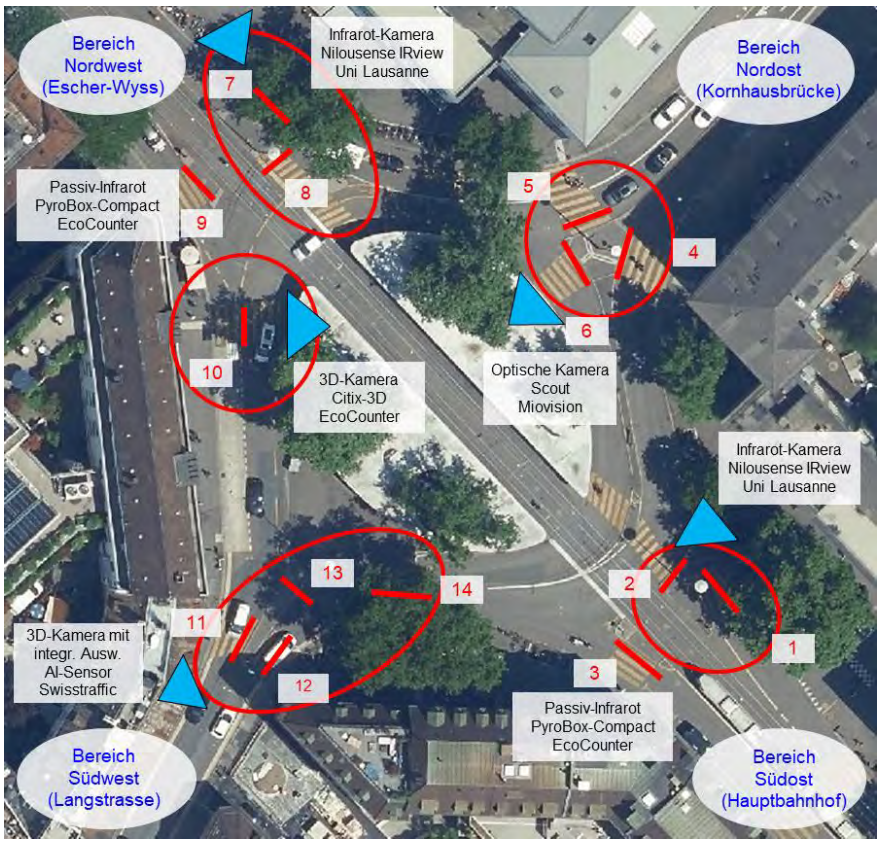
Stadt Zürich, Dienstabteilung Verkehr

Zählung des Fussverkehrs an Fussgängerstreifen am Beispiel Limmatplatz

Vergleich von unterschiedlichen Erhebungstechnologien



Schlussbericht

Verfasser: Daniel Sauter, Urban Mobility Research, Zürich
Dominik Bucheli, Fussverkehr Schweiz, Zürich

Zürich, November 2020

Piloterhebung im Rahmen des Forschungsprojektes SVI 2017/009
Empfehlungen zur Zählung des Fussverkehrs

Pestalozzi & Stäheli Umwelt Mobilität Verkehr

Fussverkehr Schweiz
Mobilité piétonne Suisse
Mobilità pedonale Svizzera

Daniel Sauter
Urban Mobility Research

Impressum

Titel:	Zählung des Fussverkehrs an Fussgängerstreifen am Beispiel Limmatplatz. Vergleich von unterschiedlichen Erhebungstechnologien. Piloterhebung im Rahmen des SVI-Forschungsprojekts 2017/009 „Empfehlungen zur Zählung des Fussverkehrs“
Auftraggeber:	Dienstabteilung Verkehr der Stadt Zürich
Autoren:	Daniel Sauter, Urban Mobility Research, Zürich, daniel.sauter@urban-mobility.ch Dominik Bucheli, Fussverkehr Schweiz, Zürich, dominik.bucheli@fussverkehr.ch
Fotos:	Wo nichts anderes vermerkt: Daniel Sauter, Urban Mobility Research
Fachliche und technische Unterstützung:	Wernher Bruck, Dienstabteilung Verkehr der Stadt Zürich

