30,6%	5,6%							
	Messstandort 4	15,8%	41,0%	30,4%	32,4%							
	Messstandort 5	31,0%	6,9%	19,9%	16,6%	27,2%	34,6%			14,5%	18,4%	
	Messstandort 6	30,1%	26,6%	10,9%	17,1%							
Schlussfolgerung		<p>Aufgrund des starken Einflusses der Abschattungseffekte eignet sich das SR4, welches an der Seite montiert wird, am besten für wenig befahrene Radwege oder Radwege mit nur einer Fahrtrichtung.</p>		<p>Das Gerät weist im Vergleich die niedrigsten, mittleren Abweichungen auf. Dies lässt auf eine universelle Einsetzbarkeit auf Radwegen mit und ohne FußgängerInnen schließen. Die hohen Abweichungen treten vor allem im Mischverkehr auf.</p>		<p>Das überkopf montierte SR4 weist eine geringere Abweichung am reinen Radweg ohne FußgängerInnen auf. Daraus lässt sich schließen, dass das Gerät besser für reine Radstrecken geeignet ist.</p>		<p>Das BikeCounter liefert geringe Abweichungen für den Radweg mit zwei Fahrtrichtungen. Da es keine FußgängerInnen erfassen kann, eignet es sich für Radwege oder Messorte an denen nur RadfahrerInnen erfasst werden sollen.</p>		<p>Aufgrund der Sensortechnologie und der erhöhten Position werden häufige Fehlerquellen anderer Messgeräte ausgeschlossen. Die Detektionszonen machen spezielle Erhebungen und auch kurzfristige Adaptionen möglich.</p>		<p>Das Telraam eignet sich für interessierte BürgerInnen, die ein Gefühl für den Verkehr vor ihrer Haustüre bekommen wollen. Der momentane Entwicklungsstand des Gerätes liefert nur wenige Möglichkeiten zur Datenanalyse.</p>

6 Statistische Tests

Die Datensätze, die bei den Messungen generiert wurden, werden in diesem Kapitel auf ihre Unabhängigkeit untersucht. Es wird überprüft, ob die Stichproben voneinander beeinflusst sind.

Im Rahmen dieses Kapitels soll betrachtet werden, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den händisch gezählten RadfahrerInnen und den Messgeräten gibt. Weiters sollen signifikante Unterschiede zwischen den stationären und mobilen Messgeräten, sowie den verschiedenen Messtechniken durchgeführt werden. Für diese Sachverhalte wird in Kapitel 6.1 ein t-Test verwendet.

Ein weiterer relevanter Punkt ist die Überprüfung, ob es einen Zusammenhang zwischen den Messgeräten (SDR und SR4 der Technischen Universität Graz) und den einzelnen Messstandorten gibt. Ein derartiger Zusammenhang soll auch für die Straßensituationen und die Messgeräte durchgeführt werden. Für diese Punkt wird ein Chi-Quadrat-Anpassungstest verwendet.

6.1 Zweistichproben-t-Test

Zur Überprüfung der Annahme, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen den stationären und mobilen Geräten zu den händischen Zählungen existiert, wird ein Zweistichproben-t-Test verwendet.

Dieser Test benötigt eine normalverteilte Zufallsvariable und kann nur auf unabhängige Stichproben angewendet werden. Die Varianzen sind gleich, aber unbekannt. Folgende Hypothesen werden daher aufgestellt:

$$H_0: \mu_D = 0 \quad (1)$$

$$H_1: \mu_D \neq 0 \quad (2)$$

Die Teststatistik T berechnet sich folgendermaßen:

$$T = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{S_p \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}} \sim t_{n+m-2} \quad (3)$$

mit folgender gepoolter Varianz S_p^2 :

$$S_p^2 = \frac{(n-1)S_X^2 + (m-1)S_Y^2}{m+n-2} \quad (4)$$

Für den kritischen Bereich gelten folgende Grenzen:

$$K = (-\infty; t_{m+n-2, \frac{\alpha}{2}}) \cup (t_{m+n-2, 1-\frac{\alpha}{2}}; \infty), \text{ mit } t_{m+n-2, \frac{\alpha}{2}} = -t_{m+n-2, 1-\frac{\alpha}{2}} \quad (5)$$

Als Entscheidungsregel gilt: „Verwirf H_0 falls $p \leq \alpha!$ “ Die Nullhypothese wird verworfen, wenn T innerhalb des kritischen Bereiches liegt.

Die statistischen Tests werden je Zählstelle dargestellt. Es wird jeweils die händische Zählung (Stichprobe x) mit den am Messstandort verwendeten Messgeräten (Stichprobe y) verglichen. Dafür werden jeweils die Datensätze der Fünf-Minuten-Intervalle herangezogen. Für die Berechnung der Tabellenwerte und die Entscheidung über die Nullhypothese werden die Formeln (1) bis (5) herangezogen. Es wird $\alpha = 0,5\%$ gewählt.

6.1.1 Messstandort 1 – Wetzelsdorfer Straße

Am Messstandort 1 in der Wetzelsdorfer Straße wurden das SDR und das SR4 der Technischen Universität Graz sowie das BikeCounter des Landes Steiermark getestet. Der statistische Test wird jeweils mit der händischen Zählung als Vergleichswert durchgeführt, die hier als Stichprobe x bezeichnet wird. Die nachfolgende Tabelle 49 stellt die Ergebnisse der Berechnungen dar.

Tabelle 49: t-Test Messstandort 1 (5-Minuten-Intervalle)

stadtauswärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	1,978	1,978	3,079	2,702	2,891	0	1,960	Angenommen
SDR	1,978	1,949	3,079	2,555	2,817	0,085	1,960	Angenommen
BikeCounter	1,978	1,949	3,079	2,700	2,890	0,083	1,960	Angenommen
stadteinwärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	2,246	2,232	3,079	2,975	3,027	0,040	1,960	Angenommen
SDR	2,246	2,123	3,079	3,021	3,050	0,335	1,960	Angenommen
BikeCounter	2,246	2,254	3,079	3,378	3,228	-0,019	1,960	Angenommen

Die Zahl der Freiheitsgrade beträgt 274, deswegen wird in der Tabelle der Student-t-Verteilung (im Anhang **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) das t für ∞ gewählt.

Bei allen drei Geräten wird die Nullhypothese angenommen, da die Prüfgröße T jeweils außerhalb des kritischen Bereiches (hier $[-\infty; -1,960] \cup [1,960; \infty]$). Die Annahme der Nullhypothese bedeutet, dass der Mittelwert der Grundgesamtheit der einzelnen Messgeräte jeweils mit dem Mittelwert der Grundgesamtheit der einzelnen Messgeräte übereinstimmt. Somit gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den händisch gezählten RadfahrerInnen und den gemessenen RadfahrerInnen.

Tabelle 50: t-Test Messstandort 1 (Stundenwerte)

stadtauswärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	26,167	26,500	111,139	87,583	99,361	-0,006	2,228	Angenommen
SDR	26,167	25,167	111,139	87,139	99,139	0,017	2,228	Angenommen
BikeCounter	26,167	25,500	111,139	100,917	106,028	0,011	2,228	Angenommen
stadteinwärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	28,000	27,833	236,000	195,472	215,736	0,001	2,228	Angenommen
SDR	28,000	26,000	236,000	200,333	218,167	0,016	2,228	Angenommen
BikeCounter	28,000	28,833	236,000	210,139	223,069	-0,006	2,228	Angenommen

Tabelle 50 zeigt denselben statistischen Test für die Stundenwerte der Stunden, in denen auch händisch gezählt wurde. In diesem Fall beträgt die Zahl der Freiheitsgrade 10.

Auch bei den statistischen Tests der Stundenwerte werden alle Nullhypothesen angenommen. Somit gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den händisch gezählten RadfahrerInnen und den gemessenen RadfahrerInnen unabhängig vom Messgerät.

6.1.2 Messstandort 2 – Glacisstraße

Am Messstandort 2 in der Glacisstraße wurden das SDR und das SR4 der Technischen Universität Graz sowie das SR4 der Stadt Graz getestet. Der statistische Test wird jeweils mit der händischen Zählung als Vergleichswert durchgeführt, die hier als Stichprobe x bezeichnet wird. Die nachfolgende Tabelle 51 stellt die Ergebnisse der Berechnungen dar.

Tabelle 51: t-Test Messstandort 2 (5-Minuten-Intervalle)

stadtauswärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	14,486	12,188	59,222	40,541	49,882	0,391	1,960	Angenommen
SDR	14,486	14,049	59,222	55,046	57,134	0,065	1,960	Angenommen
stadteinwärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	15,222	11,653	86,270	37,227	61,748	0,491	1,960	Angenommen
SDR	15,222	13,847	86,270	56,949	71,609	0,163	1,960	Angenommen

Die Zahl der Freiheitsgrade beträgt 286, deswegen wird in der Tabelle der Student-t-Verteilung (im Anhang **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) das t für ∞ gewählt.

Bei beiden Geräten wird die Nullhypothese angenommen, da die Prüfgröße T jeweils außerhalb des kritischen Bereiches (hier $[-\infty; -1,960] \cup [1,960; \infty]$). Die Annahme der Nullhypothese bedeutet, dass der Mittelwert der Grundgesamtheit der einzelnen Messgeräte jeweils mit dem Mittelwert der Grundgesamtheit der einzelnen Messgeräte übereinstimmt. Daraus kann geschlossen werden, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den händisch gezählten RadfahrerInnen und den gemessenen RadfahrerInnen gibt.

Tabelle 52: t-Test Messstandort 2 (Stundenwerte)

stadtauswärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (Stadt)	188,000	191,833	4438,000	4806,472	4622,236	-0,001	2,228	Angenommen
SR4 (TU Graz)	188,000	158,833	4438,000	2721,806	3579,903	0,014	2,228	Angenommen
SDR	188,000	182,833	4438,000	4190,139	4314,069	0,002	2,228	Angenommen
stadteinwärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (Stadt)	204,833	212,500	8755,139	10047,917	9401,528	-0,001	2,228	Angenommen
SR4 (TU Graz)	204,833	141,167	8755,139	978,472	4866,806	0,023	2,228	Angenommen
SDR	204,833	187,333	8755,139	5942,889	7349,014	0,004	2,228	Angenommen

Tabelle 52 zeigt denselben statistischen Test für die Stundenwerte der händisch gezählten Stunden. In diesem Fall beträgt die Zahl der Freiheitsgrade 10.

Auch bei den statistischen Tests der Stundenwerte werden alle Nullhypothesen angenommen. Somit gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den händisch gezählten RadfahrerInnen und den gemessenen RadfahrerInnen unabhängig vom Messgerät.

6.1.3 Messstandort 3 – Technikerstraße

Am Messstandort 3 in der Technikerstraße wurden das SDR und das SR4 der Technischen Universität Graz getestet. Der statistische Test wird jeweils mit der händischen Zählung als Vergleichswert durchgeführt, die hier als Stichprobe x bezeichnet wird. Die nachfolgende Tabelle 53 stellt die Ergebnisse der Berechnungen dar.

Tabelle 53: t-Test Messstandort 3 (5-Minuten-Intervalle)

stadtauswärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_p^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	0,274	0,258	0,264	0,240	0,252	0,505	1,960	Angenommen
SDR	0,274	1,843	0,264	54,296	27,280	-0,453	1,960	Angenommen
stadteinwärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_p^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	3,161	2,944	6,022	5,037	5,530	0,310	1,960	Angenommen
SDR	3,161	3,210	6,022	5,617	5,820	-0,065	1,960	Angenommen

Die Zahl der Freiheitsgrade beträgt 246, deswegen wird in der Tabelle der Student-t-Verteilung (im Anhang **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) das t für ∞ gewählt.

Bei beiden Geräten wird die Nullhypothese angenommen, da die Prüfgröße T jeweils außerhalb des kritischen Bereiches (hier $[-\infty; -1,960] \cup [1,960; \infty]$). Die Annahme der Nullhypothese bedeutet, dass der Mittelwert der Grundgesamtheit der einzelnen Messgeräte jeweils mit dem Mittelwert der Grundgesamtheit der einzelnen Messgeräte übereinstimmt. Somit gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den händisch gezählten RadfahrerInnen und den gemessenen RadfahrerInnen.

Tabelle 54: t-Test Messstandort 3 (Stundenwerte)

stadtauswärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_p^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	3,000	2,500	2,333	1,917	2,125	0,408	2,228	Angenommen
SDR	3,000	2,333	2,333	1,889	2,111	0,547	2,228	Angenommen
stadteinwärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_p^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	32,667	31,667	75,556	95,222	85,389	0,020	2,228	Angenommen
SDR	32,667	34,500	75,556	87,917	81,736	-0,039	2,228	Angenommen

Tabelle 54 zeigt denselben statistischen Test für die Stundenwerte der Stunden, in denen auch händisch gezählt wurde. In diesem Fall beträgt die Zahl der Freiheitsgrade 10.

Auch bei den statistischen Tests der Stundenwerte werden alle Nullhypothesen angenommen. Somit gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den händisch gezählten RadfahrerInnen und den gemessenen RadfahrerInnen unabhängig vom Messgerät.

6.1.4 Messstandort 4 – Klosterwiesgasse

Am Messstandort 4 in der Klosterwiesgasse wurden das SDR und das SR4 der Technischen Universität Graz getestet. Der statistische Test wird jeweils mit der händischen Zählung als Vergleichswert durchgeführt, die hier als Stichprobe x bezeichnet wird. Die nachfolgende Tabelle 55 stellt die Ergebnisse der Berechnungen dar.

Die Zahl der Freiheitsgrade beträgt 278, deswegen wird in der Tabelle der Student-t-Verteilung (im Anhang **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) das t für ∞ gewählt.

Tabelle 55: t-Test Messstandort 4 (5-Minuten-Intervalle)

stadtauswärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	2,564	2,121	4,103	2,607	3,355	1,104	1,960	Angenommen
SDR	2,564	1,750	4,103	2,130	3,117	2,186	1,960	Angenommen
stadteinwärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	2,929	4,143	6,209	7,522	6,866	-1,480	1,960	Angenommen
SDR	2,929	2,143	6,209	3,908	5,059	1,300	1,960	Angenommen

Bei beiden Geräten wird die Nullhypothese angenommen, da die Prüfgröße T jeweils außerhalb des kritischen Bereiches (hier $[-\infty; -1,960] \cup [1,960; \infty]$). Die Annahme der Nullhypothese bedeutet, dass der Mittelwert der Grundgesamtheit der einzelnen Messgeräte jeweils mit dem Mittelwert der Grundgesamtheit der einzelnen Messgeräte übereinstimmt. Somit gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den händisch gezählten RadfahrerInnen und den gemessenen RadfahrerInnen.

Tabelle 56: t-Test Messstandort 4 (Stundenwerte)

stadtauswärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	37,833	31,667	53,472	27,889	40,681	0,263	2,228	Angenommen
SDR	37,833	26,000	53,472	23,000	38,236	0,536	2,228	Angenommen
stadteinwärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	44,500	59,833	204,250	100,472	152,361	-0,174	2,228	Angenommen
SDR	44,500	28,833	204,250	83,806	144,028	0,188	2,228	Angenommen

Tabelle 56 zeigt denselben statistischen Test für die Stundenwerte der händischen Stundenzählung. In diesem Fall beträgt die Zahl der Freiheitsgrade 10.

Auch bei den statistischen Tests der Stundenwerte werden alle Nullhypothesen angenommen. Somit gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den händisch gezählten RadfahrerInnen und den gemessenen RadfahrerInnen unabhängig vom Messgerät.

6.1.5 Messstandort 5 – Keplerbrücke

Am Messstandort 5 auf der Keplerbrücke wurden das SDR und das SR4 der Technischen Universität Graz als mobile Geräte an der Kreuzung zum Lendkai getestet. Außerdem wurden das SR4 der Stadt Graz und das CITIX 3D als stationäre Geräte direkt auf der Keplerbrücke. Der statistische Test wird jeweils mit der händischen Zählung als Vergleichswert durchgeführt, die hier als Stichprobe x bezeichnet wird. Die nachfolgende Tabelle 57 stellt die Ergebnisse der Berechnungen für die stationären Stundenwerte dar.

Tabelle 57: t-Test Messstandort 5 stationär (Stundenwerte)

stadtauswärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (Stadt)	213,571	133,429	7055,959	5201,388	6128,673	0,024	2,179	Angenommen
CITIX 3D	213,571	214,571	7055,959	8871,388	7963,673	0,000	2,179	Angenommen
stadteinwärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (Stadt)	203,429	120,000	3802,531	3172,857	3487,694	0,045	2,179	Angenommen
CITIX 3D	203,429	213,571	3802,531	3895,388	3848,959	-0,005	2,179	Angenommen

Die Zahl der Freiheitsgrade beträgt im Fall der stationären Stundenwerte 12. Es wurde kein direkter Vergleich aller Geräte durchgeführt, da die mobilen Geräte (SDR und SR4 der Technischen Universität Graz) aufgrund der räumlichen Trennung am Messstandort eine andere händische Zählung zu Grunde liegen haben.

Bei beiden Geräten wird die Nullhypothese angenommen, da die Prüfgröße T jeweils außerhalb des kritischen Bereiches (hier $[-\infty; -2,179] \cup [2,179; \infty]$). Die Annahme der Nullhypothese bedeutet, dass der Mittelwert der Grundgesamtheit der einzelnen Messgeräte jeweils mit dem Mittelwert der Grundgesamtheit der einzelnen Messgeräte übereinstimmt. Somit gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den händisch gezählten RadfahrerInnen und den gemessenen RadfahrerInnen.

Tabelle 58: t-Test Messstandort 5 mobil (5-Minuten-Intervalle)

stadtauswärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	16,664	12,285	75,114	38,379	56,746	0,643	1,960	Angenommen
SDR	16,664	15,971	75,114	69,342	72,228	0,080	1,960	Angenommen
stadteinwärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	16,715	17,066	56,963	74,558	65,760	-0,044	1,960	Angenommen
SDR	16,715	17,036	56,963	145,130	101,046	-0,026	1,960	Angenommen

Die Zahl der Freiheitsgrade beträgt 276, deswegen wird in der Tabelle der Student-t-Verteilung (im Anhang **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) das t für ∞ gewählt.

Bei beiden Geräten wird die Nullhypothese angenommen, da die Prüfgröße T jeweils außerhalb des kritischen Bereiches (hier $[-\infty; -1,960] \cup [1,960; \infty]$). Die Annahme der Nullhypothese bedeutet, dass der Mittelwert der Grundgesamtheit der einzelnen Messgeräte jeweils mit dem Mittelwert der Grundgesamtheit der einzelnen Messgeräte übereinstimmt. Somit gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den händisch gezählten RadfahrerInnen und den gemessenen RadfahrerInnen.

Tabelle 59: t-Test Messstandort 5 mobil (Stundenwerte)

stadtauswärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	216,286	152,429	7145,633	1817,673	4481,653	0,027	2,179	Angenommen
SDR	216,286	204,429	7145,633	2781,102	4963,367	0,004	2,179	Angenommen
stadteinwärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_P^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	208,286	209,714	4033,061	5199,633	4616,347	-0,001	2,179	Angenommen
SDR	208,286	206,429	4033,061	9060,531	6546,796	0,001	2,179	Angenommen

Ebenso wie bei den stationären Stundenwerten beträgt die Anzahl der Freiheitsgrade hier 12.

Auch bei den statistischen Tests der mobilen Stundenwerte werden alle Nullhypothesen angenommen. Somit gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den händisch gezählten RadfahrerInnen und den gemessenen RadfahrerInnen unabhängig vom Messgerät.

6.1.6 Messstandort 6 - Rechbauerstraße

Am Messstandort 6 in der Rechbauerstraße wurden das SDR und das SR4 der Technischen Universität Graz sowie das Telraam getestet. Das Telraam wurde nicht in den statistischen Test miteinbezogen, da keine händische Vergleichszählung für diesen Zeitraum vorhanden ist. Außerdem sind die Werte des Telraam nur als aggregierte Stundenwerte vorhanden.

Der statistische Test wird jeweils mit der händischen Zählung als Vergleichswert durchgeführt, die hier als Stichprobe x bezeichnet wird. Die nachfolgende Tabelle 60 stellt die Ergebnisse der Berechnungen dar.

Tabelle 60: t-Test Messstandort 6 (5-Minuten-Intervalle)

stadtauswärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_p^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	17,782	18,609	596,863	293,225	445,044	-0,016	1,960	Angenommen
SDR	17,782	16,923	596,863	420,664	532,153	0,012	1,960	Angenommen
stadteinwärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_p^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	8,090	5,861	13,790	8,911	11,351	1,666	1,960	Angenommen
SDR	8,090	6,845	13,790	11,178	12,831	0,707	1,960	Angenommen

Die Zahl der Freiheitsgrade beträgt 286 für das SR4 und 226 für das SDR. Die Freiheitsgrade des SDR sind niedriger, da das Gerät nur den halben Tag aufgezeichnet hat. In der Tabelle der Student-t-Verteilung (im Anhang **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) wird t für ∞ gewählt.

Bei beiden Geräten wird die Nullhypothese angenommen, da die Prüfgröße T jeweils außerhalb des kritischen Bereiches (hier $[-\infty; -1,960] \cup [1,960; \infty]$). Die Annahme der Nullhypothese bedeutet, dass der Mittelwert der Grundgesamtheit der einzelnen Messgeräte jeweils mit dem Mittelwert der Grundgesamtheit der einzelnen Messgeräte übereinstimmt. Somit gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den händisch gezählten RadfahrerInnen und den gemessenen RadfahrerInnen.

Tabelle 61: t-Test Messstandort 6 (Stundenwerte)

stadtauswärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_p^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	134,083	171,583	287,910	1964,910	1126,410	-0,082	2,074	Angenommen
SDR	134,083	137,857	287,910	117,265	227,682	-0,035	2,110	Angenommen
stadteinwärts	\bar{X}	\bar{Y}	S_X^2	S_Y^2	S_p^2	T	t	H ₀
SR4 (TU Graz)	97,083	70,333	733,243	320,889	527,066	0,124	2,074	Angenommen
SDR	97,083	82,143	733,243	527,265	660,545	0,048	2,110	Angenommen

Tabelle 61 zeigt denselben statistischen Test für die Stundenwerte der Stunden, in denen auch händisch gezählt wurde. In diesem Fall beträgt die Zahl der Freiheitsgrade 22 für das SR4 und 17 für das SDR.