Copyright ©: Urban Mobility Research und Stadt Zürich, November 2020

Inhaltsverzeichnis

1. Projektbeschrieb ... 4
1.1 Ausgangslage ... 4
1.2 Ziel des Projekts ... 4
2. Durchführung der Piloterhebung am Limmatplatz, Zürich ... 5
2.1 Eingesetzte Technologien und Geräte ... 5
2.2 Standorte und Installation der einzelnen Technologien und Zählgeräte ... 7
2.3 Dauer der Zählung und Wetter ... 12
3. Genauigkeit der Geräte – Kontrollzählungen und Kalibrierung ... 13
3.1 Erhebungen und Kontrollzählungen/Kalibrierung – Genauigkeit der Geräte ... 13
3.1 Infrarot-Kamera Nilousense IRview der Universität Lausanne ... 14
3.2 Passiv-Infrarot-Sensor: PyroBox-Compact von EcoCounter ... 17
3.3 Optische Kamera: Scout von Miovision ... 19
3.4 3D-Kamera: Citix-3D von EcoCounter ... 26
3.5 3D-Kamera mit integrierter Auswertung: AI-Sensor von Swisstraffic ... 27
4. Ergebnisse – Fussverkehrsaufkommen am Limmatplatz ... 30
4.1 Das Fussverkehrsaufkommen nach Bereichen ... 30
4.2 Das Fussverkehrsaufkommen am Limmatplatz insgesamt ... 46
4.3 Vergleich des Fussverkehrsaufkommens mit anderen Verkehrsmitteln ... 53
5. Beurteilung der eingesetzten Technologien ... 58
5.1 Infrarot-Kamera: Nilousense IRview der Universität Lausanne ... 58
5.2 Passiv-Infrarot-Sensor: PyroBox-Compact von Eco-Counter ... 59
5.3 Optische Kamera: Scout von Miovision ... 61
5.4 3D-Kamera: Citix-3D von Eco-Counter ... 63
5.5 3D-Kamera mit integrierter Auswertung: AI-Sensor von Swisstraffic ... 65
5.6 Zusammenfassender Vergleich der verschiedenen Systeme ... 66
6. Schlussbemerkungen ... 68
6.1 Eignung der einzelnen Technologien und Zählgeräte ... 68
6.2 Empfehlung an die Stadt Zürich und alle an, die an Fussgängerstreifen-Zählungen interessiert sind ... 68
7. Anhang ... 70
7.1 Tagesaufkommen über alle Erhebungstage nach Zählquerschnitt ... 70
7.2 Tagesganglinien nach Querschnitten und Richtung am Samstag und Sonntag ... 72
7.3 Passagiere des öffentlichen Verkehrs ... 76
7.4 Projektbeschrieb der Forschung ... 77

1. Projektbeschrieb

1.1 Ausgangslage

Zurzeit fehlen schweizweit zuverlässige Angaben über geeignete Technologien zur automatischen Erfassung des Fussverkehrs, insbesondere in komplexeren Umgebungen. Mit dem SVI-Forschungsprojekt 2017/009 „Empfehlungen zur Zählung des Fussverkehrs“ werden Grundlagen und Empfehlungen zur Durchführung von solchen automatischen Fussgängerzählungen erarbeitet (siehe Projektbeschrieb im Anhang). Hierzu werden in Zusammenarbeit mit verschiedenen Städten, Gemeinden und Kantonen Tests mit unterschiedlichen Technologien vorgenommen, um deren Eignung (Vor- und Nachteile) sowie die Einsatzbedingungen zu prüfen.

Zurzeit erfasst die Stadt Zürich an einzelnen Fussgängerstreifen mit Mittelinsel die Frequenzen mit einem pyroelektrischen Sensor. Zusammen mit der Dienstabteilung Verkehr der Stadt Zürich wurden deshalb in diesem Pilotprojekt neben dem bereits eingesetzten System vier weitere Technologien am Limmatplatz getestet, um die Zahl der Personen zu erfassen welche die dortigen Fussgängerstreifen überqueren.

1.2 Ziel des Projekts

Langfristig besteht das Ziel der Stadt Zürich darin, die Frequenzen an allen Fussgängerstreifen mit möglichst geringfügigem Aufwand zu erheben. Die Daten sollen zudem im Hause ausgewertet werden können. Ideal wäre es, wenn mittel- bis langfristig Hochrechnungsfaktoren aus kurzzeitigen Zählungen abgeleitet werden können.

Die Fussgängerfrequenzen sind eine wesentliche Grundlage für die Anlage eines Fussgängerstreifens. Neben der Norm, die Minimalfrequenzen verlangt, stellt sich in der Praxis auch die Frage, ob es jeweils eine Schutzinsel braucht und ob das Querungsbedürfnis punktuell oder flächig ist. Interessant wäre auch zu wissen, ob sich an bestimmten Orten spezifische Ganglinien ergeben und wie diese aussehen. Die Frage, wie sich an Fussgängerstreifen auf einfache Art und Weise die Frequenzen automatisch erheben lassen, wird schweizweit häufig gestellt und ist deshalb von allgemeinem Interesse. Neben der Eignung der jeweiligen Technologien werden zudem Kennwerte zu Kosten, Aufwand und Datenmanagement erfasst.

Abbildung 1: Die Situation mit den zahlreichen Fussgängerstreifen am Limmatplatz

Quelle Luftbild: Stadtplan Stadt Zürich (https://www.maps.stadt-zuerich.ch/zueriplan3)

2. Durchführung der Piloterhebung am Limmatplatz, Zürich

2.1 Eingesetzte Technologien und Geräte

Im Pilotprojekt am Limmatplatz wurde an 14 Zählquerschnitten mit insgesamt 7 Geräten gezählt. Dabei kamen 5 verschiedene Zähltechnologien zum Einsatz. Diese werden im Folgenden kurz dargestellt. Eine ausführlichere Beschreibung der Technologien befindet sich im Hauptbericht des SVI-Forschungsprojekts 2017/009 „Empfehlungen zur Zählung des Fussverkehrs“. Eine Übersicht mit einem Vergleich der in der vorliegenden Erhebung am Limmatplatz verwendeten Geräte findet sich im Kapitel 5.6.

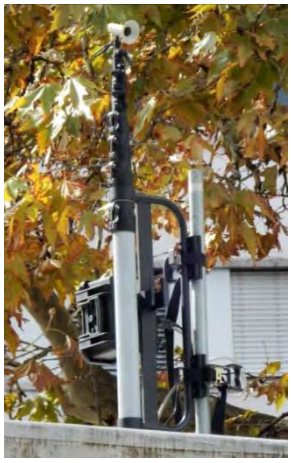
2.1.1 Infrarot-Kamera: Nilousense IRview der Universität Lausanne

Die Wärmebildkamera der Universität Lausanne funktioniert ähnlich wie eine normale Videokamera. Im Gegensatz zu einer Videokamera zeichnet die Infrarotkamera keine Bilder im für das Auge sichtbaren Lichtspektrum auf, sondern sie erstellt ein Video von Wärmeunterschieden in der Umgebung. Die aufgezeichneten Bilder werden danach mittels Algorithmen durch den Anbieter ausgewertet. Dank Infrarot ist man nicht von den Lichtverhältnissen abhängig und Personen sind nicht identifizierbar. Infrarotkameras haben die Vorteile der optischen Kameras, ohne die Probleme mit der Beleuchtung oder dem Datenschutz. Die Reichweite der Kamera beträgt rund 12 Meter. Während der Erhebung muss in regelmässigen Abständen (je nach Verkehrsaufkommen) die Batterie und die Speicherkarte ausgetauscht werden. Das in der vorliegenden Untersuchung verwendete Produkt ist noch ein Prototyp. Sowohl Gerät wie Software werden zurzeit weiterentwickelt.

2.1.2 Passiv-Infrarot- Sensor: PyroBox-Compact von EcoCounter

Die Pyrobox der Firma EcoCounter basiert auf passiver Infrarot-Technologie. Dabei erfassen wärmeempfindliche Sensoren jede Person, die am Gerät vorbeikommt. Das Gerät deckt Distanzen zwischen 4 und 15 Metern ab und misst richtungsgetrennt. Die Technologie ist datenschutztechnisch unproblematisch. Die Boxen speisen sich aus Batterien, die rund 2 Jahre halten. Die Daten werden über Nacht via Mobilfunknetz an einen Server von EcoCounter in Frankreich übermittelt. Von dort kann man sie herunterladen oder aufbereitet anschauen. Das Gerät hat den Vorteil, dass es schnell montiert ist. Allerdings muss es so aufgehängt werden, dass im Hintergrund kein Motorfahrzeugverkehr miterfasst wird.