Auch bei den statistischen Tests der Stundenwerte werden alle Nullhypothesen angenommen. Somit gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den händisch gezählten RadfahrerInnen und den gemessenen RadfahrerInnen unabhängig vom Messgerät.

6.2 Chi-Quadrat-Anpassungstest (χ^2 -Test)

Zur Überprüfung dieser Annahmen über die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Messstandorten und den Messgeräten SDR und SR4 der Technischen Universität Graz wird der Chi-Quadrat-Anpassungstest (χ^2 -Test) ausgewählt. Hauptgrund für die Auswahl dieses Testverfahrens ist die Möglichkeit mehrere Größen miteinander in Beziehung setzen zu können.

Bei dem χ^2 -Test handelt es sich um ein parameterfreies Testverfahren. Es kann zwischen voll- (Verteilungsparameter bekannt) und teilspezifizierten (Parameter werden aus der Stichprobe geschätzt) Verteilungshypothesen unterscheiden. (Voß, 2004)

Als Voraussetzung für den χ^2 -Test sind ein Verteilungsmodell ab nominalem Skalenniveau, also diskrete oder stetige Daten, und eine normalverteilte Stichprobe mit großem Umfang gegeben.

Im ersten Schritt werden die Hypothesen nach folgendem Schema festgelegt:

$$H_0: F_{\text{emp}}(x) = F_0(x), \text{ für alle } x \in \mathbb{R} \quad (7)$$

$$H_1: F_{\text{emp}}(x) \neq F_0(x), \text{ für zumindest ein } x \in \mathbb{R} \quad (8)$$

Weiters werden die Daten in disjunkte, sich gegenseitig ausschließende Klassen eingeteilt. Es ist wichtig zu beachten, dass die absoluten Klassenhäufigkeiten $h_j \geq 10$ sind. Bei den berechneten theoretischen Klassenhäufigkeiten \hat{h}_j müssen in jeder Klasse $\hat{h}_j \geq 1$ und in mindestens 20 % der Klassen $\hat{h}_j \geq 5$. Ist dies nicht der Fall müssen Klassen zusammengelegt werden, wobei für die Klassenanzahl k gilt, dass $k \geq 2$ bei vollspezifizierten Verteilungshypothesen gegeben sein muss oder $k - r \geq 2$ bei teilspezifizierten, mit r als Anzahl der Verteilungsparameter θ . (Brandner & Fellendorf, 2015)

Zur Ermittlung der Teststatistik wird die folgende Formel angewendet:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(h_j - \hat{h}_j)^2}{\hat{h}_j}, \text{ für alle } x \in \mathbb{R} \quad (9)$$

Abschließend muss die Entscheidung getroffen werden, ob die Nullhypothese beibehalten oder verworfen wird. Die Nullhypothese wird unter folgenden Bedingungen verworfen:

$$\text{vollspezifiziert: } \chi^2 > \chi_{k-1, 1-\alpha}^2 \quad (10)$$

$$\text{teilspezifiziert: } \chi^2 > \chi_{k-r-1, 1-\alpha}^2 \quad (11)$$

Zur Bestimmung des p-Wertes muss die Anzahl der Freiheitsgrade berechnet und ein Signifikanzniveau bestimmt werden. In der nachfolgenden Berechnung der Freiheitsgrade wird für n die Anzahl an Spalten und m die Anzahl an Reihen verwendet.

$$\text{Freiheitsgrade } df = (n - 1) * (m - 1) \quad (12)$$

6.2.1 Messstandorte – Messgeräte

In diesem Kapitel soll geklärt werden, ob ein Zusammenhang zwischen den einzelnen Messstandorten und den Abweichungen der beiden Messgeräte SDR und SR4 der Technischen Universität Graz, die an allen Messstandorten verwendet wurden, von der händischen Zählung gibt.

Die Hypothesen für diesen χ^2 -Test lauten folgendermaßen:

- H_0 : Die Messstandorte und die Abweichungen der Messgeräte sind unabhängig voneinander.

- H_1 : Die Messstandorte und die Abweichungen der Messgeräte sind nicht unabhängig voneinander.

Die Kreuztabellen, die zur Berechnung verwendet wurden, können dem Anhang unter 10.7 entnommen werden. Für α wurde ein 95 % Signifikanzniveau festgelegt. Der p-Wert in der Tabelle 62 wurde der Tabelle für die χ^2 -Verteilung entnommen.

Tabelle 62: χ^2 -Test: Messstandorte – Messgeräte

	χ^2	Freiheitsgrade	p-Wert	H_0
Stadtauswärts	36,296	5	11,070	Verworfen
Stadteinwärts	8,125	5	11,070	angenommen

Stadtauswärts ist der p-Wert größer als χ^2 , daher kann die Nullhypothese verworfen werden. Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen dem Messstandort und den Abweichungen der Messgeräte. Die Größe der mittleren Abweichung je Messgerät ist bei den Messungen direkt vom Messstandort abhängig.

Stadteinwärts ist der p-Wert kleiner, daher wird die Nullhypothese angenommen. Für die Fahrtrichtung stadteinwärts besteht kein Zusammenhang zwischen den Messstandorten und den Abweichungen der Messgeräte. Die Abweichungen der Messungen von den händischen Zählungen sind je Messgerät ähnlich groß, es gibt keine starken Ausreißer.

6.2.2 Straßensituation – Messgeräte

In diesem Kapitel wird mithilfe eines χ^2 -Tests geklärt, ob ein Zusammenhang zwischen den in der Aufgabenstellung definierten Straßensituationen und den Abweichungen der einzelnen Messgeräte, die bei diesen Straßensituationen verwendet wurden, von der händischen Zählung besteht.

Für die jeweilige Straßensituation ergeben sich daher die folgenden Hypothesen für den χ^2 -Test:

- H_0 : Die Straßensituation und die Abweichungen der Messgeräte sind unabhängig voneinander.
- H_1 : Die Straßensituation und die Abweichungen der Messgeräte sind nicht unabhängig voneinander.

2 Fahrrichtungen mit FußgängerInnen

Für diesen χ^2 -Test werden die Messgeräte SDR und SR4 der Technischen Universität Graz den Messstandorten 1 (Wetzelsdorfer Straße) und 5 (Keplerbrücke) gegenübergestellt. Beide Messstandorte repräsentieren die Straßensituation 2 Fahrrichtungen mit FußgängerInnen. Die beiden Messgeräte wurden an beiden Messstandorten eingesetzt.

Die Kreuztabellen, die zur Berechnung verwendet wurden, können dem Anhang unter 1.1 entnommen werden. Für α wurde ein 95 % Signifikanzniveau festgelegt. Der p-Wert in der Tabelle 63 wurde der Tabelle für die χ^2 -Verteilung entnommen.

Tabelle 63: χ^2 -Test: Straßensituation (2 Richtungen & FußgängerInnen) – Messgeräte

	χ^2	Freiheitsgrade	p-Wert	H_0
Stadtauswärts	0,044	1	3,841	angenommen
Stadteinwärts	1,812	1	3,841	angenommen

In beiden Fahrtrichtungen ist der p-Wert kleiner als das χ^2 , daher wird in beiden Fällen die Nullhypothese verworfen. Das bedeutet, dass bei beiden Fahrtrichtungen die Straßensituation und die Abweichung der Messgeräte von den händischen Zählungen unabhängig voneinander sind.

Stadtauswärts liefert jeweils das SDR geringere Abweichungen. Stadteinwärts liefert das SR4 knapp bessere Werte (geringere Abweichungen).

Mischverkehr

Für diesen χ^2 -Test werden das SDR und das SR4 der Technischen Universität Graz den Messstandorten 4 (Klosterwiesgasse) und 6 (Rechbauerstraße) gegenübergestellt. Die beiden Messstandorte repräsentieren die Straßensituation Mischverkehr. Die beiden Messgeräte wurden bei beiden Messstandorten eingesetzt.

Die Kreuztabellen, die zur Berechnung verwendet wurden, können dem Anhang unter 10.9 entnommen werden. Für α wurde ein 95 % Signifikanzniveau festgelegt. Der p-Wert in der Tabelle 64 wurde der Tabelle für die χ^2 -Verteilung entnommen.

Tabelle 64: χ^2 -Test: Straßensituation (Mischverkehr) – Messgeräte

	χ^2	Freiheitsgrade	p-Wert	H ₀
Stadtauswärts	13,400	1	3,841	verworfen
Stadteinwärts	0,282	1	3,841	angenommen

Stadteinwärts ist der p-Wert größer als das χ^2 , deswegen wird die Nullhypothese angenommen. Es besteht stadteinwärts kein Zusammenhang zwischen der Straßensituation Mischverkehr und den Abweichungen der Messgeräte.

Stadtauswärts ist das χ^2 kleiner als der p-Wert und damit wird die Nullhypothese verworfen. Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Straßensituation Mischverkehr und der Abweichung der Messgeräte.

Das Ergebnis lässt darauf schließen, dass die beiden Messgeräte abhängig von der Straßensituation unterschiedlich gute Werte geliefert haben. Tatsächlich ist am Messstandort 4 stadtauswärts das SR4 das Messgerät mit der geringeren mittleren Abweichung. Am Messstandort 6 ist das umgekehrt, das SDR weist die größere mittlere Abweichung auf.

7 Zusammenfassung

Diese Kapitel widmet sich der Zusammenfassung der in der Arbeit gewonnenen Erkenntnisse. Kapitelweise werden die wichtigsten Punkte noch einmal zentral zusammengefasst.

7.1 Marktanalyse vorhandener Produkte

Am Beginn der Arbeit wurden die Zählsystemen für den Radverkehr, die in Österreich schon im Einsatz sind aufgelistet worden. Immerhin acht der neun Bundesländer benutzen Messgeräte, um den Radverkehr zu erfassen. Nur das Burgenland besitzt bisher keine Geräte. Die meisten Zählstellen besitzt das Land Vorarlberg, dicht gefolgt von Wien.

Die Erhebung hat ergeben, dass die meisten Bundesländer und deren Hauptstädte eine Induktionsschleife für die Erfassung des Radverkehrs einsetzen. Generell kommen in Österreich drei Firmen bei den Messgeräten für den Radverkehr vor (Schuh und Co KG, Eco Counter und CAT Traffic).

Der europäische Markt bietet aber noch eine Vielzahl an weiteren Produkten, Sensoren und spezialisierten Firmen, von denen einige in Kapitel 2.3 kurz mit ihrer Produktpalette vorgestellt werden.

7.2 Typisierung der Produkte

Das Kapitel 3 beschäftigt sich mit der Typisierung der recherchierten Produkte. Aus dieser Typisierung wird eine Liste von Parametern abgeleitet, die für bei der Anschaffung eines Messgerätes für den Radverkehr von Bedeutung sind. Durch einen Abgleich der Rahmenbedingungen mit dieser Liste können verschiedene Gerätetypen ausgeschlossen und andere in die näher Auswahl aufgenommen werden. Die Liste dient somit auch als Entscheidungshilfe bei der Auswahl eines oder mehrerer Messgeräte. Die wichtigsten Typisierungsparameter sind Messdauer, Sensortyp, Kontakt bei Messung, Montage, Stromversorgung, Datenübertragung, Messwertaktualität und Auswertung.

7.3 Testmessungen ausgewählter Zählsysteme

Das Kapitel 4 befasst sich mit dem gesamten Ablauf der Testmessungen. Am Beginn steht eine Diskussion verschiedener, aus der Sicht des Radverkehrs relevanter Straßensituationen und deren Auffindbarkeit im Grazer Stadtgebiet. In Graz gibt es sehr viele Radwege mit zwei Richtungen auf denen auch FußgängerInnen vorhanden sind. Eine weiter häufige Straßensituation ist der Mischverkehr, da in Graz ein großes Tempo-30-Straßennetz vorhanden ist. Im Vergleich dazu gibt es verschiedene Situationen, die kaum bis gar nicht vorhanden sind. Ein Beispiel dafür ist der Radweg mit nur einer Richtung. In Kombination mit FußgängerInnen ist diese Situation in Graz nur selten vorhanden. Einen Radweg mit einer Richtung, auf dem sich keine FußgängerInnen bewegen, gibt es in Graz nicht. Einen reinen Radweg, der für FußgängerInnen gesperrt ist, gibt in der Theorie (vgl. Glacisstraße). In der Praxis werden auch diese Radwege von FußgängerInnen genutzt, da es keine bauliche Trennung zum Radweg gibt, die FußgängerInnen von der Benutzung abhält.

Aus dieser Vorauswahl an möglichen Messstandorten werden nach einer intensiven Abstimmungsphase mit der Stadt Graz die finalen Standorte ausgewählt. Nach der Genehmigung durch das Straßenamt werden die Messungen durchgeführt und Datensätze generiert. Aus diesem Abstimmungsprozess konnten einige wichtige Erkenntnisse gewonnen werden, die für spätere Messkampagnen wichtig sind. Beispielsweise wurde ein Messgerät, welches auf die Oberfläche des Radweges aufgelegt wird und nicht bündig mit der Fahrbahnoberfläche abschließt, von der Stadt Graz

abgelehnt. Die Abstimmung der Messstandorte mit dem zuständigen Straßenmeister hat gezeigt, dass es sinnvoll ist, sich so früh wie möglich mit dem exakten Montageort zu beschäftigen. Bei baulichen Maßnahmen für stationäre Messgeräte muss dies aus planerischen Gründen getan werden. Bei mobilen Messgeräten darf die Aufhängung am Messstandort aber auch nicht außer Acht gelassen werden. Oft sind an messtechnisch interessanten Punkten keine Verkehrszeichen vorhanden. Für derartige Situationen muss früh genug eine Alternative überlegt werden. Eine Abstimmung mit dem Zuständigen der Stadt Graz für öffentliche Beleuchtung hat gezeigt, dass einerseits aus technischen Gründen und andererseits aus belastungstechnischen Gründen auch Objekte der öffentlichen Beleuchtung (Laternenmasten, Abspannmasten etc.) nicht immer für die Montage von Messgeräten geeignet sind.

Nach der finalen Festlegung der sechs Messstandorte wurden die Messungen in den Monaten Oktober und November des Jahres 2019 durchgeführt. An jedem Messstandort wurden das Sierzega SR4 der Technischen Universität Graz und das DataCollect SDR angebracht. Zusätzlich wurden je nach den Gegebenheiten vor Ort noch andere stationäre Messsysteme der Stadt Graz (Sierzega SR4), des Landes Steiermark (CAT Traffic BikeCounter) und ein Leihgerät (CITIX 3D) des Unternehmens Eco Counter mitgetestet.

7.4 Datenauswertung

Im Kapitel der Datenauswertung werden die generierten Datensätze der Testmessungen verglichen. An jedem Standort werden die Geräte in Tageswerten, Stundenwerten und Fünf-Minuten-Intervallen verglichen. Für die Geräte des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen waren zur Auswertung Einzelfahrzeugdaten mit Länge und Geschwindigkeit der Fahrzeuge vorhanden. Vom Land Steiermark konnten auch Einzelfahrzeugdaten zur Verfügung gestellt werden. Alle anderen Messgeräte lieferten nur aggregierte Stundenwerte.

In diesem Kapitel zeigt sich deutlich welche Situationen für die Messgeräte geeignet sind und wo sie an ihre technischen Grenzen stoßen. Die weniger befahrenen Strecken, wie Wetzelsdorfer Straße und Technikerstraße stellen für die Zählgeräte kein großes Problem dar. Auf Radwegen mit hohen Spitzenstundenwerten, wie z.B. am Glacis, liefern die Geräte auch realitätsnahe Werte. Es zeigt sich an diesem Messstandort aber, dass die Montage und auch die Perspektive des Sensors auf den Radweg eine entscheidende Rolle bei der Genauigkeit der Daten einnehmen. Die Straßensituation Mischverkehr wurde in der vorliegenden Arbeit nur mit sehr verkehrstarken Straßen getestet. Auf diesen Straßen war das Auto das vorherrschende Verkehrsmittel. Aus diesem Grund war es schwierig eine gute Filterung der Daten zu finden. In der Klosterwiesgasse und auf der Rechbauerstraße herrscht vor allem in den Spitzenstunden Stop-and-Go-Verkehr, der den Messgeräten durchaus Probleme bereitet. Gerade auf Mischverkehrsstraßen ist das Thema Abschattung auch sehr stark ausgeprägt, da Autos aufgrund ihrer Größe die Fahrräder bei Überholmanövern immer verdecken.

7.5 Statistische Tests

Das Kapitel statistische Tests setzt sich genauer mit den Daten auseinander. Um zu überprüfen, ob sich die Daten der einzelnen Testmessungen signifikant von den händischen Zählungen vor Ort unterscheiden wird mithilfe eines Zweistichproben-t-Tests überprüft, ob die Daten eines Messgerätes aus der gleichen Population wie die händischen Zählungen stammen. Es konnte für alle Messgeräte festgestellt werden, dass es mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % keine Unterschiede zu den händischen Zählungen gibt.

Mithilfe eines Chi-Quadrat-Anpassungstests wurde überprüft, ob es Abhängigkeiten der errechneten Abweichungen der Messgeräte von den einzelnen Messstandorten gibt. Weiters wurde untersucht, ob es eine Abhängigkeit zwischen speziellen Straßensituationen und den Abweichungen der Messgeräte von der händischen Zählung.

Die gesammelten Erkenntnisse dieser Arbeit laufen in der nachfolgenden Empfehlung zusammen. Im Anschluss wird ein kurzer Ausblick gegeben, welche weiteren Schritte notwendig sind, um ein flächendeckendes Erfassungskonzept für den Radverkehr entwickeln zu können.

8 Empfehlung & Ausblick

Das abschließende Kapitel beschäftigt sich mit der Empfehlung, die aus den Erkenntnissen der vorliegenden Diplomarbeit abgeleitet wird, und einem Ausblick, was die nächsten Schritte am Weg zu einem flächendeckenden Konzept für die Erfassung des Radverkehrs sind.

8.1 Empfehlung

Die Erkenntnisse der Arbeit werden in eine umfassende Empfehlung zusammengefasst, die als Leitfaden für die Auswahl und Umsetzung einer einzelnen Zählstelle, aber auch eines gesamten Konzeptes zur Erfassung von Radverkehrsdaten genutzt werden kann.

8.1.1 Typisierungsparameter für Messgeräte

Bei der Wahl des Messgerätes sind allein in Europa zahlreiche Hersteller zu finden, die verschiedenste Produkte und Services zur Erfassung des Radverkehrs anbieten. Im Hinblick auf die Auswahl des Messgerätes ist es empfehlenswert, die Palette der infrage kommenden Messgeräte einzuschränken. Als Hilfestellung kann dafür die Tabelle 65 herangezogen werden, die relevante Typisierungsparameter und deren Vor- und Nachteile anführt. Es gibt Parameter, die sich gegenseitig ausschließen. Eine stationäre Induktionsschleife für eine Kurzzeitmessung zu realisieren, ist z.B. nicht wirtschaftlich. Als grobe Richtlinie kann angenommen werden, dass sich stationäre Systeme besser für Dauermessungen und mobile Systeme besser für Kurzzeitmessungen eignen, da das System an verschiedenen Orten auf- und wieder abgebaut werden muss. Ein weiterer Parameter, der an diese Überlegung anknüpft, ist die Stromversorgung. Je nach Verfügbarkeit und Messdauer werden unterschiedliche Ausführungen in Frage kommen. Ein standardmäßiger Leitungsanschluss ist nicht an allen interessanten Messorten vorhanden und realisierbar sein. Ein Akku wiederum muss, abhängig von der Dauer der Messung regelmäßig getauscht werden. Ein Solarpanel reicht nur selten zur gesamten Versorgung einer Zählstelle aus und wird meist mit einem Pufferspeicher kombiniert. Alle diese Ausprägungen haben Vor- und Nachteile, die in Tabelle 65 ersichtlich sind, und müssen gut abgewogen werden. Die Parameter der Messdauer, Montage und Stromversorgung sind also eng miteinander verbunden.

Weitere Parameter, die eng miteinander verknüpft sind, sind Datenübertragung und Messwertaktualität. Eine Echtzeitdarstellung der Messdaten ist bei einer Übermittlung der Daten allein via Bluetooth nicht möglich. Dazu braucht es eine konstante und automatische Übertragung der Daten z.B. über Mobilfunk.

Ein Parameter, der zumindest in Graz ein Ausschlusskriterium für bestimmte Messgeräte ist, ist der direkte Kontakt bei der Messung. Nach der Abstimmung mit der Stadt Graz sind Sensoren, die z.B. überfahren werden müssen und dabei auf der Fahrbahn aufgebracht werden, nicht erwünscht. Allerdings stellen Induktionsschleifen, die in der Straße eingelassen sind, kein Problem dar, weil sie bündig mit der Fahrbahn abschließen.

Für ein flächendeckendes Messkonzept ist es sicher von Vorteil sich alle Parameter gut zu überlegen und aufeinander abzustimmen. Aus meiner Sicht macht es für die Erfassung für RadfahrerInnen im gesamten Stadtgebiet auf jeden Fall Sinn Kurzzeit- und Dauermessungen beziehungsweise auch stationäre und mobile Messsysteme zu kombinieren. Vor allem bei infrastrukturellen Veränderungen oder baulichen Maßnahmen ermöglichen mobile Messgeräte eine Erfassung der Veränderung des Radfahreraufkommens. Stationäre Messgeräte hingegen sind für die Erfassung von Langzeitentwicklungen essenziell.

Tabelle 65: Liste der Typisierungsparameter

Parameter	Ausprägung	Vorteile	Nachteile
Messdauer	Dauermessung	<ul style="list-style-type: none"> - Geringerer Wartungsbedarf - Besserer Schutz vor Beschädigung und Vandalismus - Witterungsunabhängig 	<ul style="list-style-type: none"> - Höhere Kosten - Bei Schadensfall schwer zu warten - Konstante Datenqualität
	Kurzzeitmessung	<ul style="list-style-type: none"> - Mobiler Einsatzmöglichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> - Fehleranfälligkeit - Geringer Schutz vor Diebstahl und Beschädigung
Sensortyp	Verformungssensor – Pneumatischer Druckschlauch	<ul style="list-style-type: none"> - Leicht verbindbar mit anderen Sensortypen - Witterungsschutz leicht realisierbar - Leicht adjustierbar 	<ul style="list-style-type: none"> - Erforder genaue Kalibrierung - Durch Wetter und Temperatur beeinflussbar
	Verformungssensor – Piezoelektrischer Sensor	<ul style="list-style-type: none"> - Robust aufgrund geringer Komprimierung - Resistent gegen elektromagnetische Felder und Strahlung 	<ul style="list-style-type: none"> - Schlecht einsetzbar bei statischen Messungen - Hohe Temperaturen führen zu Abfall des Innen-widerstandes
	Induktionsschleife	<ul style="list-style-type: none"> - Geringe Anfälligkeit gegenüber Witterung und äußeren Störeinflüssen - Richtungsabhängige Detektion möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Einbau, Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten sehr zeit- und kostenintensiv - Erfassungsbereich durch Sensormaße begrenzt.
	Radarsensor	<ul style="list-style-type: none"> - Geringer Installations- und Wartungsaufwand - Richtungserkennung möglich - Flexibilität bei Änderung der Fahrstreifen 	<ul style="list-style-type: none"> - Erkennung stehendes Fahrzeug nicht möglich - Witterungsabhängigkeit - Störungen durch Reflexionen oder Bewegungen von Bäumen - Abschattungen
	Pyrosensor	<ul style="list-style-type: none"> - Geringer Montage- und Wartungsaufwand - Nicht-metallische Verkehrsteilnehmer werden erfasst 	<ul style="list-style-type: none"> - Witterungs- und lichtempfindlich - Einflüsse durch Verschmutzung der Infrarot-Optik

		<ul style="list-style-type: none"> - Einfache Ausrichtung bei Fahrstreifenänderung 	<ul style="list-style-type: none"> - Probleme durch Fahrzeugfarben oder zu geringem Temperaturunterschied zu Fahrbahn möglich
	Videoerfassung	<ul style="list-style-type: none"> - Abdeckung mehrerer Fahrstreifen - Geringer Installationsaufwand - Erfassung nicht-metallischer Verkehrsteilnehmer - Richtungsabhängige Erfassung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Witterungsbedingte Einflüsse - Einfluss durch wechselnde Lichtverhältnisse - Verschmutzung des Sensors möglich
Kontakt bei Messung	Kontaktbehaftete Messung	<ul style="list-style-type: none"> - Nur Objekte gezählt, die Messquerschnitt überqueren - Ausblendung von Störfaktoren - Unabhängigkeit von Umwelteinflüssen 	<ul style="list-style-type: none"> - Verschleiß des Sensors durch Berührung und ständige Verformung
	Kontaktlose Messung	<ul style="list-style-type: none"> - Kein Verschleiß 	<ul style="list-style-type: none"> - Abhängig von Umgebungsbedingungen
Montage	Stationäres System	<ul style="list-style-type: none"> - Konstante Qualität der Daten 	<ul style="list-style-type: none"> - Höhere Anschaffungs- und Installationskosten - Schwierige Behebung von Fehlern und Defekten
	Mobiles System	<ul style="list-style-type: none"> - Mobiler Einsatz - Leichte Montage - Leichte Kalibrierbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> - Nach Umsetzen veränderte Qualität der Messdaten - Potenzielle Gefährdung von Passanten (Stolperfalle etc.)
Stromversorgung	PoE, PoE+, PoE++	<ul style="list-style-type: none"> - Kosteneinsparung - Sicherheitseffekt 	<ul style="list-style-type: none"> - Nur bei geringem Strombedarf - Nicht überall möglich
	Leistungsanschluss	<ul style="list-style-type: none"> - Kein Wechsel regelmäßiges Wechseln des Akkus 	<ul style="list-style-type: none"> - Kostenintensiv - Nicht überall möglich
	Akku	<ul style="list-style-type: none"> - Gut für Kurzzeitmessung 	<ul style="list-style-type: none"> - Bei langfristiger Messung hoher Personalaufwand durch Akkuwechsel
	Solarpanel	<ul style="list-style-type: none"> - kostenintensiv 	<ul style="list-style-type: none"> - Reicht als Alleinversorgung für Zählstelle meist nicht aus (Pufferspeicher notwendig)

Datenübertragung	Mobilfunk	<ul style="list-style-type: none"> - Vollautomatische Übertragung möglich - Anwesenheit am Messort nicht notwendig 	
	Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> - Keine fixen Gebühren - Ideal für mobilen Einsatz und kurzzeitige Messungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Zeit- und kostenintensiv - Ortsanwesenheit notwendig aufgrund begrenzter Reichweite - Bei langfristigen Messungen hoher Personalaufwand
Messwertaktualität	Echtzeit	<ul style="list-style-type: none"> - Möglichkeit aktueller Analysen 	<ul style="list-style-type: none"> - Automatisierte Ferndatenübertragung notwendig
	Nachträgliche Darstellung	<ul style="list-style-type: none"> - Eine Datenauslese am Ende des Messzeitraumes ausreichend 	
Auswertung	Auswertungstool	<ul style="list-style-type: none"> - Personalsparnis - Abwälzen einer Teilverantwortung auf den Hersteller 	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Auskunft über Bereinigung der Daten - Beschränkte Auswertungsmöglichkeiten
	Rohdaten	<ul style="list-style-type: none"> - Gezielte Analysen möglich - Filterung der Daten nach Belieben - 	<ul style="list-style-type: none"> - Fachlich ausgebildetes Personal notwendig

8.1.2 Behördliche Rahmenbedingungen

Die Abstimmung mit den verschiedenen Stellen der Stadt Graz hat mehr Zeit in Anspruch genommen, als ursprünglich angenommen. Während dieses Abstimmungsprozesses tauchten verschiedene Herausforderungen auf, die bei der Einführung eines Messsystems oder auch bei dem Entwurf eines flächendeckenden Messkonzeptes möglichst früh bedacht werden sollten.

Auch wenn auf Geräte, die auf die Fahrbahn aufgelegt werden, verzichtet wird, sollte dennoch frühzeitig abgeklärt werden, ob Genehmigungen für die Umsetzung und den Einsatz benötigt werden. Es ist außerdem unerlässlich, alle rechtlichen Vorgaben wie z.B. die StVO zu überprüfen, oder diese mit einem Fachmann, wie im Fall der Diplomarbeit dem zuständigen Straßenmeister und den Verantwortlichen des Straßenamtes der Stadt Graz abzuklären.

Die Stromversorgung ist ein wichtiger Punkt, der unter Umständen auch mit der zuständigen Behörde abgeklärt werden muss. Im Fall der vorliegenden Diplomarbeit wurde die Auswahl der Messstandorte auch an die Abstimmung mit der Abteilung für Verkehrssteuerung und öffentliche Beleuchtung geknüpft. Einerseits musste geklärt werden, ob eine Stromversorgung für die Kurzzeitmessungen sinnvoll war. Dies wurde verworfen, da bei den angeschafften Geräten des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen der Technischen Universität Graz die Stromversorgung mittels Akkus, aufgrund der geplanten, unabhängigen Weiterverwendung durch das Institut, bevorzugt wurde. Andererseits musste abgeklärt werden, ob die Montage auf Objekten der öffentlichen Beleuchtung überhaupt möglich und erlaubt ist. Die Montage auf den Abspannmasten wurde von Seiten der Abteilung für Verkehrssteuerung und öffentliche Beleuchtung aufgrund der zusätzlichen Last auf den Mast durch die Messgeräte abgelehnt.

Für die behördliche Abstimmung muss unbedingt genug Zeit eingeplant werden, um eine erfolgreiche Implementierung des Messsystems oder des Messkonzeptes garantieren zu können.

8.1.3 Messstandort

Jedes Messgerät hat gewisse Anforderungen an den Montageort. Bei stationären Messgeräten erfolgt die Überlegung zum Montageort einmalig vor der Errichtung. Bei mobilen Geräten muss vor jedem Einsatz genau analysiert werden, wo das Gerät montiert werden kann und wo die besten Rahmenbedingungen für die nächste Messung vorhanden sind.

In der vorliegenden Diplomarbeit hat sich gezeigt, dass die Messergebnisse genauer werden, je weniger der Radverkehr im Messquerschnitt und im umliegenden Nahbereich gestört wird. Gute Messbereiche sollten also nach Möglichkeit nicht von FußgängerInnen gequert werden müssen. Kreuzungen und deren Nahbereiche sollten vermieden werden, damit keine Beeinträchtigung der Geschwindigkeit und kein abruptes Abbremsen den Verkehrsfluss stört.

Aus den Messungen in der Klosterwiesgasse und der Rechbauerstraße kann aufgrund der großen Abweichungen abgeleitet werden, dass sich Straßen mit Mischverkehr mit motorisierten Kraftfahrzeugen nicht für eine Messung mit Seitenradargeräten eignen. Sollte eine gemeinsame Nutzung der Verkehrsfläche im Nahbereich nicht vermeidbar sein, so sollte das Rad zumindest die vorherrschende Verkehrsklasse sein. Die Filterung der Daten und Bestimmung der Klassen wird einfacher je mehr sich die einzelnen, vorkommenden Verkehrsmodi in den Eigenschaften Fahrverhalten, Geschwindigkeit und Länge voneinander unterscheiden. Die beiden zuvor genannten Messstandorte in der Klosterwiesgasse und der Rechbauerstraße haben gezeigt, dass Start- und Stoppverkehr, wie das z.B. an Hauptverkehrsrouten in den Tagesspitzenstunden der Fall ist, für die Seitenradargeräte sehr schwer zu erfassen ist. Alle Geräte, die in die Arbeit miteinbezogen waren, sind

auf ein dynamisches Verkehrsgeschehen spezialisiert und können ruhenden Verkehr daher nicht ausreichend erfassen. Als Beispiel sind hier videobasierte Systeme zu nennen, die Objekte im Messbereich erkennen und dessen Weg im Erfassungsbereich verfolgen, unabhängig von der Geschwindigkeit.

Der Messstandort auf der Keplerbrücke hat gezeigt, dass es nicht ausreichend ist, einen Radweg auszuwählen. Der Erfassungsbereich sollte auch auf den relevanten Radweg eingeschränkt und keine anderen Verkehrsmodi, wie in diesem Fall der motorisierte Individualverkehr, miterfasst werden. Auf der Keplerbrücke konnte kein besserer Montageort für die beiden Seitenradargeräte gefunden werden. Bei der Datenauswertung haben die erfassten Autos durch den ständigen Start- und Stopverkehr die Analyse erheblich erschwert.

Bei allen Messungen war es also unumgänglich einen geeigneten Ort für die Anbringung der Geräte zu finden. In der vorliegenden Arbeit wurde dies durch bei allen Messstandorten durch Verkehrszeichen gelöst. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass die montierten Messgeräte nicht in den durch die StVO vorgegebenen Lichtraum hineinragen. Aufgrund der besseren Rahmenbedingungen wäre es jedoch oft interessant, Messungen möglichst unbeeinflusst von Kreuzungen und Querungen auf der freien Strecke zu machen. Gerade dort sind aber nur selten Verkehrszeichen aufzufinden.

Eine Möglichkeit, um diese Thematik zu entgehen, wäre unter Umständen die Anschaffung oder die Herstellung eines Sockels für mobile Messungen. Dieser sollte auf der einen Seite so mobil sein, dass er von der Stadt oder der Gemeinde für Kurzzeitmessungen an einem beliebigen Ort platziert werden kann. Auf der anderen Seite sollte er aber so diebstahl- und vandalismussicher sein, dass eine Verfälschung oder Störung der Messung ausgeschlossen ist. Finden derartige Messungen häufig statt, wäre es vielleicht ratsam, den Sockel z.B. mit einem Solarpanel zur Stromversorgung auszustatten, um einen häufigen Akkutauch und damit verbundene Personalstunden zu vermeiden.

8.1.4 Datenauswertung

Zu Beginn der Arbeit wurde erhoben, welche Geräte von Städten und Ländern in Österreich schon heute verwendet werden. Dabei konnte festgestellt werden, dass beinahe alle Befragten die Auswertung der erhobenen Daten nicht selbst durchführen. Einige Länder und Städte lassen das von spezialisierten Verkehrsbüros durchführen. Die meisten öffentlichen Stellen lassen sich aber von Herstellerunternehmen des Messgerätes die bereinigten und in vielen Fällen aggregierten Werte liefern, wodurch viel Potenzial der Daten verloren. Auch wenn eine öffentliche Stelle die Daten nicht auswertet, so ist doch der Besitz der Einzelfahrzeugdaten wichtig. Mithilfe der Einzelfahrzeugdaten können leichter die Plausibilität geprüft und Bereinigungen der Daten nachvollzogen werden. Gerade für Verkehrsplaner bieten Einzelfahrzeugdaten eine große Chance, um vielfältige Analysen durchzuführen und mögliche Verbesserungen für Verkehrskonzepte und infrastrukturelle Maßnahmen erarbeiten zu können.

Das Thema der Datenverfügbarkeit, der Auswertung und der Verwendung ist also stark nutzerabhängig. Bei der Entwicklung eines flächendeckenden Erfassungskonzept für Radverkehr muss im Vorhinein überlegt werden, wer die Daten nach Inbetriebnahme nutzen soll und kann. Die Form der Bereitstellung der Daten muss auch frühzeitig mitbedacht werden.

8.2 Nächste Schritte und Ausblick

Im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit konnte ein neues Seitenradargerät mit mehreren stationären Bestandsgeräten und einem Testgerät des Unternehmens Eco Counter verglichen werden.

Seitenradargeräte (neben der Fahrbahn und überkopf angebracht), eine Induktionsschleife und ein Videoerfassungsgerät konnten getestet werden. Leider konnte nur das Seitenradargerät an mehreren Messstandorten verwendet werden. Weitere Tests anderer Geräte und Sensortechnologien für den stationären und mobilen Einsatz wären in weiterer Folge durchaus sinnvoll, um abschätzen zu können, welche Geräte für die in Graz relevanten Verkehrssituationen die besten Ergebnisse liefern und die Anforderungen bestmöglich erfüllen. Gerade in komplexen Straßensituationen ist eine genaue Erfassung aller Verkehrsteilnehmer wichtig. Diese konnten aber in der vorliegenden Arbeit nicht ausreichend abgedeckt werden, da nicht alle Geräte an allen Messstandorten zum Einsatz kommen konnten.

Ein Bereich der Sensortechnologie, der sich momentan rasch verändert, ist die Videoerfassung. Mehrere Firmen kombinieren bereits vorhandene Videotechnologien mit künstlicher Intelligenz, wodurch auch die Erfassung der Wege durch den Messbereich oder des ruhenden Verkehrs möglich ist. Die Entwicklungen auf diesem Sektor sollten weiter verfolgt werden.

Um nun auf die Zählstellen in Graz zurückzukommen, wäre es im nächsten Schritt sinnvoll, eine Analyse potenzieller Standorte im gesamten Stadtgebiet durchzuführen. Es sollte überlegt werden, ob ein flächendeckendes Konzept zur Erfassung des Radverkehrs angestrebt wird.

Im Hinblick auf ein flächendeckendes Konzept zur Erfassung des Radverkehrs wäre es wichtig zu Beginn die Hauptrouten zu erfassen. So wird eine Analyse der Bewegungsmuster der RadfahrerInnen in Graz und eine laufende Beobachtung der Radverkehrszahlen möglich. In Kombination mit mobilen Messgeräten, die zum Monitoring und zur Evaluierung von infrastrukturellen Maßnahmen verwendet werden, können die Messgeräte dazu beitragen, Faktoren zu erforschen, die einen direkten Einfluss auf die Radverkehrszahlen haben. Diese identifizierten Faktoren können wiederum in ein Rad- oder auch Gesamtverkehrskonzept zur Verbesserung der Verkehrssituation für RadfahrerInnen in Graz einfließen.

9 Literaturverzeichnis

- Brandner, R.; Fellendorf, M.: Skript zur Vorlesung Mathematik 3 – Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie. WS 2015/16
- Hering, E.; Schönfelder G. (2018): *Sensoren in Wissenschaft und Technik*. ISBN-13: 978-3-658-12562-2, Springer Vieweg
- Koch, H. (2009): *Bike Count - Technologien und Wege zur Etablierung einer bundesweiten Datenbasis zum Radverkehrsaufkommen*. Ergebnisse der Forschungsarbeit im Rahmen der 1. Ausschreibung ways2go (2008) von bmvit und FFG
- Kuratorium für Verkehrssicherheit (KFV) (2019): *Sicher Leben. Band #19. Geschwindigkeitsunterschiede ausgewählter Fahrradtypen*. Online downloadbar unter: <https://www.kfv.at/e-bikes/>
- Bütler, R.; Reding, U.; Dieringer, P.; Burnand, J.; Ferella, F. (2010): *Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen*. Forschungsauftrag VSS 2007/303
- Muhar, A.; Arnberger, A.; Brandenburg, C. (2002): *Methods for Visitor Monitoring in Recreational and Protected Areas: An Overview*. In Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas Conference Proceedings, Seiten 1-6, Wien, Österreich, 30. Jänner – 02. Februar 2002
- Neufert, E. (2009): *Bauentwurfslehre*. ISBN: 978-3-8348-0732-8; Vieweg + Teubner
- Voß, W. (2004): *Taschenbuch der Statistik*. ISBN: 3-446-22605-2, 2. Auflage, Fachbuchverlag Leipzig
- Walke, B. (2013): *The roots of GPRS: the first system for mobile packet-based global internet access*. IEEE Wireless Communications Volume 20 Nr.5, S. 12-23.

Aus dem Internet:

- CAT Traffic – Cichon Automatisierungstechnik GmbH (2019a): *Verkehrsdaterfassung – EasyCOUNT* [online] http://www.cat-traffic.de/DE/02_html_traffic/02_traffic_1_1.php [15.07.2019]
- CAT Traffic – Cichon Automatisierungstechnik GmbH (2019b): *Verkehrsdaterfassung – Schleifen-Detektor AVC 100* [online] http://www.cat-traffic.de/DE/02_html_traffic/02_traffic_1_2.php [15.07.2019]
- Connection Systems (2020): Home [online] <https://connectionsyste.ms.nl/index.php/en/> [17.01.2020]
- Chorherr, C.; Maresch, R.; Wurzer, M.; Kickert, J; Kubik, G.; Bluma, S; Lindenmayr, S (2013): *Grundsatzbeschluss Radfahren in Wien* [online] https://www.mobiltaetsagentur.at/wp-content/uploads/2016/07/Grundsatzbeschluss_Radfahren_in-Wien.pdf [16.04.2019]
- DataCollect Traffic Systems GmbH (2019): *Produkte - Software* [online] <https://www.datacollect.com/de/produkte/software/> [09.07.2019]
- EBE Solutions GmbH (2019): *Verkehrszählung* [online] <http://www.ebe-solutions.at/de/ebe-road/traffic-count> [13.08.2019]
- Eco Counter GmbH (2019): *Produkte – MULTI Mobil* [online] <https://www.eco-compteur.com/de/produits/multi-personen-fahrradzaehler/multi-mobil/> [16.07.2019]
- Eco-Counter Eco-Compteur [Flickr] (2011): TUBES [Flickr-Account des Unternehmens Eco Counter], veröffentlicht am 20.04.2011, online unter:*

- <https://www.flickr.com/photos/133066393@N08/19868494113/in/photostream/>
[15.07.2019]
- Eco Counter [Twitter] (2017): *New product available: the #MobileMULTI ...* [Twitter-Account des Unternehmens Eco Counter], veröffentlicht am 27.07.2017 um 12:08, online unter: https://twitter.com/eco_counter/status/890514161792319488 [16.07.2019]
- Elektronik Kompendium (2019): *Bluetooth 1.0/1.1/1.2 (IEEE 802.15)*. [online] <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/0803301.htm> [21.10.2019]
- EPOMM – European Platform on Mobility Management (2011): *TEMS – The EPOMM Modal Split Tool* [online] http://www.epomm.eu/tems/result_cities.phtml?more=1 [31.07.2019]
- Garcia, Keegan (2017): *Robuste Verkehrsüberwachung – Die heutige Technik zur Verkehrsüberwachung* [online] <https://www.elektroniknet.de/elektronik/halbleiter/radarsensoren-und-signalverarbeitung-in-einem-soc-148183-Seite-2.html> [23.07.2019]
- GEOVISTA GmbH (2020): *Unsere Leistungen im Überblick* [online] https://www.geovista.de/index_geovista.php#verkehrszaehlung [17.01.2020]
- GPV Günther Pichler Verkehrstechnik GmbH (2019): *Eco Counter – Vorreiter, Marktführer und Experte der Fußgänger-/Radfahrerzählung* [online] <https://www.gpv.at/eco-counter> [16.07.2019]
- Icoms Detections S.A. (2020): *Home* [online] <https://icomsdetections.com/> [17.01.2020]
- Internet World Business (2019): *UMTS-Netzen droht Abschaltung ab 2020*. [online] <https://www.internetworld.de/technik/g/umts-netzen-droht-abschaltung-ab-2020-1731581.html> [21.10.2019]
- Joachim Herz Stiftung – LEIFI Physik (2019): *Elektromagnetische Induktion – Induktionsschleifen im Straßenverkehr* [online] <https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetische-induktion/ausblick/induktionsschleifen-im-strassenverkehr> [23.07.2019]
- Land Kärnten (2019): *Masterplan Radfahren Klagenfurt – Maßnahmen 2018 und Ausblick 2019* [online] https://www.ktn.gv.at/356310_DE-Radwege-Ma%dfnahmen_2018_und_Ausblick_2019 [15.10.2019]
- Land Oberösterreich (2013): *Verkehrserhebung* [online] <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/53269.htm> [16.04.2019]
- Land Steiermark (2020): *Onlinedaten – Kontinuierliches und mobiles Messnetz* [online] <https://www.umwelt.steiermark.at/cms/ziel/2060750/DE/> [18.02.2020]
- Land Vorarlberg (2019): *Rad in Zahlen* [online] https://vorarlberg.at/web/land-vorarlberg/contentdetailseite/-/asset_publisher/qA6AJ38txu0k/content/rad-in-zahlen-zaehlstellen?article_id=80527 [29.07.2019]
- Luber, Stefan; Donner, Andreas (2018): *Was ist PoE (Power over Ethernet)?* [online] <https://www.ip-insider.de/was-ist-poe-power-over-ethernet-a-711486/> [21.10.2019]
- Miovision Technologies Inc. (2020): *Multimodal Detection* [online] <https://miovision.com/solutions/multimodal-detection/> [17.01.2020]
- MetroCount (2020): *Traffic Data Specialists* [online] <https://metrocount.com/> [17.01.2020]