2.1.3 Optische Kamera: Scout von Miovision

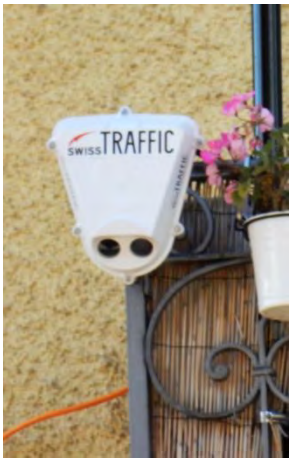


Das Zählgerät „Scout“ der Firma Miovision besteht aus einem Teleskopmast mit einer Videokamera, einem Kontrollmodul mit dem SD-Speicher und der Elektronik sowie einem Akku-Paket. Der Teleskopmast ist auf bis zu 6 Meter ausziehbar, die Kamera weist einen Sichtwinkel von 120 Grad auf und die SD-Karte fasst 32 GB. Dies reicht für Aufnahmen bei einer hohen Kompressionsrate für rund 6 Tage, bei einer niedrigen Kompressionsrate sind es 48 bis 72 Stunden. Das für den mobilen Einsatz konzipierte Gerät kann von den Anwendern selber installiert werden. Die Videoaufnahmen werden anschliessend auf die Website von Miovision hinaufgeladen und dort nach Kriterien, die der Anwender definiert, analysiert. Das eingesetzte Gerät wurde von der Stadt Luzern zur Verfügung gestellt.

2.1.4 3D-Kamera: Citix-3D von EcoCounter

Das System Citix-3D arbeitet mit einer dreidimensionalen Sensor-Technologie, die im Infrarotbereich arbeitet und einen Analyse-Algorithmus enthält. Zu Prüfzwecken kann ein optisches Kamerabild angeschaut werden. Dieses wird durch eine Wärmebildkamera ergänzt. Deshalb funktioniert das Gerät im Gegensatz zu einer normalen Kamera auch in völliger Dunkelheit oder unter widrigen Wetterbedingungen. Durch die Echtzeitverarbeitung werden keine Bilder aufgezeichnet, was datenschutzrechtlich wichtig ist. Im System ist zwar auch ein „Verfolgungs"-Algorithmus („Tracking") enthalten, der jedoch noch nicht auswertbar ist. Für Zählungen des Fussverkehrs kann das Gerät mit einer Installationshöhe von 6 Metern maximal einen Bereich von 12 Metern abdecken. Das Gerät ist relativ schwer (19.5 kg) und benötigt einen Stromanschluss.