- Naderer, Moritz (2018): *150 Maßnahmen für attraktiveren Radverkehr in Salzburg* [online] <https://www.salzburg24.at/news/salzburg/stadt/150-massnahmen-fuer-attraktiveren-radverkehr-in-salzburg-60171886> [15.04.2019]
- Nast Consulting (2013): *Radverkehrszählungen* [online] <http://www.nast.at/verkehrsdaten/> [06.05.2019]
- Piezocryst Advanced Sensorics GmbH (2019): *Piezoelektrische Sensoren - Grundlagen* [online] https://web.archive.org/web/20120812222114/http://www.piezocryst.com/piezoelectr ic_sensors_de.php [23.07.2019]
- Regionews.at (2018): *Innsbruck: Grünes Licht für neue Radzählstelle* [online] https://www.regionews.at/newsdetail/Innsbruck_Gruenes_Licht_fuer_neue_Radzaehlst elle-190371 [16.04.2019]
- RS Components GmbH (2019): *Überblick über den Infrarotsensor* [online] <https://de.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=infozone&file=automation/infrarotsensor> [19.08.2019]
- RTB GmbH & Co. KG (2020): *Verkehrserfassung* [online] <https://www.rtb-bl.de/RTB/verkehrserfassung/> [17.01.2020]
- Schuh & Co. GmbH (2019): *Bike-Counter-System zur Zählung von Radfahrern* [online] https://www.schuhco.de/de/c11_bike_counter.php?last=c11_bike_counter.php¤tNumber=3.2.1¤tIsExpanded=0 [06.08.2019]
- Sensor Line GmbH (2020): *Cyclist Counting* [online] <https://sensorline.de/road-traffic/road-traffic-applications#cyclist-counting> [17.01.2020]
- Siemens Mobility GmbH (2019): *awareAI* [online] <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:e657946f-7d22-4157-9e52-0331a1477bc0/version:1559113895/awareai-datasheet-en.pdf> [03.02.2020]
- Siemens Österreich (2020): *News & Themen* [online] <https://new.siemens.com/at/de.html> [17.01.2020]
- Stadt Graz (2019a): *Mobilitätsverhalten* [online] <https://www.graz.at/cms/beitrag/10192604/8032890/Mobilitaetsverhalten.html> [05.08.2019]
- Stadt Graz (2019b): *Rad-Zählstellen – Dauerzählstellen* [online] https://www.graz.at/cms/beitrag/10116349/8032890/Rad_Zaehlstellen.html [08.07.2019]
- Stadt Wien (2009): *Dauerzählstellen zur Radverkehrserhebung – Standorte und Messtechnik* [online] <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/verkehrsplanung/radwege/erhebungen/dauerzaehlung/zaehlstellen.html#standorte02> [16.04.2019]
- Telraam (2019): *Kaiserfeldgasse 13.08. – 21.08.2019* [online] <https://telraam.net/nl/location/2000027212/2019-08-07/2019-08-21> [21.08.2019]
- Wetter.com (2020): *Wetterrückblick Region Graz - Daten der Station GRAZ UNIVERSITAET* [online] https://at.wetter.com/wetter_aktuell/rueckblick/oesterreich/graz/ATAT20125.html?sid=11290&timeframe=1y [27.01.2020]

10 Anhang

10.1 Anhang: Messstandort 1 Wetzelsdorfer Straße

Tabelle 66: 5-Minuten-Intervalle Wetzelsdorfer Straße - stadtauswärts

Stadtauswärts	Hand	CAT BikeCounter			Sierzega SR4			DataCollect SDR			
	Anzahl	Anzahl	Abs.	Rel.	Anzahl	Abs.	Rel.	Anzahl	Abs.	Rel.	
22.10.2019	16:35	6	4	-2	33,3 %	5	-1	16,7 %	4	-2	33,3 %
	16:40	1	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	16:45	2	1	-1	50,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	16:50	2	3	1	50,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	16:55	4	6	2	50,0 %	4	0	0,0 %	4	0	0,0 %
	17:00	7	6	-1	14,3 %	5	-2	28,6 %	6	-1	14,3 %
	17:05	3	1	-2	66,7 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	17:10	3	2	-1	33,3 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	17:15	2	3	1	50,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	17:20	2	3	1	50,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	17:25	8	6	-2	25,0 %	8	0	0,0 %	8	0	0,0 %
	17:30	2	4	2	100,0 %	2	0	0,0 %	3	1	50,0 %
	17:35	5	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %	4	-1	20,0 %
	17:40	5	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
	17:45	4	3	-1	25,0 %	4	0	0,0 %	4	0	0,0 %
	17:50	4	3	-1	25,0 %	4	0	0,0 %	4	0	0,0 %
	17:55	0	3	3	300,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	18:00	4	1	-3	75,0 %	4	0	0,0 %	4	0	0,0 %
23.10.2019	06:35	2	1	-1	50,0 %	2	0	0,0 %	3	1	50,0 %
	06:40	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	06:45	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	06:50	0	0	0	0,0 %	1	1	100,0 %	0	0	0,0 %
	06:55	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	07:00	2	3	1	50,0 %	3	1	50,0 %	2	0	0,0 %
	07:05	2	1	-1	50,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	07:10	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	07:15	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	07:20	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	07:25	1	2	1	100,0 %	2	1	100,0 %	2	1	100,0 %
	07:30	3	2	-1	33,3 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %

07:35	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
07:40	1	3	2	200,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
07:45	3	2	-1	33,3 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
07:50	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
07:55	2	2	0	0,0 %	1	-1	50,0 %	2	0	0,0 %
08:00	1	2	1	100,0 %	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %
08:05	2	0	-2	100,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
08:10	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
08:15	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
08:20	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
08:25	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
08:30	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
11:35	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
11:40	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
11:45	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
11:50	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
11:55	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
12:00	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
12:05	4	5	1	25,0 %	3	-1	25,0 %	4	0	0,0 %
12:10	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
12:15	1	4	3	300,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
12:20	5	2	-3	60,0 %	3	-2	40,0 %	3	-2	40,0 %
12:25	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
12:30	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
12:35	1	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
12:40	3	2	-1	33,3 %	1	-2	66,7 %	3	0	0,0 %
12:45	0	0	0	0,0 %	2	2	200,0 %	0	0	0,0 %
12:50	2	3	1	50,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
12:55	1	0	-1	100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
13:00	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
13:05	0	2	2	200,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
13:10	2	0	-2	100,0 %	1	-1	50,0 %	2	0	0,0 %
13:15	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %

23.10.2019	13:20	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	13:25	0	1	1	100,0%	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	13:30	4	4	0	0,0%	4	0	0,0%	4	0	0,0%
	16:10	3	3	0	0,0%	3	0	0,0%	3	0	0,0%
	16:15	4	2	-2	50,0%	3	-1	25,0%	3	-1	25,0%
	16:20	5	4	-1	20,0%	5	0	0,0%	5	0	0,0%
	16:25	0	4	4	400,0%	1	1	100,0%	1	1	100,0%
	16:30	2	3	1	50,0%	4	2	100,0%	4	2	100,0%
	16:35	4	4	0	0,0%	4	0	0,0%	4	0	0,0%
	16:40	5	3	-2	40,0%	4	-1	20,0%	4	-1	20,0%
	16:45	6	6	0	0,0%	6	0	0,0%	6	0	0,0%
	16:50	5	5	0	0,0%	5	0	0,0%	5	0	0,0%
	16:55	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	17:00	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%	2	0	0,0%
	17:05	7	6	-1	14,3%	4	-3	42,9%	6	-1	14,3%
	17:10	4	3	-1	25,0%	6	2	50,0%	4	0	0,0%
	17:15	2	2	0	0,0%	1	-1	50,0%	2	0	0,0%
	17:20	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%	0	0	0,0%
17:25	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%	
17:30	3	3	0	0,0%	3	0	0,0%	3	0	0,0%	
17:35	5	5	0	0,0%	4	-1	20,0%	4	-1	20,0%	
17:40	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%	2	0	0,0%	
17:45	3	3	0	0,0%	3	0	0,0%	3	0	0,0%	
17:50	5	6	1	20,0%	4	-1	20,0%	5	0	0,0%	
17:55	2	1	-1	50,0%	2	0	0,0%	2	0	0,0%	
18:00	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%	2	0	0,0%	
18:05	2	3	1	50,0%	2	0	0,0%	2	0	0,0%	
24.10.2019	06:30	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%	2	0	0,0%
	06:35	0	1	1	100,0%	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	06:40	2	1	-1	50,0%	2	0	0,0%	2	0	0,0%
	06:45	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	06:50	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%	2	0	0,0%
	06:55	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	07:00	1	2	1	100,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	07:05	1	0	-1	100,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	07:10	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	07:15	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%	0	0	0,0%
07:20	2	1	-1	50,0%	1	-1	50,0%	1	-1	50,0%	

24.10.2019	07:25	1	3	2	200,0%	3	2	200,0%	3	2	200,0%
	07:30	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	07:35	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%	2	0	0,0%
	07:40	4	5	1	25,0%	4	0	0,0%	4	0	0,0%
	07:45	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	07:50	0	1	1	100,0%	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	07:55	3	2	-1	33,3%	3	0	0,0%	3	0	0,0%
	08:00	2	2	0	0,0%	1	-1	50,0%	2	0	0,0%
	08:05	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%	2	0	0,0%
	08:10	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	08:15	1	2	1	100,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	08:20	4	3	-1	25,0%	4	0	0,0%	4	0	0,0%
	08:25	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	11:30	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	11:35	2	3	1	50,0%	2	0	0,0%	2	0	0,0%
	11:40	1	2	1	100,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	11:45	3	1	-2	66,7%	3	0	0,0%	3	0	0,0%
	11:50	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%	2	0	0,0%
	11:55	1	2	1	100,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	12:00	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	12:05	5	5	0	0,0%	5	0	0,0%	5	0	0,0%
	12:10	3	4	1	33,3%	2	-1	33,3%	3	0	0,0%
	12:15	0	0	0	0,0%	1	1	100,0%	0	0	0,0%
	12:20	0	1	1	100,0%	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	12:25	1	0	-1	100,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	12:30	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	12:35	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%	0	0	0,0%
12:40	4	4	0	0,0%	3	-1	25,0%	4	0	0,0%	
12:45	0	0	0	0,0%	2	2	200,0%	0	0	0,0%	
12:50	2	1	-1	50,0%	2	0	0,0%	1	-1	50,0%	
12:55	1	2	1	100,0%	1	0	0,0%	1	0	0,0%	
13:00	2	1	-1	50,0%	3	1	50,0%	2	0	0,0%	
13:05	2	2	0	0,0%	3	1	50,0%	2	0	0,0%	
13:10	4	4	0	0,0%	4	0	0,0%	4	0	0,0%	
13:15	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%	0	0	0,0%	
13:20	3	3	0	0,0%	3	0	0,0%	3	0	0,0%	
13:25	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%	0	0	0,0%	

Tabelle 67: 5-Minuten-Intervalle Wetzelsdorfer Straße - stadteinwärts

Stadtteinwärts	Hand	CAT BikeCounter				Sierzega SR4			DataCollect SDR		
	Anzahl	Anzahl	Abs.	Rel.	Anzahl	Abs.	Rel.	Anzahl	Abs.	Rel.	
22.10.2019	16:35	3	4	1	33,3 %	3	0	0,0 %	2	-1	33,3 %
	16:40	5	5	0	0,0 %	6	1	20,0 %	6	1	20,0 %
	16:45	4	2	-2	50,0 %	3	-1	25,0 %	4	0	0,0 %
	16:50	2	1	-1	50,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	16:55	2	3	1	50,0 %	2	0	0,0 %	0	-2	100,0 %
	17:00	2	2	0	0,0 %	1	-1	50,0 %	4	2	100,0 %
	17:05	2	2	0	0,0 %	1	-1	50,0 %	2	0	0,0 %
	17:10	1	0	-1	100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	17:15	2	4	2	100,0 %	1	-1	50,0 %	2	0	0,0 %
	17:20	4	2	-2	50,0 %	3	-1	25,0 %	4	0	0,0 %
	17:25	1	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	17:30	1	1	0	0,0 %	3	2	200,0 %	2	1	100,0 %
	17:35	3	3	0	0,0 %	2	-1	33,3 %	2	-1	33,3 %
	17:40	2	3	1	50,0 %	2	0	0,0 %	3	1	50,0 %
	17:45	5	3	-2	40,0 %	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
	17:50	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	17:55	0	1	1	100,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	18:00	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
23.10.2019	06:35	4	4	0	0,0 %	4	0	0,0 %	4	0	0,0 %
	06:40	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %	2	-1	33,3 %
	06:45	1	2	1	100,0 %	2	1	100,0 %	2	1	100,0 %
	06:50	3	2	-1	33,3 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	06:55	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	07:00	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	07:05	4	5	1	25,0 %	4	0	0,0 %	4	0	0,0 %
	07:10	3	2	-1	33,3 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	07:15	4	4	0	0,0 %	5	1	25,0 %	3	-1	25,0 %
	07:20	3	5	2	66,7 %	4	1	33,3 %	4	1	33,3 %
	07:25	6	3	-3	50,0 %	4	-2	33,3 %	6	0	0,0 %
	07:30	6	7	1	16,7 %	6	0	0,0 %	6	0	0,0 %
	07:35	8	6	-2	25,0 %	6	-2	25,0 %	8	0	0,0 %
	07:40	2	3	1	50,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	07:45	5	4	-1	20,0 %	3	-2	40,0 %	5	0	0,0 %
	07:50	4	4	0	0,0 %	4	0	0,0 %	4	0	0,0 %
	07:55	1	1	0	0,0 %	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %
	08:00	4	5	1	25,0 %	5	1	25,0 %	3	-1	25,0 %

23.10.2019	08:05	3	3	0	0,0 %	2	-1	33,3 %	3	0	0,0 %
	08:10	8	7	-1	12,5 %	8	0	0,0 %	7	-1	12,5 %
	08:15	2	2	0	0,0 %	1	-1	50,0 %	2	0	0,0 %
	08:20	2	3	1	50,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	08:25	3	2	-1	33,3 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	08:30	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	11:35	1	0	-1	100,0 %	0	-1	100,0 %	0	-1	100,0 %
	11:40	1	2	1	100,0 %	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %
	11:45	1	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %	2	1	100,0 %
	11:50	3	1	-2	66,7 %	2	-1	33,3 %	2	-1	33,3 %
	11:55	0	0	0	0,0 %	1	1	100,0 %	1	1	100,0 %
	12:00	5	6	1	20,0 %	5	0	0,0 %	4	-1	20,0 %
	12:05	1	1	0	0,0 %	0	-1	100,0 %	2	1	100,0 %
	12:10	0	2	2	200,0 %	1	1	100,0 %	2	2	200,0 %
	12:15	0	0	0	0,0 %	1	1	100,0 %	0	0	0,0 %
	12:20	3	2	-1	33,3 %	2	-1	33,3 %	3	0	0,0 %
	12:25	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	12:30	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	12:35	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	12:40	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	12:45	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	12:50	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	12:55	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	13:00	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	13:05	1	3	2	200,0 %	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %
	13:10	2	0	-2	100,0 %	1	-1	50,0 %	2	0	0,0 %
	13:15	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	13:20	2	4	2	100,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
13:25	2	0	-2	100,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %	
13:30	1	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	
16:10	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	
16:15	3	2	-1	33,3 %	2	-1	33,3 %	3	0	0,0 %	
16:20	0	4	4	400,0 %	0	0	0,0 %	1	1	100,0 %	
16:25	7	6	-1	14,3 %	7	0	0,0 %	7	0	0,0 %	
16:30	4	2	-2	50,0 %	2	-2	50,0 %	3	-1	25,0 %	
16:35	3	2	-1	33,3 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %	
16:40	0	1	1	100,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	
16:45	3	2	-1	33,3 %	2	-1	33,3 %	3	0	0,0 %	
16:50	1	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	

24.10.2019	16:55	1	0	-1	100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	17:00	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	17:05	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	17:10	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	17:15	0	1	1	100,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	17:20	2	3	1	50,0 %	2	0	0,0 %	1	-1	50,0 %
	17:25	4	4	0	0,0 %	4	0	0,0 %	6	2	50,0 %
	17:30	1	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	17:35	3	0	-3	100,0 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	17:40	1	3	2	200,0 %	1	0	0,0 %	0	-1	100,0 %
	17:45	3	2	-1	33,3 %	3	0	0,0 %	4	1	33,3 %
	17:50	1	0	-1	100,0 %	0	-1	100,0 %	1	0	0,0 %
	17:55	2	3	1	50,0 %	2	0	0,0 %	1	-1	50,0 %
	18:00	0	0	0	0,0 %	1	1	100,0 %	2	2	200,0 %
	18:05	0	1	1	100,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	06:30	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	0	-1	100,0 %
	06:35	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %	4	1	33,3 %
	06:40	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	06:45	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	06:50	4	3	-1	25,0 %	3	-1	25,0 %	3	-1	25,0 %
	06:55	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	07:00	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	07:05	3	4	1	33,3 %	4	1	33,3 %	3	0	0,0 %
	07:10	1	1	0	0,0 %	0	-1	100,0 %	1	0	0,0 %
	07:15	5	4	-1	20,0 %	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
	07:20	5	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
	07:25	5	4	-1	20,0 %	4	-1	20,0 %	1	-4	80,0 %
	07:30	2	5	3	150,0 %	3	1	50,0 %	5	3	150,0 %
	07:35	8	4	-4	50,0 %	5	-3	37,5 %	8	0	0,0 %
	07:40	5	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
	07:45	4	6	2	50,0 %	5	1	25,0 %	4	0	0,0 %
	07:50	3	1	-2	66,7 %	1	-2	66,7 %	3	0	0,0 %

24.10.2019	07:55	5	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
	08:00	6	5	-1	16,7 %	5	-1	16,7 %	4	-2	33,3 %
	08:05	2	4	2	100,0 %	2	0	0,0 %	3	1	50,0 %
	08:10	8	5	-3	37,5 %	7	-1	12,5 %	7	-1	12,5 %
	08:15	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	08:20	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	08:25	1	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	11:30	1	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	11:35	0	0	0	0,0 %	1	1	100,0 %	1	1	100,0 %
	11:40	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	11:45	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	11:50	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	11:55	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	12:00	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	12:05	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	12:10	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	12:15	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	12:20	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	12:25	3	3	0	0,0 %	2	-1	33,3 %	3	0	0,0 %
	12:30	3	3	0	0,0 %	2	-1	33,3 %	3	0	0,0 %
	12:35	1	1	0	0,0 %	2	1	100,0 %	2	1	100,0 %
	12:40	3	4	1	33,3 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	12:45	2	1	-1	50,0 %	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	12:50	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	12:55	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	13:00	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	13:05	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	13:10	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	13:15	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %	1	-1	50,0 %
	13:20	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	1	1	100,0 %
	13:25	1	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %

10.2 Anhang: Messstandort 2 Glacisstraße

Tabelle 68: 5-Minuten-Intervalle Glacisstraße - stadtauswärts

Stadtauswärts	Hand	Sierzega SR4			DataCollectSDR			
	Anzahl	Anzahl	Abs.	Rel.	Anzahl	Abs.	Rel.	
28.10.2019	06:45	3	1	-2	66,7 %	3	0	0,0 %
	06:50	6	7	1	16,7 %	5	-1	16,7 %
	06:55	15	10	-5	33,3 %	13	-2	13,3 %
	07:00	5	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
	07:05	11	11	0	0,0 %	10	-1	9,1 %
	07:10	14	7	-7	50,0 %	14	0	0,0 %
	07:15	15	15	0	0,0 %	15	0	0,0 %
	07:20	15	12	-3	20,0 %	16	1	6,7 %
	07:25	18	17	-1	5,6 %	19	1	5,6 %
	07:30	21	15	-6	28,6 %	20	-1	4,8 %
	07:35	23	22	-1	4,3 %	22	-1	4,3 %
	07:40	24	17	-7	29,2 %	21	-3	12,5 %
	07:45	26	19	-7	26,9 %	25	-1	3,8 %
	07:50	36	23	-13	36,1 %	37	1	2,8 %
	07:55	33	31	-2	6,1 %	31	-2	6,1 %
	08:00	25	27	2	8,0 %	25	0	0,0 %
	08:05	15	7	-8	53,3 %	14	-1	6,7 %
	08:10	20	14	-6	30,0 %	22	2	10,0 %
	08:15	18	17	-1	5,6 %	19	1	5,6 %
	08:20	15	12	-3	20,0 %	13	-2	13,3 %
	08:25	13	15	2	15,4 %	14	1	7,7 %
	08:30	14	13	-1	7,1 %	12	-2	14,3 %
	08:35	20	14	-6	30,0 %	20	0	0,0 %
	08:40	16	13	-3	18,8 %	15	-1	6,3 %
	10:50	6	7	1	16,7 %	7	1	16,7 %
	10:55	8	5	-3	37,5 %	8	0	0,0 %
	11:00	16	12	-4	25,0 %	13	-3	18,8 %
	11:05	13	9	-4	30,8 %	14	1	7,7 %
	11:10	11	14	3	27,3 %	10	-1	9,1 %
	11:15	19	12	-7	36,8 %	15	-4	21,1 %
11:20	13	14	1	7,7 %	15	2	15,4 %	
11:25	6	9	3	50,0 %	8	2	33,3 %	
11:30	6	5	-1	16,7 %	5	-1	16,7 %	
11:35	18	15	-3	16,7 %	16	-2	11,1 %	