2.1.5 3D-Kamera mit integrierter Auswertung: AI-Sensor von Swisstraffic

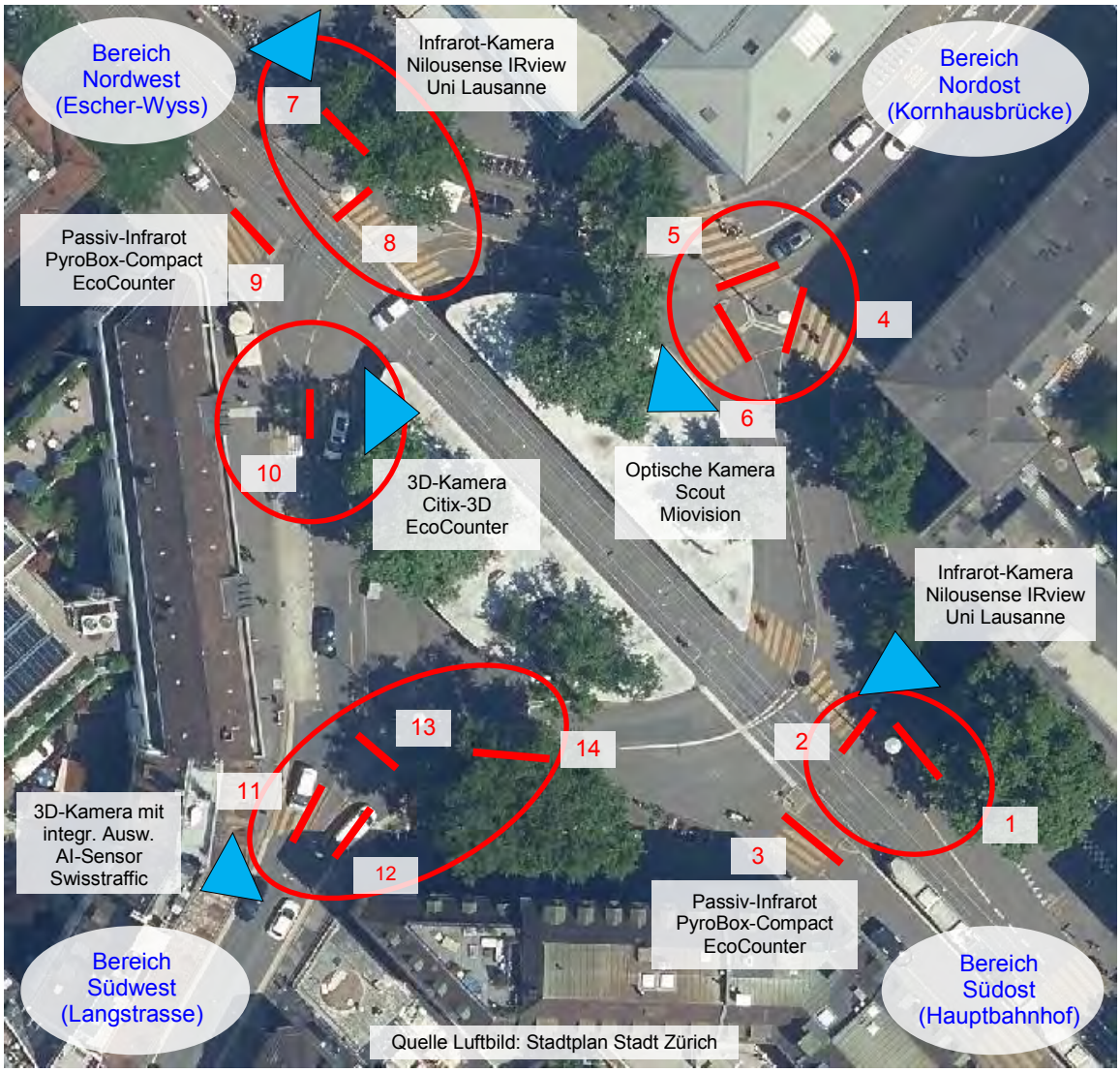


Beim AI-Sensor handelt es sich um eine Kamera, bei der die Auswertungssoftware („Artificial Intelligence") direkt im Gerät integriert ist. Dies erlaubt eine Auswertung vor Ort in Echtzeit. Es werden entsprechend keine Bilder, sondern nur die ausgewerteten Daten gespeichert und übertragen. Deshalb bietet der Sensor datenschutztechnisch keine Probleme. Neben den Zählungen lassen sich Ziel-Quell-Matrizen darstellen. Als Erfassungsdistanz werden 30 Meter angegeben. In der realen Erhebung am Limmatplatz waren es allerdings weniger. Der Sensor braucht eine Stromzufuhr, kann aber auch mit einem Akku ausgestattet werden, der rund 6-10 Tage halten soll.

2.2 Standorte und Installation der einzelnen Technologien und Zählgeräte

Zur Abdeckung der 14 Zählquerschnitte wurden 7 Geräte mit 5 verschiedenen Technologien eingesetzt. Die Installation erfolgte am Donnerstag und Freitag, 19. und 20. September 2019.

Abbildung 2: Erhebung Limmatplatz: Übersicht über Standorte der Zählgeräte und Zählquerschnitte



Legende: Zählquerschnitt | 1 Querschnitt-Nr. | Standort Erfassungsgerät

2.2.1 Infrarot-Kamera: Nilousense IRview der Universität Lausanne: Zählquerschnitte 1 & 2 sowie 7 & 8

Von den Infrarot-Kameras der Universität Lausanne kamen zwei Geräte zum Einsatz, um insgesamt 4 Zählquerschnitte abzudecken. Das eine Gerät wurde an den Querschnitten 1 und 2 auf der östlichen Seite des Limmatplatzes in der Nähe der Poststelle und das andere auf der westlichen Seite vor der Migros an den Zählquerschnitten 7 und 8 installiert. Beides Mal ging es darum, die Querungen Richtung Mittelinsel sowie von dort Richtung Tramhaltestelle zu messen.

Die Installation wurde vom Anbieter selber mit Unterstützung von Mitarbeitern des Werkhofs der Dienstabteilung Verkehr vorgenommen welche auch die weiteren Installationen unterstützt haben. Das Gerät wurde auf rund 3 Meter Höhe an einer verlängerten Stange festgemacht, welche wiederum an einem bereits bestehenden Pfosten befestigt wurde. Dazu war nur eine Stehleiter erforderlich. Auf Seiten Migros bestand bereits eine verlängerte Stange, die als Halter für ein Signal dient. Die Installation dauerte pro Standort rund 20 Minuten. Der SD-Speicher und die Batterien mussten nach 6 Tagen ausgewechselt werden.

Die Kamera registriert neben den Zufussgehenden auch weitere Verkehrsteilnehmende wie Velofahrende, Motorfahrzeuge etc. Es wurden allerdings keine entsprechenden Auswertungen vorgenommen.

Abbildung 3: Zählquerschnitte 1 & 2: Erhebung mit Infrarot-Kamera Nilousense IRview der Uni Lausanne

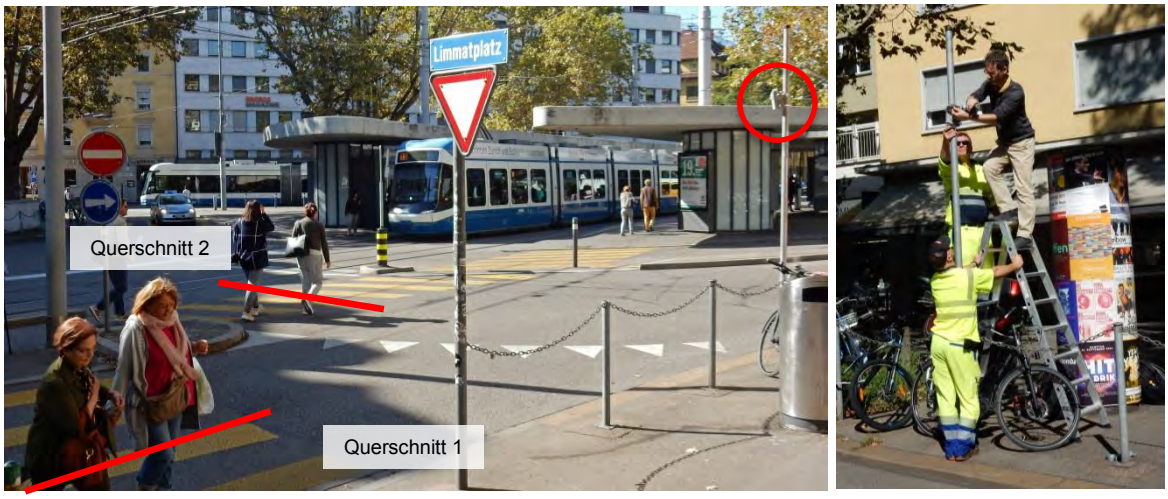


Abbildung 4: Zählquerschnitte 7 & 8: Erhebung mit Infrarot-Kamera Nilousense IRview der Uni Lausanne

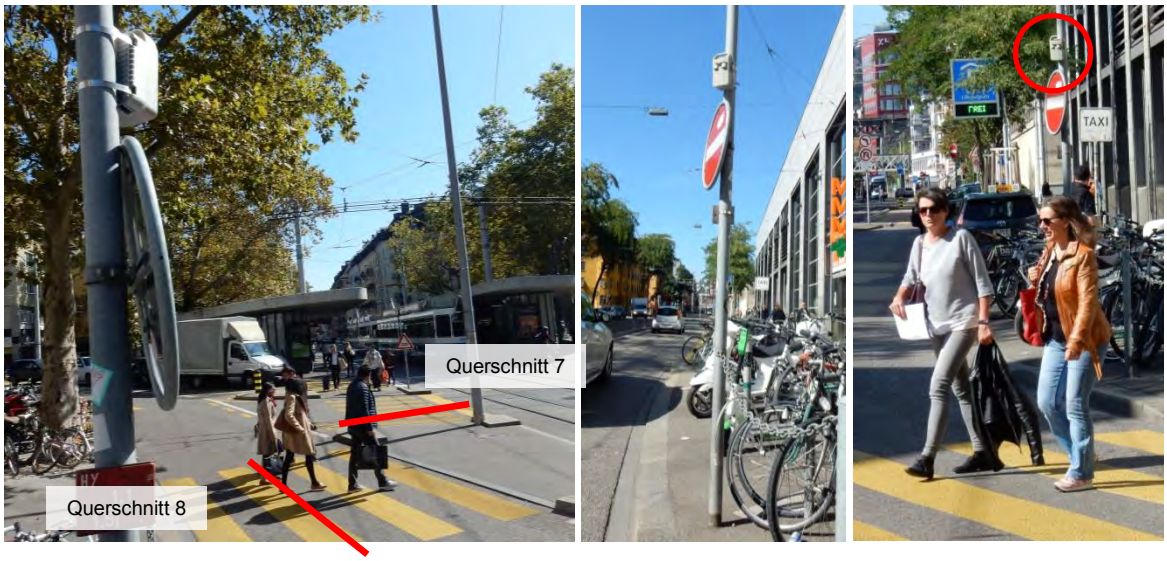


Abbildung 5: Thermische Bilder der Infrarot-Kamera Nilousense IRview der Uni Lausanne[1].