11:40	19	12	-7	36,8 %	14	-5	26,3 %
11:45	12	9	-3	25,0 %	11	-1	8,3 %
11:50	20	20	0	0,0 %	20	0	0,0 %
11:55	7	8	1	14,3 %	7	0	0,0 %
12:00	15	10	-5	33,3 %	14	-1	6,7 %
12:05	15	16	1	6,7 %	16	1	6,7 %
12:10	8	7	-1	12,5 %	7	-1	12,5 %
12:15	14	13	-1	7,1 %	14	0	0,0 %
12:20	12	9	-3	25,0 %	11	-1	8,3 %
12:25	5	5	0	0,0 %	4	-1	20,0 %
12:30	17	12	-5	29,4 %	15	-2	11,8 %
12:35	15	15	0	0,0 %	17	2	13,3 %
12:40	17	16	-1	5,9 %	16	-1	5,9 %
12:45	15	12	-3	20,0 %	13	-2	13,3 %
16:00	21	20	-1	4,8 %	21	0	0,0 %
16:05	28	21	-7	25,0 %	28	0	0,0 %
16:10	23	23	0	0,0 %	21	-2	8,7 %
16:15	19	15	-4	21,1 %	20	1	5,3 %
16:20	26	18	-8	30,8 %	23	-3	11,5 %
16:25	22	22	0	0,0 %	22	0	0,0 %
16:30	21	18	-3	14,3 %	21	0	0,0 %
16:35	26	22	-4	15,4 %	28	2	7,7 %
16:40	35	28	-7	20,0 %	33	-2	5,7 %
16:45	26	23	-3	11,5 %	26	0	0,0 %
16:50	27	21	-6	22,2 %	25	-2	7,4 %
16:55	23	19	-4	17,4 %	23	0	0,0 %
17:00	23	22	-1	4,3 %	24	1	4,3 %
17:05	25	16	-9	36,0 %	23	-2	8,0 %
17:10	33	28	-5	15,2 %	30	-3	9,1 %
17:15	19	17	-2	10,5 %	21	2	10,5 %
17:20	24	23	-1	4,2 %	23	-1	4,2 %
17:25	18	16	-2	11,1 %	18	0	0,0 %
17:30	25	18	-7	28,0 %	20	-5	20,0 %
17:35	13	18	5	38,5 %	17	4	30,8 %
17:40	12	13	1	8,3 %	13	1	8,3 %
17:45	25	14	-11	44,0 %	23	-2	8,0 %

29.10.2019	17:50	25	24	-1	4,0 %	26	1	4,0 %
	17:55	27	21	-6	22,2 %	28	1	3,7 %
	06:05	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	06:10	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	06:15	2	1	-1	50,0 %	1	-1	50,0 %
	06:20	3	1	-2	66,7 %	3	0	0,0 %
	06:25	3	3	0	0,0 %	2	-1	33,3 %
	06:30	5	4	-1	20,0 %	4	-1	20,0 %
	06:35	3	4	1	33,3 %	5	2	66,7 %
	06:40	3	4	1	33,3 %	3	0	0,0 %
	06:45	9	8	-1	11,1 %	9	0	0,0 %
	06:50	6	3	-3	50,0 %	6	0	0,0 %
	06:55	4	5	1	25,0 %	3	-1	25,0 %
	07:00	6	4	-2	33,3 %	7	1	16,7 %
	07:05	7	9	2	28,6 %	8	1	14,3 %
	07:10	8	7	-1	12,5 %	6	-2	25,0 %
	07:15	7	8	1	14,3 %	8	1	14,3 %
	07:20	10	8	-2	20,0 %	10	0	0,0 %
	07:25	8	5	-3	37,5 %	8	0	0,0 %
	07:30	4	8	4	100,0 %	4	0	0,0 %
	07:35	15	12	-3	20,0 %	13	-2	13,3 %
	07:40	14	12	-2	14,3 %	15	1	7,1 %
	07:45	14	16	2	14,3 %	14	0	0,0 %
	07:50	18	14	-4	22,2 %	18	0	0,0 %
	07:55	13	8	-5	38,5 %	14	1	7,7 %
	08:00	30	20	-10	33,3 %	20	-10	33,3 %
	10:55	5	3	-2	40,0 %	4	-1	20,0 %
	11:00	4	5	1	25,0 %	5	1	25,0 %
	11:05	7	5	-2	28,6 %	4	-3	42,9 %
	11:10	13	13	0	0,0 %	16	3	23,1 %
	11:15	10	8	-2	20,0 %	10	0	0,0 %
	11:20	7	9	2	28,6 %	7	0	0,0 %
11:25	6	7	1	16,7 %	6	0	0,0 %	
11:30	12	7	-5	41,7 %	12	0	0,0 %	
11:35	17	16	-1	5,9 %	16	-1	5,9 %	
11:40	11	9	-2	18,2 %	10	-1	9,1 %	
11:45	6	7	1	16,7 %	5	-1	16,7 %	

11:50	4	3	-1	25,0 %	5	1	25,0 %
11:55	8	6	-2	25,0 %	9	1	12,5 %
12:00	13	12	-1	7,7 %	12	-1	7,7 %
12:05	4	5	1	25,0 %	5	1	25,0 %
12:10	11	9	-2	18,2 %	12	1	9,1 %
12:15	5	7	2	40,0 %	5	0	0,0 %
12:20	9	6	-3	33,3 %	8	-1	11,1 %
12:25	6	4	-2	33,3 %	5	-1	16,7 %
12:30	2	4	2	100,0 %	3	1	50,0 %
12:35	4	2	-2	50,0 %	4	0	0,0 %
12:40	13	11	-2	15,4 %	12	-1	7,7 %
12:45	9	10	1	11,1 %	9	0	0,0 %
12:50	13	5	-8	61,5 %	12	-1	7,7 %
16:05	23	20	-3	13,0 %	22	-1	4,3 %
16:10	18	17	-1	5,6 %	20	2	11,1 %
16:15	18	16	-2	11,1 %	17	-1	5,6 %
16:20	18	13	-5	27,8 %	17	-1	5,6 %
16:25	18	8	-10	55,6 %	10	-8	44,4 %
16:30	15	16	1	6,7 %	21	6	40,0 %
16:35	11	9	-2	18,2 %	9	-2	18,2 %
16:40	23	13	-10	43,5 %	20	-3	13,0 %
16:45	13	14	1	7,7 %	16	3	23,1 %
16:50	10	11	1	10,0 %	12	2	20,0 %
16:55	17	11	-6	35,3 %	18	1	5,9 %
17:00	21	19	-2	9,5 %	20	-1	4,8 %
17:05	14	10	-4	28,6 %	13	-1	7,1 %
17:10	24	16	-8	33,3 %	20	-4	16,7 %
17:15	19	20	1	5,3 %	19	0	0,0 %
17:20	12	8	-4	33,3 %	11	-1	8,3 %
17:25	14	9	-5	35,7 %	11	-3	21,4 %
17:30	15	14	-1	6,7 %	17	2	13,3 %
17:35	14	10	-4	28,6 %	12	-2	14,3 %
17:40	17	15	-2	11,8 %	17	0	0,0 %
17:45	15	12	-3	20,0 %	16	1	6,7 %
17:50	22	19	-3	13,6 %	22	0	0,0 %
17:55	14	12	-2	14,3 %	15	1	7,1 %
18:00	12	12	0	0,0 %	10	-2	16,7 %

Tabelle 69: 5-Minuten-Intervalle Glacisstraße - stadteinwärts

Stadteinwärts	Hand	Sierzega SR4			DataCollectSDR		
	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl
06:45	19	22	3	100,0 %	18	-1	5,3 %
06:50	12	10	-2	33,3 %	11	-1	8,3 %
06:55	22	16	-6	40,0 %	18	-4	18,2 %
07:00	24	17	-7	140,0 %	24	0	0,0 %
07:05	25	19	-6	54,5 %	20	-5	20,0 %
07:10	26	19	-7	50,0 %	23	-3	11,5 %
07:15	33	19	-14	93,3 %	28	-5	15,2 %
07:20	30	25	-5	33,3 %	24	-6	20,0 %
07:25	21	20	-1	5,6 %	22	1	4,8 %
07:30	33	16	-17	81,0 %	28	-5	15,2 %
07:35	32	24	-8	34,8 %	28	-4	12,5 %
07:40	53	29	-24	100,0 %	41	-12	22,6 %
07:45	53	36	-17	65,4 %	48	-5	9,4 %
07:50	37	28	-9	25,0 %	31	-6	16,2 %
07:55	30	21	-9	27,3 %	25	-5	16,7 %
08:00	47	25	-22	88,0 %	38	-9	19,1 %
08:05	27	20	-7	46,7 %	23	-4	14,8 %
08:10	25	12	-13	65,0 %	22	-3	12,0 %
08:15	34	25	-9	50,0 %	28	-6	17,6 %
08:20	29	24	-5	33,3 %	23	-6	20,7 %
08:25	17	14	-3	23,1 %	15	-2	11,8 %
08:30	33	17	-16	114,3 %	28	-5	15,2 %
08:35	19	18	-1	5,0 %	17	-2	10,5 %
08:40	31	18	-13	81,3 %	24	-7	22,6 %
10:50	12	12	0	0,0 %	10	-2	16,7 %
10:55	10	9	-1	12,5 %	10	0	0,0 %
11:00	16	13	-3	18,8 %	14	-2	12,5 %
11:05	15	11	-4	30,8 %	13	-2	13,3 %
11:10	15	6	-9	81,8 %	15	0	0,0 %
11:15	14	17	3	15,8 %	14	0	0,0 %
11:20	15	12	-3	23,1 %	15	0	0,0 %
11:25	19	16	-3	50,0 %	18	-1	5,3 %
11:30	11	10	-1	16,7 %	11	0	0,0 %
11:35	12	13	1	5,6 %	13	1	8,3 %
11:40	20	17	-3	15,8 %	19	-1	5,0 %
11:45	15	14	-1	8,3 %	16	1	6,7 %

28.10.2019

11:50	9	10	1	5,0 %	9	0	0,0 %
11:55	9	7	-2	28,6 %	9	0	0,0 %
12:00	13	14	1	6,7 %	12	-1	7,7 %
12:05	7	9	2	13,3 %	7	0	0,0 %
12:10	10	7	-3	37,5 %	9	-1	10,0 %
12:15	8	6	-2	14,3 %	8	0	0,0 %
12:20	10	5	-5	41,7 %	9	-1	10,0 %
12:25	7	7	0	0,0 %	7	0	0,0 %
12:30	8	10	2	11,8 %	8	0	0,0 %
12:35	16	15	-1	6,7 %	16	0	0,0 %
12:40	23	10	-13	76,5 %	18	-5	21,7 %
12:45	12	8	-4	26,7 %	9	-3	25,0 %
16:00	16	14	-2	9,5 %	16	0	0,0 %
16:05	11	11	0	0,0 %	11	0	0,0 %
16:10	14	11	-3	13,0 %	14	0	0,0 %
16:15	9	10	1	5,3 %	8	-1	11,1 %
16:20	20	16	-4	15,4 %	18	-2	10,0 %
16:25	10	8	-2	9,1 %	9	-1	10,0 %
16:30	13	12	-1	4,8 %	15	2	15,4 %
16:35	21	15	-6	23,1 %	19	-2	9,5 %
16:40	19	15	-4	11,4 %	17	-2	10,5 %
16:45	17	16	-1	3,8 %	16	-1	5,9 %
16:50	27	10	-17	63,0 %	20	-7	25,9 %
16:55	14	14	0	0,0 %	14	0	0,0 %
17:00	19	15	-4	17,4 %	19	0	0,0 %
17:05	24	16	-8	32,0 %	20	-4	16,7 %
17:10	16	13	-3	9,1 %	14	-2	12,5 %
17:15	12	12	0	0,0 %	12	0	0,0 %
17:20	13	6	-7	29,2 %	11	-2	15,4 %
17:25	14	14	0	0,0 %	13	-1	7,1 %
17:30	14	11	-3	12,0 %	13	-1	7,1 %
17:35	8	9	1	7,7 %	10	2	25,0 %
17:40	26	22	-4	33,3 %	22	-4	15,4 %
17:45	13	5	-8	32,0 %	13	0	0,0 %
17:50	13	14	1	4,0 %	13	0	0,0 %
17:55	17	17	0	0,0 %	17	0	0,0 %

28.10.2019

29.10.2019	06:05	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	06:10	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	06:15	4	3	-1	50,0 %	5	1	25,0 %
	06:20	5	5	0	0,0 %	4	-1	20,0 %
	06:25	7	6	-1	33,3 %	8	1	14,3 %
	06:30	6	6	0	0,0 %	5	-1	16,7 %
	06:35	14	9	-5	166,7 %	12	-2	14,3 %
	06:40	9	10	1	33,3 %	9	0	0,0 %
	06:45	12	10	-2	22,2 %	12	0	0,0 %
	06:50	5	6	1	16,7 %	7	2	40,0 %
	06:55	8	7	-1	25,0 %	10	2	25,0 %
	07:00	15	10	-5	83,3 %	15	0	0,0 %
	07:05	7	7	0	0,0 %	7	0	0,0 %
	07:10	11	9	-2	25,0 %	10	-1	9,1 %
	07:15	25	17	-8	114,3 %	24	-1	4,0 %
	07:20	15	17	2	20,0 %	15	0	0,0 %
	07:25	19	15	-4	50,0 %	19	0	0,0 %
	07:30	10	10	0	0,0 %	10	0	0,0 %
	07:35	21	15	-6	40,0 %	19	-2	9,5 %
	07:40	28	20	-8	57,1 %	22	-6	21,4 %
	07:45	25	18	-7	50,0 %	23	-2	8,0 %
	07:50	29	21	-8	44,4 %	24	-5	17,2 %
	07:55	18	16	-2	15,4 %	17	-1	5,6 %
	08:00	19	9	-10	33,3 %	17	-2	10,5 %
	10:55	9	8	-1	20,0 %	8	-1	11,1 %
	11:00	7	6	-1	25,0 %	7	0	0,0 %
	11:05	4	6	2	28,6 %	4	0	0,0 %
	11:10	5	4	-1	7,7 %	5	0	0,0 %
11:15	6	5	-1	10,0 %	6	0	0,0 %	
11:20	8	8	0	0,0 %	7	-1	12,5 %	
11:25	11	6	-5	83,3 %	10	-1	9,1 %	
11:30	8	10	2	16,7 %	8	0	0,0 %	
11:35	9	8	-1	5,9 %	9	0	0,0 %	
11:40	9	6	-3	27,3 %	8	-1	11,1 %	
11:45	14	9	-5	83,3 %	10	-4	28,6 %	
11:50	14	14	0	0,0 %	13	-1	7,1 %	

29.10.2019	11:55	9	7	-2	25,0 %	8	-1	11,1 %
	12:00	12	9	-3	23,1 %	12	0	0,0 %
	12:05	2	4	2	50,0 %	2	0	0,0 %
	12:10	4	2	-2	18,2 %	4	0	0,0 %
	12:15	5	6	1	20,0 %	5	0	0,0 %
	12:20	7	6	-1	11,1 %	7	0	0,0 %
	12:25	5	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
	12:30	7	6	-1	50,0 %	6	-1	14,3 %
	12:35	8	8	0	0,0 %	8	0	0,0 %
	12:40	6	5	-1	7,7 %	6	0	0,0 %
	12:45	6	5	-1	11,1 %	7	1	16,7 %
	12:50	14	9	-5	38,5 %	13	-1	7,1 %
	16:05	13	7	-6	26,1 %	8	-5	38,5 %
	16:10	6	3	-3	16,7 %	6	0	0,0 %
	16:15	14	9	-5	27,8 %	13	-1	7,1 %
	16:20	9	9	0	0,0 %	9	0	0,0 %
	16:25	10	6	-4	22,2 %	9	-1	10,0 %
	16:30	8	7	-1	6,7 %	11	3	37,5 %
	16:35	11	9	-2	18,2 %	10	-1	9,1 %
	16:40	19	13	-6	26,1 %	15	-4	21,1 %
	16:45	18	11	-7	53,8 %	16	-2	11,1 %
	16:50	19	15	-4	40,0 %	16	-3	15,8 %
	16:55	7	5	-2	11,8 %	7	0	0,0 %
	17:00	6	4	-2	9,5 %	7	1	16,7 %
	17:05	9	8	-1	7,1 %	9	0	0,0 %
	17:10	12	8	-4	16,7 %	13	1	8,3 %
	17:15	15	8	-7	36,8 %	15	0	0,0 %
	17:20	14	8	-6	50,0 %	11	-3	21,4 %
17:25	7	7	0	0,0 %	6	-1	14,3 %	
17:30	14	6	-8	53,3 %	13	-1	7,1 %	
17:35	14	16	2	14,3 %	13	-1	7,1 %	
17:40	13	10	-3	17,6 %	13	0	0,0 %	
17:45	11	12	1	6,7 %	12	1	9,1 %	
17:50	18	15	-3	13,6 %	17	-1	5,6 %	
17:55	11	10	-1	7,1 %	10	-1	9,1 %	
18:00	12	3	-9	75,0 %	10	-2	16,7 %	

10.3 Anhang: Messstandort 3 Technikerstraße

Tabelle 70: 5-Minuten-Intervalle Technikerstraße - stadtauswärts

Stadtauswärts	Hand	Sierzega SR4			DataCollect SDR			
	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl	
30.10.2019	06:50	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	06:55	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	07:00	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	07:05	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	07:10	1	0	-1	100,0 %	0	-1	100,0 %
	07:15	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	07:20	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	07:25	2	2	0	0,0 %	1	-1	50,0 %
	07:30	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	07:35	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	07:40	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	07:45	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	07:50	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	07:55	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	08:00	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	08:05	0	1	1	100,0 %	1	1	100,0 %
	08:10	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	08:15	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	08:20	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	08:25	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	08:30	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	08:35	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	11:15	0	1	1	100,0 %	0	0	0,0 %
	11:20	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	11:25	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	11:30	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	11:35	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	11:40	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	11:45	1	0	-1	100,0 %	1	0	0,0 %
	11:50	1	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %
11:55	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	
12:00	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	
12:05	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	
12:10	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	

30.10.2019	12:15	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	12:20	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	12:25	1	0	-1	100,0 %	0	-1	100,0 %
	12:30	1	0	-1	100,0 %	0	-1	100,0 %
	12:35	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	12:40	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	12:45	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	12:50	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	12:55	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	13:00	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	16:10	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	16:15	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	16:20	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	16:25	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	16:30	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	16:35	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	16:40	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	16:45	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	16:50	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	16:55	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
17:00	2	1	-1	50,0 %	2	0	0,0 %	
31.10.2019	06:30	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	06:35	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	06:40	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	06:45	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	06:50	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	06:55	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	07:00	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	07:05	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	07:10	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
	07:15	1	0	-1	100,0 %	0	-1	100,0 %
07:20	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	
07:25	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	
07:30	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	
07:35	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	
07:40	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	

31.10.2019

07:45	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
07:50	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
07:55	0	1	1	100,0 %	0	0	0,0 %
08:00	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
08:05	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
08:10	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
11:00	0	0	0	0,0 %	1	1	100,0 %
11:05	0	1	1	100,0 %	0	0	0,0 %
11:10	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
11:15	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
11:20	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
11:25	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
11:30	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
11:35	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
11:40	1	0	-1	100,0 %	1	0	0,0 %
11:45	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
11:50	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
11:55	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
12:00	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
12:05	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
12:10	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
12:15	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
12:20	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
12:25	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
12:30	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
12:35	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
12:40	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %

31.10.2019

12:45	1	0	-1	100,0 %	1	0	0,0 %
12:50	0	1	1	100,0 %	0	0	0,0 %
12:55	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
16:05	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
16:10	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
16:15	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
16:20	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
16:25	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
16:30	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
16:35	2	1	-1	50,0 %	1	-1	50,0 %
16:40	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
16:45	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
16:50	0	1	1	100,0 %	1	1	100,0 %
16:55	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
17:00	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
17:05	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
17:10	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
17:15	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
17:20	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
17:25	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
17:30	1	0	-1	100,0 %	1	0	0,0 %
17:35	0	1	1	100,0 %	0	0	0,0 %
17:40	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
17:45	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
17:50	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
17:55	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
18:00	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %

Tabelle 71: 5-Minuten-Intervalle Technikerstraße - stadteinwärts

Stadteinwärts	Hand	Sierzega SR4			DataCollect SDR			
	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl	
30.10.2019	06:50	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	06:55	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	07:00	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	07:05	3	2	-1	100,0 %	3	0	0,0 %
	07:10	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	07:15	2	3	1	100,0 %	2	0	0,0 %
	07:20	0	1	1	100,0 %	1	1	100,0 %
	07:25	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	07:30	4	5	1	100,0 %	6	2	50,0 %
	07:35	3	1	-2	200,0 %	3	0	0,0 %
	07:40	2	3	1	100,0 %	2	0	0,0 %
	07:45	8	5	-3	300,0 %	8	0	0,0 %
	07:50	7	8	1	100,0 %	7	0	0,0 %
	07:55	5	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
	08:00	9	8	-1	100,0 %	9	0	0,0 %
	08:05	13	11	-2	200,0 %	11	-2	15,4 %
	08:10	1	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %
	08:15	6	5	-1	100,0 %	6	0	0,0 %
	08:20	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	08:25	10	8	-2	200,0 %	9	-1	10,0 %
	08:30	6	4	-2	200,0 %	4	-2	33,3 %
	08:35	7	6	-1	100,0 %	6	-1	14,3 %
	11:15	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	11:20	3	1	-2	200,0 %	5	2	66,7 %
	11:25	5	5	0	0,0 %	4	-1	20,0 %
	11:30	2	1	-1	100,0 %	3	1	50,0 %
	11:35	2	3	1	100,0 %	2	0	0,0 %
	11:40	5	4	-1	100,0 %	5	0	0,0 %
	11:45	5	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
	11:50	2	1	-1	100,0 %	1	-1	50,0 %
11:55	5	3	-2	200,0 %	6	1	20,0 %	
12:00	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %	
12:05	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	
12:10	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	
12:15	4	4	0	0,0 %	4	0	0,0 %	
12:20	2	0	-2	200,0 %	1	-1	50,0 %	
31.10.2019	12:25	0	1	1	100,0 %	0	0	0,0 %
	12:30	4	2	-2	200,0 %	5	1	25,0 %
	12:35	2	3	1	100,0 %	3	1	50,0 %
	12:40	1	2	1	100,0 %	1	0	0,0 %
	12:45	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	12:50	1	2	1	100,0 %	2	1	100,0 %
	12:55	3	3	0	0,0 %	4	1	33,3 %
	13:00	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %
	16:10	3	3	0	0,0 %	3	0	0,0 %
	16:15	5	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
	16:20	4	4	0	0,0 %	4	0	0,0 %
	16:25	5	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
	16:30	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %
	16:35	5	4	-1	100,0 %	5	0	0,0 %
	16:40	2	1	-1	100,0 %	1	-1	50,0 %
	16:45	5	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
	16:50	5	5	0	0,0 %	5	0	0,0 %
	16:55	5	3	-2	200,0 %	5	0	0,0 %
	17:00	6	5	-1	50,0 %	6	0	0,0 %
	06:30	1	0	-1	100,0 %	0	-1	100,0 %
	06:35	0	0	0	0,0 %	1	1	100,0 %
06:40	0	1	1	100,0 %	0	0	0,0 %	
06:45	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	
06:50	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	
06:55	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	
07:00	2	2	0	0,0 %	2	0	0,0 %	
07:05	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	
07:10	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	
07:15	1	0	-1	100,0 %	1	0	0,0 %	
07:20	1	1	0	0,0 %	1	0	0,0 %	
07:25	2	1	-1	100,0 %	2	0	0,0 %	
07:30	1	1	0	0,0 %	0	-1	100,0 %	
07:35	1	2	1	100,0 %	2	1	100,0 %	
07:40	4	3	-1	100,0 %	3	-1	25,0 %	
07:45	3	3	0	0,0 %	4	1	33,3 %	
07:50	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	
07:55	6	4	-2	200,0 %	6	0	0,0 %	
08:00	3	6	3	300,0 %	4	1	33,3 %	
08:05	4	4	0	0,0 %	4	0	0,0 %	

08:10	8	5	-3	300,0%	8	0	0,0%
11:00	2	1	-1	100,0%	2	0	0,0%
11:05	1	2	1	100,0%	1	0	0,0%
11:10	0	1	1	100,0%	2	2	200,0%
11:15	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%
11:20	4	4	0	0,0%	4	0	0,0%
11:25	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%
11:30	4	3	-1	100,0%	3	-1	25,0%
11:35	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%
11:40	4	2	-2	200,0%	4	0	0,0%
11:45	2	4	2	200,0%	2	0	0,0%
11:50	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%
11:55	3	2	-1	100,0%	3	0	0,0%
12:00	6	3	-3	300,0%	8	2	33,3%
12:05	1	4	3	300,0%	1	0	0,0%
12:10	4	5	1	100,0%	5	1	25,0%
12:15	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%
12:20	0	0	0	0,0%	1	1	100,0%
12:25	2	2	0	0,0%	3	1	50,0%
12:30	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%
12:35	6	4	-2	200,0%	5	-1	16,7%
12:40	3	4	1	100,0%	3	0	0,0%
12:45	4	4	0	0,0%	4	0	0,0%
12:50	10	12	2	200,0%	10	0	0,0%
12:55	7	7	0	0,0%	7	0	0,0%

16:05	6	7	1	100,0%	6	0	0,0%
16:10	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%
16:15	3	1	-2	200,0%	3	0	0,0%
16:20	1	3	2	200,0%	1	0	0,0%
16:25	3	3	0	0,0%	3	0	0,0%
16:30	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%
16:35	4	4	0	0,0%	5	1	25,0%
16:40	4	2	-2	200,0%	4	0	0,0%
16:45	5	3	-2	200,0%	3	-2	40,0%
16:50	7	6	-1	100,0%	7	0	0,0%
16:55	4	6	2	200,0%	4	0	0,0%
17:00	5	5	0	0,0%	5	0	0,0%
17:05	6	7	1	100,0%	7	1	16,7%
17:10	8	5	-3	300,0%	5	-3	37,5%
17:15	5	6	1	100,0%	7	2	40,0%
17:20	1	2	1	100,0%	1	0	0,0%
17:25	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%
17:30	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%
17:35	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%
17:40	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%
17:45	2	1	-1	100,0%	2	0	0,0%
17:50	6	6	0	0,0%	6	0	0,0%
17:55	3	2	-1	100,0%	3	0	0,0%
18:00	3	3	0	0,0%	3	0	0,0%

10.4 Anhang: Messstandort 4 Klosterwiesgasse

Tabelle 72: 5-Minuten-Intervalle Klosterwiesgasse - stadtauswärts

Stadtauswärts	Hand	Sierzega SR4				DataCollect SDR			
	Anzahl Räder	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz	Anzahl Räder	Absolute Differenz	Relative Differenz		
04.11.2019	11:05	1	2	1	100,0%	0	-1	100,0%	
	11:10	4	2	-2	50,0%	3	-1	25,0%	
	11:15	2	1	-1	50,0%	1	-1	50,0%	
	11:20	2	3	1	50,0%	1	-1	50,0%	
	11:25	2	1	-1	50,0%	2	0	0,0%	
	11:30	4	2	-2	50,0%	3	-1	25,0%	
	11:35	3	3	0	0,0%	3	0	0,0%	
	11:40	1	3	2	200,0%	1	0	0,0%	
	11:45	5	3	-2	40,0%	2	-3	60,0%	
	11:50	4	4	0	0,0%	3	-1	25,0%	
	11:55	3	3	0	0,0%	2	-1	33,3%	
	12:00	2	1	-1	50,0%	2	0	0,0%	
	12:05	5	3	-2	40,0%	1	-4	80,0%	
	12:10	3	4	1	33,3%	1	-2	66,7%	
	12:15	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%	
	12:20	4	1	-3	75,0%	2	-2	50,0%	
	12:25	3	2	-1	33,3%	2	-1	33,3%	
	12:30	4	5	1	25,0%	4	0	0,0%	
	12:35	0	1	1	100,0%	0	0	0,0%	
	12:40	2	0	-2	100,0%	2	0	0,0%	
	12:45	5	6	1	20,0%	4	-1	20,0%	
	12:50	5	2	-3	60,0%	3	-2	40,0%	
	12:55	2	2	0	0,0%	1	-1	50,0%	
	13:00	3	3	0	0,0%	3	0	0,0%	
	15:55	3	5	2	66,7%	2	-1	33,3%	
	16:00	5	3	-2	40,0%	3	-2	40,0%	
	16:05	3	2	-1	33,3%	3	0	0,0%	
	16:10	4	3	-1	25,0%	1	-3	75,0%	
16:15	9	4	-5	55,6%	3	-6	66,7%		
16:20	3	6	3	100,0%	1	-2	66,7%		
16:25	4	3	-1	25,0%	2	-2	50,0%		
16:30	3	4	1	33,3%	2	-1	33,3%		
16:35	3	1	-2	66,7%	1	-2	66,7%		
04.11.2019	16:40	6	6	0	0,0%	4	-2	33,3%	
	16:45	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%	
	16:50	1	2	1	100,0%	1	0	0,0%	
	16:55	2	2	0	0,0%	1	-1	50,0%	
	17:00	8	3	-5	62,5%	4	-4	50,0%	
	17:05	3	4	1	33,3%	2	-1	33,3%	
	17:10	4	3	-1	25,0%	5	1	25,0%	
	17:15	0	1	1	100,0%	0	0	0,0%	
	17:20	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%	
	17:25	4	1	-3	75,0%	4	0	0,0%	
	17:30	7	6	-1	14,3%	2	-5	71,4%	
	17:35	3	1	-2	66,7%	2	-1	33,3%	
	17:40	2	3	1	50,0%	2	0	0,0%	
	17:45	3	3	0	0,0%	2	-1	33,3%	
	17:50	3	2	-1	33,3%	3	0	0,0%	
	05.11.2019	06:10	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%
		06:15	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%
		06:20	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%
		06:25	1	0	-1	100,0%	1	0	0,0%
		06:30	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%
		06:35	6	1	-5	83,3%	3	-3	50,0%
		06:40	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%
		06:45	0	1	1	100,0%	0	0	0,0%
		06:50	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%
		06:55	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%
		07:00	4	2	-2	50,0%	4	0	0,0%
		07:05	1	2	1	100,0%	1	0	0,0%
		07:10	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%
07:15		3	0	-3	100,0%	2	-1	33,3%	
07:20		2	2	0	0,0%	2	0	0,0%	
07:25		1	2	1	100,0%	1	0	0,0%	
07:30		1	1	0	0,0%	1	0	0,0%	
07:35		3	2	-1	33,3%	3	0	0,0%	
07:40		3	3	0	0,0%	2	-1	33,3%	
07:45		2	2	0	0,0%	1	-1	50,0%	
07:50		3	4	1	33,3%	2	-1	33,3%	

05.11.2019	07:55	5	3	-2	40,0%	2	-3	60,0%
	08:00	6	5	-1	16,7%	5	-1	16,7%
	08:05	4	4	0	0,0%	2	-2	50,0%
	11:05	1	0	-1	100,0%	0	-1	100,0%
	11:10	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	11:15	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	11:20	3	1	-2	66,7%	3	0	0,0%
	11:25	0	2	2	200,0%	0	0	0,0%
	11:30	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	11:35	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%
	11:40	3	0	-3	100,0%	2	-1	33,3%
	11:45	1	3	2	200,0%	1	0	0,0%
	11:50	3	0	-3	100,0%	3	0	0,0%
	11:55	1	3	2	200,0%	0	-1	100,0%
	12:00	3	2	-1	33,3%	2	-1	33,3%
	12:05	1	2	1	100,0%	0	-1	100,0%
	12:10	1	1	0	0,0%	0	-1	100,0%
	12:15	1	0	-1	100,0%	0	-1	100,0%
	12:20	0	1	1	100,0%	0	0	0,0%
	12:25	2	2	0	0,0%	0	-2	100,0%
	12:30	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	12:35	2	1	-1	50,0%	0	-2	100,0%
	12:40	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	16:00	3	4	1	33,3%	2	-1	33,3%
	16:05	4	3	-1	25,0%	3	-1	25,0%
	16:10	4	3	-1	25,0%	5	1	25,0%
	16:15	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%
	16:20	5	4	-1	20,0%	4	-1	20,0%
	16:25	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%
	16:30	3	3	0	0,0%	0	-3	100,0%
16:35	6	2	-4	66,7%	4	-2	33,3%	
16:40	3	5	2	66,7%	3	0	0,0%	
16:45	2	3	1	50,0%	0	-2	100,0%	
16:50	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%	
16:55	2	1	-1	50,0%	1	-1	50,0%	
17:00	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%	

05.11.2019	17:05	3	3	0	0,0%	2	-1	33,3%	
	17:10	5	6	1	20,0%	3	-2	40,0%	
	17:15	2	2	0	0,0%	1	-1	50,0%	
	17:20	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%	
	17:25	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%	
	17:30	1	0	-1	100,0%	1	0	0,0%	
	17:35	3	3	0	0,0%	2	-1	33,3%	
	17:40	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%	
	17:45	6	5	-1	16,7%	5	-1	16,7%	
	17:50	2	2	0	0,0%	2	0	0,0%	
	17:55	4	3	-1	25,0%	4	0	0,0%	
	06.11.2019	06:05	1	0	-1	100,0%	0	-1	100,0%
		06:10	0	1	1	100,0%	0	0	0,0%
		06:15	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%
		06:20	3	2	-1	33,3%	2	-1	33,3%
06:25		0	0	0	0,0%	0	0	0,0%	
06:30		2	1	-1	50,0%	2	0	0,0%	
06:35		1	2	1	100,0%	1	0	0,0%	
06:40		2	1	-1	50,0%	1	-1	50,0%	
06:45		0	0	0	0,0%	0	0	0,0%	
06:50		0	0	0	0,0%	0	0	0,0%	
06:55		0	0	0	0,0%	0	0	0,0%	
07:00		1	1	0	0,0%	1	0	0,0%	
07:05		5	5	0	0,0%	5	0	0,0%	
07:10		4	3	-1	25,0%	3	-1	25,0%	
07:15		2	1	-1	50,0%	2	0	0,0%	
07:20	10	7	-3	30,0%	6	-4	40,0%		
07:25	1	2	1	100,0%	0	-1	100,0%		
07:30	5	3	-2	40,0%	5	0	0,0%		
07:35	5	4	-1	20,0%	2	-3	60,0%		
07:40	2	4	2	100,0%	2	0	0,0%		
07:45	5	3	-2	40,0%	4	-1	20,0%		
07:50	1	2	1	100,0%	1	0	0,0%		
07:55	9	4	-5	55,6%	5	-4	44,4%		
08:00	4	3	-1	25,0%	3	-1	25,0%		

Tabelle 73: 5-Minuten-Intervalle Klosterwiesgasse - stadteinwärts

Stadteinwärts	Hand	Sierzega SR4			DataCollect SDR			
	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl	
04.11.2019	11:05	2	1	-1	50,0%	0	-2	100,0%
	11:10	3	4	1	33,3%	2	-1	33,3%
	11:15	3	4	1	33,3%	2	-1	33,3%
	11:20	3	4	1	33,3%	2	-1	33,3%
	11:25	3	5	2	66,7%	2	-1	33,3%
	11:30	1	4	3	300,0%	3	2	200,0%
	11:35	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	11:40	1	3	2	200,0%	5	4	400,0%
	11:45	2	4	2	100,0%	4	2	100,0%
	11:50	4	6	2	50,0%	3	-1	25,0%
	11:55	2	3	1	50,0%	2	0	0,0%
	12:00	3	3	0	0,0%	4	1	33,3%
	12:05	3	9	6	200,0%	5	2	66,7%
	12:10	3	5	2	66,7%	1	-2	66,7%
	12:15	3	3	0	0,0%	3	0	0,0%
	12:20	4	8	4	100,0%	5	1	25,0%
	12:25	1	1	0	0,0%	0	-1	100,0%
	12:30	1	2	1	100,0%	1	0	0,0%
	12:35	5	6	1	20,0%	4	-1	20,0%
	12:40	1	1	0	0,0%	0	-1	100,0%
	12:45	7	4	-3	42,9%	9	2	28,6%
	12:50	1	8	7	700,0%	2	1	100,0%
	12:55	8	5	-3	37,5%	4	-4	50,0%
	13:00	1	6	5	500,0%	1	0	0,0%
	15:55	2	3	1	50,0%	2	0	0,0%
	16:00	2	4	2	100,0%	2	0	0,0%
	16:05	4	7	3	75,0%	6	2	50,0%
	16:10	2	5	3	150,0%	1	-1	50,0%
	16:15	5	9	4	80,0%	5	0	0,0%
	16:20	3	5	2	66,7%	1	-2	66,7%
	16:25	6	3	-3	50,0%	3	-3	50,0%
	16:30	5	6	1	20,0%	2	-3	60,0%
16:35	0	5	5	500,0%	0	0	0,0%	
16:40	8	7	-1	12,5%	4	-4	50,0%	
16:45	10	8	-2	20,0%	6	-4	40,0%	
16:50	5	8	3	60,0%	2	-3	60,0%	

04.11.2019	16:55	5	5	0	0,0%	1	-4	80,0%	
	17:00	4	8	4	100,0%	3	-1	25,0%	
	17:05	4	5	1	25,0%	2	-2	50,0%	
	17:10	4	4	0	0,0%	5	1	25,0%	
	17:15	10	5	-5	50,0%	6	-4	40,0%	
	17:20	1	9	8	800,0%	0	-1	100,0%	
	17:25	4	3	-1	25,0%	1	-3	75,0%	
	17:30	0	1	1	100,0%	0	0	0,0%	
	17:35	10	6	-4	40,0%	4	-6	60,0%	
	17:40	4	7	3	75,0%	5	1	25,0%	
	17:45	4	3	-1	25,0%	0	-4	100,0%	
	17:50	6	10	4	66,7%	4	-2	33,3%	
	05.11.2019	06:10	3	3	0	0,0%	1	-2	66,7%
		06:15	1	4	3	300,0%	1	0	0,0%
		06:20	0	1	1	100,0%	4	4	400,0%
		06:25	2	5	3	150,0%	2	0	0,0%
		06:30	0	2	2	200,0%	0	0	0,0%
06:35		2	5	3	150,0%	3	1	50,0%	
06:40		1	3	2	200,0%	1	0	0,0%	
06:45		0	0	0	0,0%	1	1	100,0%	
06:50		1	3	2	200,0%	0	-1	100,0%	
06:55		0	1	1	100,0%	0	0	0,0%	
07:00		3	1	-2	66,7%	0	-3	100,0%	
07:05		5	6	1	20,0%	3	-2	40,0%	
07:10		0	1	1	100,0%	3	3	300,0%	
07:15		3	7	4	133,3%	5	2	66,7%	
07:20		1	2	1	100,0%	1	0	0,0%	
07:25		1	2	1	100,0%	1	0	0,0%	
07:30		2	4	2	100,0%	0	-2	100,0%	
07:35		2	5	3	150,0%	4	2	100,0%	
07:40	2	3	1	50,0%	3	1	50,0%		
07:45	3	2	-1	33,3%	3	0	0,0%		
07:50	5	8	3	60,0%	3	-2	40,0%		
07:55	2	7	5	250,0%	2	0	0,0%		
08:00	4	5	1	25,0%	6	2	50,0%		
08:05	5	4	-1	20,0%	3	-2	40,0%		
11:05	0	0	0	0,0%	1	1	100,0%		
11:10	1	0	-1	100,0%	1	0	0,0%		
11:15	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%		

05.11.2019	11:20	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	11:25	2	2	0	0,0%	3	1	50,0%
	11:30	1	1	0	0,0%	1	0	0,0%
	11:35	0	1	1	100,0%	0	0	0,0%
	11:40	0	0	0	0,0%	0	0	0,0%
	11:45	2	4	2	100,0%	4	2	100,0%
	11:50	2	2	0	0,0%	3	1	50,0%
	11:55	1	4	3	300,0%	1	0	0,0%
	12:00	0	3	3	300,0%	1	1	100,0%
	12:05	0	0	0	0,0%	1	1	100,0%
	12:10	0	2	2	200,0%	0	0	0,0%
	12:15	3	3	0	0,0%	2	-1	33,3%
	12:20	1	5	4	400,0%	2	1	100,0%
	12:25	0	3	3	300,0%	1	1	100,0%
	12:30	1	0	-1	100,0%	0	-1	100,0%
	12:35	1	2	1	100,0%	1	0	0,0%
	12:40	0	2	2	200,0%	1	1	100,0%
	16:00	2	10	8	400,0%	1	-1	50,0%
	16:05	3	3	0	0,0%	2	-1	33,3%
	16:10	10	11	1	10,0%	7	-3	30,0%
	16:15	2	5	3	150,0%	5	3	150,0%
	16:20	3	5	2	66,7%	0	-3	100,0%
	16:25	3	2	-1	33,3%	1	-2	66,7%
	16:30	2	1	-1	50,0%	1	-1	50,0%
	16:35	0	2	2	200,0%	0	0	0,0%
	16:40	2	1	-1	50,0%	2	0	0,0%
	16:45	4	6	2	50,0%	1	-3	75,0%
	16:50	1	1	0	0,0%	0	-1	100,0%
	16:55	2	1	-1	50,0%	2	0	0,0%
	17:00	3	12	9	300,0%	0	-3	100,0%
	17:05	3	7	4	133,3%	2	-1	33,3%
	17:10	8	8	0	0,0%	5	-3	37,5%
	17:15	1	2	1	100,0%	0	-1	100,0%

05.11.2019	17:20	2	3	1	50,0%	1	-1	50,0%	
	17:25	2	3	1	50,0%	0	-2	100,0%	
	17:30	4	4	0	0,0%	1	-3	75,0%	
	17:35	4	8	4	100,0%	1	-3	75,0%	
	17:40	2	4	2	100,0%	1	-1	50,0%	
	17:45	0	1	1	100,0%	0	0	0,0%	
	17:50	3	2	-1	33,3%	0	-3	100,0%	
	17:55	6	11	5	83,3%	2	-4	66,7%	
	06.11.2019	06:05	2	1	-1	50,0%	0	-2	100,0%
		06:10	4	4	0	0,0%	1	-3	75,0%
06:15		1	4	3	300,0%	5	4	400,0%	
06:20		1	2	1	100,0%	2	1	100,0%	
06:25		4	6	2	50,0%	3	-1	25,0%	
06:30		2	4	2	100,0%	2	0	0,0%	
06:35		4	5	1	25,0%	6	2	50,0%	
06:40		0	2	2	200,0%	0	0	0,0%	
06:45		2	3	1	50,0%	1	-1	50,0%	
06:50		1	3	2	200,0%	0	-1	100,0%	
06:55		2	1	-1	50,0%	1	-1	50,0%	
07:00		3	1	-2	66,7%	1	-2	66,7%	
07:05		2	4	2	100,0%	1	-1	50,0%	
07:10		8	4	-4	50,0%	2	-6	75,0%	
07:15		3	5	2	66,7%	0	-3	100,0%	
07:20		5	3	-2	40,0%	3	-2	40,0%	
07:25		7	8	1	14,3%	3	-4	57,1%	
07:30		8	6	-2	25,0%	7	-1	12,5%	
07:35		6	10	4	66,7%	8	2	33,3%	
07:40		7	8	1	14,3%	3	-4	57,1%	
07:45	10	8	-2	20,0%	7	-3	30,0%		
07:50	8	8	0	0,0%	3	-5	62,5%		
07:55	4	6	2	50,0%	1	-3	75,0%		
08:00	8	8	0	0,0%	3	-5	62,5%		

10.5 Anhang: Messstandort 5 Keplerbrücke

Tabelle 74: 5-Minuten-Intervalle Keplerbrücke - stadtauswärts

Stadtauswärts	Hand	Sierzega SR4			DataCollect SDR			
	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl	
25.11.2019	10:50	8	20	12	150,0 %	20	12	150,0 %
	10:55	19	27	8	42,1 %	54	35	184,2 %
	11:00	5	23	18	360,0 %	24	19	380,0 %
	11:05	9	20	11	122,2 %	14	5	55,6 %
	11:10	11	20	9	81,8 %	20	9	81,8 %
	11:15	12	23	11	91,7 %	29	17	141,7 %
	11:20	8	33	25	312,5 %	35	27	337,5 %
	11:25	11	20	9	81,8 %	26	15	136,4 %
	11:30	9	25	16	177,8 %	22	13	144,4 %
	11:35	16	16	0	0,0 %	16	0	0,0 %
	11:40	18	25	7	38,9 %	22	4	22,2 %
	11:45	14	29	15	107,1 %	25	11	78,6 %
	11:50	13	11	-2	15,4 %	30	17	130,8 %
	11:55	17	24	7	41,2 %	33	16	94,1 %
	12:00	16	25	9	56,3 %	25	9	56,3 %
	12:05	20	19	-1	5,0 %	22	2	10,0 %
	12:10	24	20	-4	16,7 %	7	-17	70,8 %
	15:55	19	25	6	31,6 %	20	1	5,3 %
	16:00	21	12	-9	42,9 %	39	18	85,7 %
	16:05	19	26	7	36,8 %	22	3	15,8 %
	16:10	21	8	-13	61,9 %	28	7	33,3 %
	16:15	25	26	1	4,0 %	13	-12	48,0 %
	16:20	18	21	3	16,7 %	25	7	38,9 %
	16:25	26	15	-11	42,3 %	24	-2	7,7 %
	16:30	17	31	14	82,4 %	33	16	94,1 %
	16:35	21	21	0	0,0 %	21	0	0,0 %
	16:40	17	9	-8	47,1 %	31	14	82,4 %
	16:45	23	18	-5	21,7 %	14	-9	39,1 %
	16:50	25	7	-18	72,0 %	21	-4	16,0 %
	16:55	14	26	12	85,7 %	26	12	85,7 %
17:00	14	21	7	50,0 %	34	20	142,9 %	
17:05	26	22	-4	15,4 %	37	11	42,3 %	
17:10	16	20	4	25,0 %	14	-2	12,5 %	
17:15	14	18	4	28,6 %	6	-8	57,1 %	

25.11.2019	17:20	21	13	-8	38,1 %	21	0	0,0 %
	17:25	20	13	-7	35,0 %	26	6	30,0 %
	17:30	13	19	6	46,2 %	11	-2	15,4 %
	17:35	26	19	-7	26,9 %	18	-8	30,8 %
	17:40	10	9	-1	10,0 %	18	8	80,0 %
	17:45	22	27	5	22,7 %	35	13	59,1 %
17:50	10	19	9	90,0 %	23	13	130,0 %	
26.11.2019	06:05	6	8	2	33,3 %	10	4	66,7 %
	06:10	7	14	7	100,0 %	7	0	0,0 %
	06:15	10	18	8	80,0 %	12	2	20,0 %
	06:20	3	18	15	500,0 %	24	21	700,0 %
	06:25	2	15	13	650,0 %	26	24	1200,0 %
	06:30	5	11	6	120,0 %	28	23	460,0 %
	06:35	10	20	10	100,0 %	15	5	50,0 %
	06:40	13	27	14	107,7 %	9	-4	30,8 %
	06:45	11	23	12	109,1 %	18	7	63,6 %
	06:50	11	24	13	118,2 %	43	32	290,9 %
	06:55	17	34	17	100,0 %	24	7	41,2 %
	07:00	8	19	11	137,5 %	10	2	25,0 %
	07:05	16	21	5	31,3 %	15	-1	6,3 %
	07:10	22	25	3	13,6 %	38	16	72,7 %
	07:15	15	16	1	6,7 %	16	1	6,7 %
	07:20	20	21	1	5,0 %	13	-7	35,0 %
	07:25	27	41	14	51,9 %	44	17	63,0 %
	07:30	28	31	3	10,7 %	33	5	17,9 %
	07:35	32	39	7	21,9 %	11	-21	65,6 %
	07:40	31	26	-5	16,1 %	18	-13	41,9 %
	07:45	31	17	-14	45,2 %	17	-14	45,2 %
	07:50	45	28	-17	37,8 %	39	-6	13,3 %
	07:55	35	50	15	42,9 %	41	6	17,1 %
	08:00	30	32	2	6,7 %	52	22	73,3 %
10:55	2	33	31	1550,0 %	11	9	450,0 %	
11:00	8	6	-2	25,0 %	24	16	200,0 %	
11:05	12	21	9	75,0 %	29	17	141,7 %	
11:10	11	15	4	36,4 %	25	14	127,3 %	
11:15	13	26	13	100,0 %	28	15	115,4 %	

26.11.2019	11:20	6	18	12	200,0 %	26	20	333,3 %
	11:25	10	23	13	130,0 %	19	9	90,0 %
	11:30	9	14	5	55,6 %	21	12	133,3 %
	11:35	13	14	1	7,7 %	34	21	161,5 %
	11:40	20	25	5	25,0 %	30	10	50,0 %
	11:45	9	22	13	144,4 %	19	10	111,1 %
	11:50	10	25	15	150,0 %	28	18	180,0 %
	11:55	7	15	8	114,3 %	18	11	157,1 %
	12:00	6	19	13	216,7 %	11	5	83,3 %
	12:05	11	20	9	81,8 %	18	7	63,6 %
	12:10	12	24	12	100,0 %	32	20	166,7 %
	12:15	11	24	13	118,2 %	5	-6	54,5 %
	12:20	7	15	8	114,3 %	21	14	200,0 %
	12:25	7	18	11	157,1 %	12	5	71,4 %
	12:30	11	19	8	72,7 %	18	7	63,6 %
	12:35	13	12	-1	7,7 %	29	16	123,1 %
	12:40	12	16	4	33,3 %	11	-1	8,3 %
	12:45	13	18	5	38,5 %	12	-1	7,7 %
	12:50	6	27	21	350,0 %	11	5	83,3 %
	15:40	8	27	19	237,5 %	24	16	200,0 %
	15:45	30	21	-9	30,0 %	42	12	40,0 %
	15:50	16	31	15	93,8 %	26	10	62,5 %
	15:55	16	21	5	31,3 %	15	-1	6,3 %
	16:00	17	18	1	5,9 %	37	20	117,6 %
	16:05	24	25	1	4,2 %	16	-8	33,3 %
	16:10	21	30	9	42,9 %	30	9	42,9 %
	16:15	23	26	3	13,0 %	33	10	43,5 %
	16:20	13	10	-3	23,1 %	39	26	200,0 %
	16:25	19	25	6	31,6 %	23	4	21,1 %
	16:30	23	22	-1	4,3 %	15	-8	34,8 %
	16:35	18	24	6	33,3 %	18	0	0,0 %
	16:40	21	17	-4	19,0 %	33	12	57,1 %
16:45	29	24	-5	17,2 %	34	5	17,2 %	
16:50	32	18	-14	43,8 %	22	-10	31,3 %	

26.11.2019	16:55	21	16	-5	23,8 %	38	17	81,0 %
	17:00	16	18	2	12,5 %	13	-3	18,8 %
	17:05	14	14	0	0,0 %	21	7	50,0 %
	17:10	28	20	-8	28,6 %	31	3	10,7 %
	17:15	14	40	26	185,7 %	33	19	135,7 %
	17:20	23	25	2	8,7 %	28	5	21,7 %
	17:25	17	21	4	23,5 %	20	3	17,6 %
	17:30	20	8	-12	60,0 %	15	-5	25,0 %
	17:35	14	16	2	14,3 %	20	6	42,9 %
	27.11.2019	06:00	4	10	6	150,0 %	8	4
06:05		4	11	7	175,0 %	6	2	50,0 %
06:10		6	7	1	16,7 %	4	-2	33,3 %
06:15		6	13	7	116,7 %	8	2	33,3 %
06:20		2	18	16	800,0 %	7	5	250,0 %
06:25		8	12	4	50,0 %	8	0	0,0 %
06:30		4	11	7	175,0 %	13	9	225,0 %
06:35		2	13	11	550,0 %	14	12	600,0 %
06:40		13	12	-1	7,7 %	30	17	130,8 %
06:45		14	29	15	107,1 %	25	11	78,6 %
06:50		14	27	13	92,9 %	16	2	14,3 %
06:55		16	22	6	37,5 %	11	-5	31,3 %
07:00		22	32	10	45,5 %	11	-11	50,0 %
07:05		8	33	25	312,5 %	7	-1	12,5 %
07:10		14	21	7	50,0 %	30	16	114,3 %
07:15		17	18	1	5,9 %	17	0	0,0 %
07:20		19	8	-11	57,9 %	7	-12	63,2 %
07:25		36	23	-13	36,1 %	15	-21	58,3 %
07:30		33	28	-5	15,2 %	39	6	18,2 %
07:35		37	18	-19	51,4 %	17	-20	54,1 %
07:40		32	28	-4	12,5 %	16	-16	50,0 %
07:45		35	20	-15	42,9 %	40	5	14,3 %
07:50		32	28	-4	12,5 %	9	-23	71,9 %
07:55		28	29	1	3,6 %	14	-14	50,0 %

Tabelle 75: 5-Minuten-Intervalle Keplerbrücke - stadteinwärts

Stadtteinwärts	Hand	Sierzega SR4			DataCollect SDR			
	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl	
25.11.2019	10:50	13	24	11	84,6 %	15	2	15,4 %
	10:55	8	25	17	212,5 %	7	-1	12,5 %
	11:00	6	18	12	200,0 %	11	5	83,3 %
	11:05	15	18	3	20,0 %	8	-7	46,7 %
	11:10	11	22	11	100,0 %	16	5	45,5 %
	11:15	7	17	10	142,9 %	12	5	71,4 %
	11:20	13	20	7	53,8 %	14	1	7,7 %
	11:25	14	22	8	57,1 %	13	-1	7,1 %
	11:30	14	25	11	78,6 %	12	-2	14,3 %
	11:35	20	14	-6	30,0 %	11	-9	45,0 %
	11:40	12	15	3	25,0 %	19	7	58,3 %
	11:45	10	23	13	130,0 %	15	5	50,0 %
	11:50	13	18	5	38,5 %	14	1	7,7 %
	11:55	18	15	-3	16,7 %	18	0	0,0 %
	12:00	17	29	12	70,6 %	17	0	0,0 %
	12:05	10	24	14	140,0 %	13	3	30,0 %
	12:10	12	23	11	91,7 %	5	-7	58,3 %
	15:55	15	15	0	0,0 %	17	2	13,3 %
	16:00	15	21	6	40,0 %	20	5	33,3 %
	16:05	19	23	4	21,1 %	13	-6	31,6 %
	16:10	14	17	3	21,4 %	24	10	71,4 %
	16:15	22	24	2	9,1 %	48	26	118,2 %
	16:20	23	28	5	21,7 %	34	11	47,8 %
	16:25	13	28	15	115,4 %	19	6	46,2 %
	16:30	21	28	7	33,3 %	27	6	28,6 %
	16:35	26	33	7	26,9 %	20	-6	23,1 %
	16:40	34	33	-1	2,9 %	17	-17	50,0 %
	16:45	23	22	-1	4,3 %	9	-14	60,9 %
	16:50	20	22	2	10,0 %	23	3	15,0 %
	16:55	17	26	9	52,9 %	20	3	17,6 %
17:00	22	23	1	4,5 %	16	-6	27,3 %	
17:05	21	29	8	38,1 %	19	-2	9,5 %	
17:10	19	22	3	15,8 %	14	-5	26,3 %	
17:15	22	28	6	27,3 %	17	-5	22,7 %	
17:20	24	34	10	41,7 %	11	-13	54,2 %	
17:25	20	23	3	15,0 %	22	2	10,0 %	

25.11.2019	17:30	22	23	1	4,5 %	44	22	100,0 %
	17:35	24	34	10	41,7 %	41	17	70,8 %
	17:40	29	31	2	6,9 %	43	14	48,3 %
	17:45	21	27	6	28,6 %	22	1	4,8 %
	17:50	27	25	-2	7,4 %	21	-6	22,2 %
26.11.2019	06:05	5	6	1	20,0 %	3	-2	40,0 %
	06:10	4	11	7	175,0 %	5	1	25,0 %
	06:15	3	12	9	300,0 %	7	4	133,3 %
	06:20	9	8	-1	11,1 %	12	3	33,3 %
	06:25	4	12	8	200,0 %	8	4	100,0 %
	06:30	13	10	-3	23,1 %	11	-2	15,4 %
	06:35	9	19	10	111,1 %	13	4	44,4 %
	06:40	5	15	10	200,0 %	11	6	120,0 %
	06:45	11	17	6	54,5 %	8	-3	27,3 %
	06:50	6	16	10	166,7 %	15	9	150,0 %
	06:55	8	15	7	87,5 %	7	-1	12,5 %
	07:00	10	14	4	40,0 %	20	10	100,0 %
	07:05	13	23	10	76,9 %	19	6	46,2 %
	07:10	17	20	3	17,6 %	16	-1	5,9 %
	07:15	16	28	12	75,0 %	15	-1	6,3 %
	07:20	28	24	-4	14,3 %	17	-11	39,3 %
	07:25	15	29	14	93,3 %	8	-7	46,7 %
	07:30	18	15	-3	16,7 %	23	5	27,8 %
	07:35	27	28	1	3,7 %	15	-12	44,4 %
	07:40	28	37	9	32,1 %	9	-19	67,9 %
	07:45	39	34	-5	12,8 %	46	7	17,9 %
	07:50	23	36	13	56,5 %	29	6	26,1 %
	07:55	30	23	-7	23,3 %	28	-2	6,7 %
	08:00	22	24	2	9,1 %	29	7	31,8 %
	10:55	6	14	8	133,3 %	18	12	200,0 %
	11:00	12	19	7	58,3 %	16	4	33,3 %
	11:05	12	13	1	8,3 %	14	2	16,7 %
	11:10	11	18	7	63,6 %	8	-3	27,3 %
	11:15	9	18	9	100,0 %	10	1	11,1 %
	11:20	11	18	7	63,6 %	14	3	27,3 %
11:25	15	15	0	0,0 %	9	-6	40,0 %	
11:30	10	15	5	50,0 %	16	6	60,0 %	
11:35	12	20	8	66,7 %	14	2	16,7 %	
11:40	16	19	3	18,8 %	13	-3	18,8 %	

26.11.2019	1:45	13	19	6	46,2 %	9	-4	30,8 %
	11:50	14	23	9	64,3 %	18	4	28,6 %
	11:55	14	30	16	114,3 %	12	-2	14,3 %
	12:00	19	20	1	5,3 %	11	-8	42,1 %
	12:05	14	16	2	14,3 %	18	4	28,6 %
	12:10	20	24	4	20,0 %	18	-2	10,0 %
	12:15	17	27	10	58,8 %	17	0	0,0 %
	12:20	14	19	5	35,7 %	8	-6	42,9 %
	12:25	12	22	10	83,3 %	11	-1	8,3 %
	12:30	10	22	12	120,0 %	11	1	10,0 %
	12:35	7	17	10	142,9 %	18	11	157,1 %
	12:40	11	20	9	81,8 %	12	1	9,1 %
	12:45	17	22	5	29,4 %	12	-5	29,4 %
	12:50	7	23	16	228,6 %	10	3	42,9 %
	15:40	13	21	8	61,5 %	16	3	23,1 %
	15:45	15	19	4	26,7 %	23	8	53,3 %
	15:50	19	24	5	26,3 %	14	-5	26,3 %
	15:55	18	20	2	11,1 %	15	-3	16,7 %
	16:00	21	16	-5	23,8 %	16	-5	23,8 %
	16:05	18	24	6	33,3 %	15	-3	16,7 %
	16:10	26	17	-9	34,6 %	42	16	61,5 %
	16:15	21	30	9	42,9 %	42	21	100,0 %
	16:20	10	25	15	150,0 %	14	4	40,0 %
	16:25	15	18	3	20,0 %	12	-3	20,0 %
	16:30	18	18	0	0,0 %	36	18	100,0 %
	16:35	28	37	9	32,1 %	36	8	28,6 %
	16:40	33	21	-12	36,4 %	33	0	0,0 %
	16:45	17	38	21	123,5 %	32	15	88,2 %
	16:50	28	33	5	17,9 %	22	-6	21,4 %
	16:55	24	31	7	29,2 %	24	0	0,0 %
	17:00	21	28	7	33,3 %	43	22	104,8 %

26.11.2019	17:05	18	31	13	72,2 %	31	13	72,2 %
	17:10	31	28	-3	9,7 %	24	-7	22,6 %
	17:15	18	25	7	38,9 %	23	5	27,8 %
	17:20	20	18	-2	10,0 %	15	-5	25,0 %
	17:25	16	28	12	75,0 %	31	15	93,8 %
	17:30	19	20	1	5,3 %	45	26	136,8 %
	17:35	22	29	7	31,8 %	26	4	18,2 %
	27.11.2019	06:00	4	10	6	150,0 %	4	0
06:05		3	7	4	133,3 %	7	4	133,3 %
06:10		5	11	6	120,0 %	7	2	40,0 %
06:15		5	10	5	100,0 %	9	4	80,0 %
06:20		10	12	2	20,0 %	8	-2	20,0 %
06:25		6	12	6	100,0 %	7	1	16,7 %
06:30		13	10	-3	23,1 %	6	-7	53,8 %
06:35		11	15	4	36,4 %	12	1	9,1 %
06:40		11	16	5	45,5 %	17	6	54,5 %
06:45		7	21	14	200,0 %	15	8	114,3 %
06:50		13	16	3	23,1 %	11	-2	15,4 %
06:55		14	19	5	35,7 %	8	-6	42,9 %
07:00		8	12	4	50,0 %	13	5	62,5 %
07:05		20	19	-1	5,0 %	9	-11	55,0 %
07:10		8	20	12	150,0 %	17	9	112,5
07:15		20	22	2	10,0 %	17	-3	15,0 %
07:20		19	29	10	52,6 %	12	-7	36,8 %
07:25		22	32	10	45,5 %	9	-13	59,1 %
07:30		20	24	4	20,0 %	23	3	15,0 %
07:35		26	28	2	7,7 %	16	-10	38,5 %
07:40		21	30	9	42,9 %	11	-10	47,6 %
07:45		30	26	-4	13,3 %	22	-8	26,7 %
07:50		33	26	-7	21,2 %	16	-17	51,5 %
07:55	23	20	-3	13,0 %	7	-16	69,6 %	

10.6 Anhang: Messstandort 6 Rechbauerstraße

Tabelle 76: 5-Minuten-Intervalle Rechbauerstraße - stadtauswärts

Stadtauswärts	Hand	Sierzega SR4			DataCollect SDR			
	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl	
28.11.2019	08:00	5	16	11	220,0%	14	9	180,0%
	08:05	16	14	-2	12,5%	8	-8	50,0%
	08:10	12	14	2	16,7%	12	0	0,0%
	08:15	14	16	2	14,3%	10	-4	28,6%
	08:20	11	19	8	72,7%	14	3	27,3%
	08:25	11	17	6	54,5%	17	6	54,5%
	08:30	6	15	9	150,0%	6	0	0,0%
	08:35	6	19	13	216,7%	11	5	83,3%
	08:40	15	17	2	13,3%	10	-5	33,3%
	08:45	14	21	7	50,0%	13	-1	7,1%
	08:50	14	14	0	0,0%	17	3	21,4%
	08:55	9	18	9	100,0%	14	5	55,6%
	09:00	8	12	4	50,0%	13	5	62,5%
	09:05	7	14	7	100,0%	14	7	100,0%
	09:10	9	9	0	0,0%	11	2	22,2%
	09:15	6	13	7	116,7%	13	7	116,7%
	09:20	5	14	9	180,0%	8	3	60,0%
	09:25	5	14	9	180,0%	5	0	0,0%
	09:30	15	11	-4	26,7%	8	-7	46,7%
	09:35	4	15	11	275,0%	8	4	100,0%
	09:40	9	13	4	44,4%	15	6	66,7%
	09:45	11	17	6	54,5%	13	2	18,2%
	09:50	13	16	3	23,1%	15	2	15,4%
	09:55	18	16	-2	11,1%	13	-5	27,8%
	11:00	8	7	-1	12,5%	14	6	75,0%
	11:05	9	18	9	100,0%	9	0	0,0%
	11:10	7	15	8	114,3%	10	3	42,9%
	11:15	6	10	4	66,7%	10	4	66,7%
	11:20	9	13	4	44,4%	5	-4	44,4%
	11:25	11	11	0	0,0%	9	-2	18,2%
11:30	11	11	0	0,0%	9	-2	18,2%	
11:35	13	15	2	15,4%	14	1	7,7%	
11:40	12	11	-1	8,3%	12	0	0,0%	
11:45	12	11	-1	8,3%	14	2	16,7%	

28.11.2019	11:50	11	18	7	63,6%	11	0	0,0%
	11:55	14	11	-3	21,4%	12	-2	14,3%
	12:00	12	18	6	50,0%	16	4	33,3%
	12:05	9	13	4	44,4%	10	1	11,1%
	12:10	11	12	1	9,1%	9	-2	18,2%
	12:15	8	12	4	50,0%	7	-1	12,5%
	12:20	6	9	3	50,0%	13	7	116,7%
	12:25	10	10	0	0,0%	15	5	50,0%
	12:30	18	13	-5	27,8%	23	5	27,8%
	12:35	8	20	12	150,0%	17	9	112,5%
	12:40	5	9	4	80,0%	10	5	100,0%
	12:45	13	10	-3	23,1%	18	5	38,5%
	12:50	8	12	4	50,0%	12	4	50,0%
	12:55	10	13	3	30,0%	12	2	20,0%
	14:00	9	12	3	33,3%	12	3	33,3%
	14:05	9	14	5	55,6%	12	3	33,3%
	14:10	15	14	-1	6,7%	19	4	26,7%
	14:15	15	19	4	26,7%	17	2	13,3%
	14:20	12	15	3	25,0%	18	6	50,0%
	14:25	14	18	4	28,6%	13	-1	7,1%
	14:30	8	14	6	75,0%	18	10	125,0%
	14:35	5	12	7	140,0%	6	1	20,0%
	14:40	18	6	-12	66,7%	11	-7	38,9%
	14:45	9	16	7	77,8%	11	2	22,2%
	14:50	14	13	-1	7,1%	15	1	7,1%
	14:55	22	11	-11	50,0%	15	-7	31,8%
	15:00	9	21	12	133,3%	9	0	0,0%
	15:05	6	8	2	33,3%	13	7	116,7%
	15:10	8	8	0	0,0%	17	9	112,5%
	15:15	18	12	-6	33,3%	14	-4	22,2%
15:20	14	16	2	14,3%	20	6	42,9%	
15:25	11	19	8	72,7%	10	-1	9,1%	
15:30	11	18	7	63,6%	16	5	45,5%	
15:35	10	13	3	30,0%	20	10	100,0%	
15:40	12	18	6	50,0%	21	9	75,0%	
15:45	11	12	1	9,1%	21	10	90,9%	

29.11.2019	15:50	11	9	-2	18,2 %	23	12	109,1 %
	15:55	8	15	7	87,5 %	26	18	225,0 %
	10:00	11	16	5	45,5 %	14	3	27,3 %
	10:05	12	20	8	66,7 %	15	3	25,0 %
	10:10	16	10	-6	37,5 %	22	6	37,5 %
	10:15	14	17	3	21,4 %	17	3	21,4 %
	10:20	16	12	-4	25,0 %	15	-1	6,3 %
	10:25	7	20	13	185,7 %	12	5	71,4 %
	10:30	10	10	0	0,0 %	9	-1	10,0 %
	10:35	9	14	5	55,6 %	17	8	88,9 %
	10:40	11	13	2	18,2 %	13	2	18,2 %
	10:45	7	16	9	128,6 %	5	-2	28,6 %
	10:50	10	5	-5	50,0 %	8	-2	20,0 %
	10:55	10	14	4	40,0 %	10	0	0,0 %
	11:00	10	9	-1	10,0 %	-	-	-
	11:05	7	20	13	185,7 %	-	-	-
	11:10	10	13	3	30,0 %	-	-	-
	11:15	10	14	4	40,0 %	-	-	-
	11:20	8	8	0	0,0 %	-	-	-
	11:25	8	12	4	50,0 %	-	-	-
	11:30	4	13	9	225,0 %	-	-	-
	11:35	18	9	-9	50,0 %	-	-	-
	11:40	8	25	17	212,5 %	-	-	-
	11:45	17	17	0	0,0 %	-	-	-
	11:50	14	30	16	114,3 %	-	-	-
	11:55	13	25	12	92,3 %	-	-	-
	12:00	4	17	13	325,0 %	-	-	-
	12:05	14	18	4	28,6 %	-	-	-
	12:10	11	11	0	0,0 %	-	-	-
	12:15	9	18	9	100,0 %	-	-	-
12:20	6	12	6	100,0 %	-	-	-	
12:25	8	16	8	100,0 %	-	-	-	
12:30	12	13	1	8,3 %	-	-	-	
12:35	12	19	7	58,3 %	-	-	-	
12:40	6	22	16	266,7 %	-	-	-	
12:45	17	23	6	35,3 %	-	-	-	
12:50	8	19	11	137,5 %	-	-	-	

29.11.2019	12:55	9	10	1	11,1 %	-	-	-
	13:00	11	14	3	27,3 %	-	-	-
	13:05	2	20	18	900,0 %	-	-	-
	13:10	9	11	2	22,2 %	-	-	-
	13:15	8	17	9	112,5 %	-	-	-
	13:20	13	10	-3	23,1 %	-	-	-
	13:25	23	17	-6	26,1 %	-	-	-
	13:30	13	21	8	61,5 %	-	-	-
	13:35	11	22	11	100,0 %	-	-	-
	13:40	26	18	-8	30,8 %	-	-	-
	13:45	27	25	-2	7,4 %	-	-	-
	13:50	18	12	-6	33,3 %	-	-	-
	13:55	6	21	15	250,0 %	-	-	-
	15:00	11	16	5	45,5 %	-	-	-
	15:05	12	19	7	58,3 %	-	-	-
	15:10	16	18	2	12,5 %	-	-	-
	15:15	15	16	1	6,7 %	-	-	-
	15:20	16	16	0	0,0 %	-	-	-
	15:25	11	19	8	72,7 %	-	-	-
	15:30	9	12	3	33,3 %	-	-	-
	15:35	7	15	8	114,3 %	-	-	-
	15:40	12	17	5	41,7 %	-	-	-
	15:45	9	9	0	0,0 %	-	-	-
	15:50	12	17	5	41,7 %	-	-	-
	15:55	13	22	9	69,2 %	-	-	-
	16:00	21	17	-4	19,0 %	-	-	-
	16:05	11	19	8	72,7 %	-	-	-
	16:10	14	15	1	7,1 %	-	-	-
	16:15	15	20	5	33,3 %	-	-	-
	16:20	15	19	4	26,7 %	-	-	-
16:25	10	10	0	0,0 %	-	-	-	
16:30	12	17	5	41,7 %	-	-	-	
16:35	13	18	5	38,5 %	-	-	-	
16:40	12	11	-1	8,3 %	-	-	-	
16:45	9	17	8	88,9 %	-	-	-	
16:50	11	11	0	0,0 %	-	-	-	
16:55	17	18	1	5,9 %	-	-	-	

Tabelle 77: 5-Minuten-Intervalle Rechbauerstraße - stadteinwärts

Stadteinwärts	Hand	Sierzega SR4			DataCollect SDR		
	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl	Anzahl	Abs.	Anzahl
08:00	18	10	-8	44,4 %	5	-13	72,2 %
08:05	21	4	-12	57,1 %	3	-13	61,9 %
08:10	15	9	-3	20,0 %	1	-11	73,3 %
08:15	16	9	-5	31,3 %	2	-12	75,0 %
08:20	15	7	-4	26,7 %	1	-10	66,7 %
08:25	10	3	-8	80,0 %	0	-11	110,0 %
08:30	13	4	-2	15,4 %	5	-1	7,7 %
08:35	8	4	-2	25,0 %	2	-4	50,0 %
08:40	13	3	-12	92,3 %	0	-15	115,4 %
08:45	16	2	-12	75,0 %	3	-11	68,8 %
08:50	17	7	-7	41,2 %	4	-10	58,8 %
08:55	16	3	-6	37,5 %	1	-8	50,0 %
09:00	6	4	-4	66,7 %	2	-6	100,0 %
09:05	6	2	-5	83,3 %	2	-5	83,3 %
09:10	3	3	-6	200,0 %	1	-8	266,7 %
09:15	5	2	-4	80,0 %	3	-3	60,0 %
09:20	6	4	-1	16,7 %	4	-1	16,7 %
09:25	8	4	-1	12,5 %	1	-4	50,0 %
09:30	7	5	-10	142,9 %	3	-12	171,4 %
09:35	7	3	-1	14,3 %	1	-3	42,9 %
09:40	5	6	-3	60,0 %	3	-6	120,0 %
09:45	17	4	-7	41,2 %	5	-6	35,3 %
09:50	13	12	-1	7,7 %	2	-11	84,6 %
09:55	13	7	-11	84,6 %	2	-16	123,1 %
11:00	3	4	-4	133,3 %	1	-7	233,3 %
11:05	5	4	-5	100,0 %	0	-9	180,0 %
11:10	5	2	-5	100,0 %	1	-6	120,0 %
11:15	3	4	-2	66,7 %	0	-6	200,0 %
11:20	9	3	-6	66,7 %	1	-8	88,9 %
11:25	2	4	-7	350,0 %	0	-11	550,0 %
11:30	8	1	-10	125,0 %	1	-10	125,0 %
11:35	5	4	-9	180,0 %	0	-13	260,0 %
11:40	5	4	-8	160,0 %	3	-9	180,0 %
11:45	7	3	-9	128,6 %	0	-12	171,4 %
11:50	7	0	-11	157,1 %	0	-11	157,1 %
11:55	8	2	-12	150,0 %	0	-14	175,0 %

28.11.2019

12:00	11	3	-9	81,8 %	1	-11	100,0 %
12:05	10	5	-4	40,0 %	2	-7	70,0 %
12:10	9	5	-6	66,7 %	1	-10	111,1 %
12:15	4	2	-6	150,0 %	1	-7	175,0 %
12:20	6	2	-4	66,7 %	1	-5	83,3 %
12:25	9	3	-7	77,8 %	5	-5	55,6 %
12:30	7	3	-15	214,3 %	3	-15	214,3 %
12:35	6	1	-7	116,7 %	3	-5	83,3 %
12:40	1	2	-3	300,0 %	0	-5	500,0 %
12:45	8	2	-11	137,5 %	2	-11	137,5 %
12:50	5	4	-4	80,0 %	1	-7	140,0 %
12:55	8	1	-9	112,5 %	2	-8	100,0 %
14:00	5	3	-6	120,0 %	1	-8	160,0 %
14:05	4	0	-9	225,0 %	1	-8	200,0 %
14:10	6	4	-11	183,3 %	3	-12	200,0 %
14:15	5	1	-14	280,0 %	1	-14	280,0 %
14:20	4	4	-8	200,0 %	0	-12	300,0 %
14:25	3	0	-14	466,7 %	1	-13	433,3 %
14:30	10	4	-4	40,0 %	1	-7	70,0 %
14:35	6	4	-1	16,7 %	0	-5	83,3 %
14:40	10	4	-14	140,0 %	2	-16	160,0 %
14:45	8	3	-6	75,0 %	0	-9	112,5 %
14:50	7	5	-9	128,6 %	1	-13	185,7 %
14:55	4	5	-17	425,0 %	1	-21	525,0 %
15:00	12	4	-5	41,7 %	1	-8	66,7 %
15:05	11	2	-4	36,4 %	2	-4	36,4 %
15:10	5	4	-4	80,0 %	0	-8	160,0 %
15:15	10	3	-15	150,0 %	1	-17	170,0 %
15:20	6	7	-7	116,7 %	0	-14	233,3 %
15:25	4	5	-6	150,0 %	0	-11	275,0 %
15:30	11	3	-8	72,7 %	1	-10	90,9 %
15:35	2	10	0	0,0 %	0	-10	500,0 %
15:40	9	3	-9	100,0 %	4	-8	88,9 %
15:45	8	1	-10	125,0 %	3	-8	100,0 %
15:50	12	6	-5	41,7 %	3	-8	66,7 %
15:55	5	5	-3	60,0 %	2	-6	120,0 %
10:00	8	4	-7	87,5 %	1	-10	125,0 %
10:05	15	3	-9	60,0 %	8	-4	26,7 %
10:10	6	3	-13	216,7 %	4	-12	200,0 %

28.11.2019

29.11.2019	10:15	18	0	-14	77,8 %	2	-12	66,7 %
	10:20	6	2	-14	233,3 %	0	-16	266,7 %
	10:25	6	4	-3	50,0 %	0	-7	116,7 %
	10:30	7	2	-8	114,3 %	0	-10	142,9 %
	10:35	10	4	-5	50,0 %	0	-9	90,0 %
	10:40	7	1	-10	142,9 %	2	-9	128,6 %
	10:45	8	2	-5	62,5 %	2	-5	62,5 %
	10:50	11	6	-4	36,4 %	3	-7	63,6 %
	10:55	12	8	-2	16,7 %	3	-7	58,3 %
	11:00	4	2	-8	200,0 %	-	-	-
	11:05	8	1	-6	75,0 %	-	-	-
	11:10	6	3	-7	116,7 %	-	-	-
	11:15	9	3	-7	77,8 %	-	-	-
	11:20	12	2	-6	50,0 %	-	-	-
	11:25	5	1	-7	140,0 %	-	-	-
	11:30	12	2	-2	16,7 %	-	-	-
	11:35	10	3	-15	150,0 %	-	-	-
	11:40	5	4	-4	80,0 %	-	-	-
	11:45	9	3	-14	155,6 %	-	-	-
	11:50	7	2	-12	171,4 %	-	-	-
	11:55	9	5	-8	88,9 %	-	-	-
	12:00	12	5	1	8,3 %	-	-	-
	12:05	12	3	-11	91,7 %	-	-	-
	12:10	8	3	-8	100,0 %	-	-	-
	12:15	10	4	-5	50,0 %	-	-	-
	12:20	10	7	1	10,0 %	-	-	-
	12:25	2	2	-6	300,0 %	-	-	-
	12:30	6	3	-9	150,0 %	-	-	-
	12:35	10	2	-10	100,0 %	-	-	-
	12:40	9	6	0	0,0 %	-	-	-
	12:45	5	0	-17	340,0 %	-	-	-
	12:50	8	1	-7	87,5 %	-	-	-
12:55	3	2	-7	233,3 %	-	-	-	
13:00	5	2	-9	180,0 %	-	-	-	
13:05	5	3	1	20,0 %	-	-	-	

29.11.2019	13:10	14	3	-6	42,9 %	-	-	-
	13:15	7	7	-1	14,3 %	-	-	-
	13:20	8	6	-7	87,5 %	-	-	-
	13:25	8	3	-20	250,0 %	-	-	-
	13:30	6	1	-12	200,0 %	-	-	-
	13:35	7	5	-6	85,7 %	-	-	-
	13:40	4	7	-19	475,0 %	-	-	-
	13:45	8	7	-20	250,0 %	-	-	-
	13:50	9	4	-14	155,6 %	-	-	-
	13:55	6	4	-2	33,3 %	-	-	-
	15:00	13	4	-7	53,8 %	-	-	-
	15:05	9	7	-5	55,6 %	-	-	-
	15:10	4	4	-12	300,0 %	-	-	-
	15:15	7	2	-13	185,7 %	-	-	-
	15:20	9	2	-14	155,6 %	-	-	-
	15:25	9	4	-7	77,8 %	-	-	-
	15:30	6	4	-5	83,3 %	-	-	-
	15:35	7	2	-5	71,4 %	-	-	-
	15:40	11	3	-9	81,8 %	-	-	-
	15:45	8	6	-3	37,5 %	-	-	-
	15:50	8	10	-2	25,0 %	-	-	-
	15:55	5	2	-11	220,0 %	-	-	-
	16:00	11	8	-13	118,2 %	-	-	-
	16:05	13	6	-5	38,5 %	-	-	-
	16:10	3	5	-9	300,0 %	-	-	-
	16:15	8	1	-14	175,0 %	-	-	-
	16:20	7	3	-12	171,4 %	-	-	-
	16:25	5	2	-8	160,0 %	-	-	-
	16:30	5	1	-11	220,0 %	-	-	-
	16:35	7	5	-8	114,3 %	-	-	-
	16:40	4	3	-9	225,0 %	-	-	-
	16:45	10	2	-7	70,0 %	-	-	-
16:50	6	6	-5	83,3 %	-	-	-	
16:55	6	0	-17	283,3 %	-	-	-	

10.7 Anhang: Kreuztabellen (χ^2 -Test) Messstandorte – Messgeräte

Tabelle 78: Kreuztabelle 1 Messstandorte - Messgeräte stadtauswärts

stadtauswärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR	Summe
Messstandort 1	7,7	5,6	13,3
Messstandort 2	14,5	2,8	17,3
Messstandort 3	13,9	30,6	44,5
Messstandort 4	15,8	30,4	46,2
Messstandort 5	35,4	12,9	48,3
Messstandort 6	30,1	10,9	41
Summe	117,4	93,2	210,6

Tabelle 79: Kreuztabelle 2 Messstandorte - Messgeräte stadtauswärts

stadtauswärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR	Summe
Messstandort 1	7,41415005	5,88584995	13,3
Messstandort 2	9,64396961	7,65603039	17,3
Messstandort 3	24,8067426	19,6932574	44,5
Messstandort 4	25,754416	20,445584	46,2
Messstandort 5	26,9250712	21,3749288	48,3
Messstandort 6	22,8556505	18,1443495	41
Summe	117,4	93,2	210,6

Tabelle 80: Kreuztabelle 3 Messstandorte - Messgeräte stadtauswärts

stadtauswärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR
Messstandort 1	0,01102084	0,01388248
Messstandort 2	2,44515818	3,08005976
Messstandort 3	4,79535087	6,04049563
Messstandort 4	3,84751093	4,84654274
Messstandort 5	2,66756649	3,36021787
Messstandort 6	2,29617614	2,89239355
Summe		36,2963755

Tabelle 81: Kreuztabelle 1 Messstandorte - Messgeräte stadteinwärts

stadteinwärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR	Summe
Messstandort 1	6,4	6,8	13,2
Messstandort 2	24,9	7,3	32,2
Messstandort 3	5,5	5,6	11,1
Messstandort 4	41	32,4	73,4
Messstandort 5	40,8	16,7	57,5
Messstandort 6	26,6	17,1	43,7
Summe	145,2	85,9	231,1

Tabelle 82: Kreuztabelle 2 Messstandorte - Messgeräte stadteinwärts

stadteinwärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR	Summe
Messstandort 1	8,29355257	4,90644743	13,2
Messstandort 2	20,2312419	11,9687581	32,2
Messstandort 3	6,97412376	4,12587624	11,1
Messstandort 4	46,1171787	27,2828213	73,4
Messstandort 5	36,1272177	21,3727823	57,5
Messstandort 6	27,4566854	16,2433146	43,7
Summe	145,2	85,9	231,1

Tabelle 83: Kreuztabelle 3 Messstandorte - Messgeräte stadteinwärts

stadteinwärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR
Messstandort 1	0,43232877	0,73078157
Messstandort 2	1,07740802	1,82118329
Messstandort 3	0,31158622	0,5266859
Messstandort 4	0,56780399	0,95978043
Messstandort 5	0,60438905	1,02162154
Messstandort 6	0,02672973	0,04518227
Summe		8,12548079

10.8 Anhang: Kreuztabellen (χ^2 -Test) 2 Richtungen + FußgängerInnen – Messgeräte

Tabelle 84: Kreuztabelle 1 2Richtungen+FußgängerInnen - Messgeräte stadtauswärts

stadtauswärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR	Summe
Messtandort 1	7,7	5,6	13,3
Messtandort 5	30,4	19,4	49,8
Summe	38,1	25	63,1

Tabelle 85: Kreuztabelle 2 2Richtungen+FußgängerInnen - Messgeräte stadtauswärts

stadtauswärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR	Summe
Messtandort 1	8,03058637	5,26941363	13,3
Messtandort 2	30,0694136	19,7305864	49,8
Summe	38,1	25	63,1

Tabelle 86: Kreuztabelle 3 2Richtungen+FußgängerInnen - Messgeräte stadtauswärts

stadtauswärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR
Messtandort 1	0,01360889	0,02073994
Messtandort 2	0,0036345	0,00553898
Summe		0,04352232

Tabelle 87: Kreuztabelle 1 2Richtungen+FußgängerInnen - Messgeräte stadteinwärts

stadteinwärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR	Summe
Messtandort 1	6,4	6,8	13,2
Messtandort 5	7,8	20,8	28,6
Summe	14,2	27,6	41,8

Tabelle 88: Kreuztabelle 2 2Richtungen+FußgängerInnen - Messgeräte stadteinwärts

stadteinwärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR	Summe
Messtandort 1	4,48421053	8,71578947	13,2
Messtandort 2	9,71578947	18,8842105	28,6
Summe	14,2	27,6	41,8

Tabelle 89: Kreuztabelle 3 2Richtungen+FußgängerInnen - Messgeräte stadteinwärts

stadteinwärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR
Messtandort 1	0,81848283	0,42110348
Messtandort 2	0,3777613	0,19435545
Summe		1,81170307

10.9 Anhang: Kreuztabellen (χ^2 -Test) Mischverkehr – Messgeräte

Tabelle 90: Kreuztabelle 1 Mischverkehr - Messgeräte stadtauswärts

stadtauswärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR	Summe
Messstandort 4	15,8	30,4	46,2
Messstandort 6	30,1	10,9	41
Summe	45,9	41,3	87,2

Tabelle 93: Kreuztabelle 1 Mischverkehr - Messgeräte stadteinwärts

stadteinwärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR	Summe
Messstandort 4	41	32,4	73,4
Messstandort 6	26,6	17,1	43,7
Summe	67,6	49,5	117,1

Tabelle 91: Kreuztabelle 2 Mischverkehr - Messgeräte stadtauswärts

stadtauswärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR	Summe
Messstandort 1	24,318578	21,881422	46,2
Messstandort 2	21,581422	19,418578	41
Summe	45,9	41,3	87,2

Tabelle 94: Kreuztabelle 2 Mischverkehr - Messgeräte stadteinwärts

stadteinwärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR	Summe
Messstandort 1	42,3726729	31,0273271	73,4
Messstandort 2	25,2273271	18,4726729	43,7
Summe	67,6	49,5	117,1

Tabelle 92: Kreuztabelle 3 Mischverkehr - Messgeräte stadtauswärts

stadtauswärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR
Messstandort 1	2,98398084	3,31633706
Messstandort 2	3,36243695	3,73694567
Summe		13,3997005

Tabelle 95: Kreuztabelle 3 Mischverkehr - Messgeräte stadteinwärts

stadteinwärts	Sierzega SR4 (TU Graz)	DataCollect SDR
Messstandort 1	0,04446807	0,06072811
Messstandort 2	0,07469008	0,10200099
Summe		0,28188725