Quelle Bilder: Universität Lausanne, Christian Kaiser

[1] Es sind 14bit-Bilder welche die Informationen auf zwei Farbkanäle verteilt haben mit einem dritten Farbkanal, der die Resultate eines Konturen-Filters enthält. Deshalb ergibt sich ab und zu auch ein blauer Rand um die Objekte. Die obigen Bilder wurden für eine bessere Betrachtung leicht bearbeitet.

2.2.2 Passiv-Infrarot-Sensor: PyroBox-Compact von EcoCounter: Zählquerschnitte 3 & 9

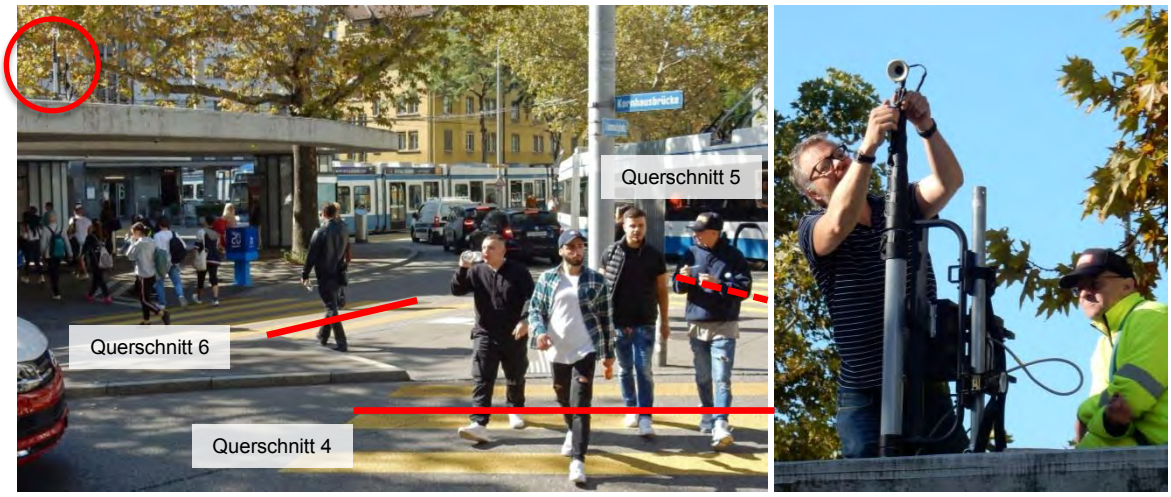
Auch von den Pyroboxen wurden zwei Geräte installiert, welche der Dienstabteilung Verkehr der Stadt Zürich gehören. Sie wurden bei den Querschnitten 3 und 9 auf der östlichen und westlichen Seite jeweils auf der Mittelinsel montiert, und zwar in Fortsetzung des Fussgängerstreifens von der Post bzw. der Migros Richtung Langstrasse. Die Geräte wurden auf einer Höhe von rund 80 bis 90 Zentimeter platziert und so eingestellt, dass der hinter der Mittelinsel zirkulierende Motorfahrzeugverkehr nicht mitgezählt wird. Die Justierung fand vor Ort statt. Die Installation dauerte ca. 20 Minuten pro Gerät.

Abbildung 6: Zählquerschnitte 3 (links) und 9 (rechts): Erhebung mit der Pyrobox von EcoCounter

2.2.3 Optische Kamera: Scout von Miovision: Zählquerschnitte 4, 5 und 6

Die Videokamera Scout von Miovision wurde dem Projekt von der Stadt Luzern zur Verfügung gestellt. Damit wurden die Zählquerschnitte 4 bis 6 auf der nördlichen Seite des Limmatplatzes gezählt. Es handelt sich dabei um einen dreiteiligen Zebrastreifen, der sternförmig über eine Mittelinsel verläuft. Die Kamera wurde auf dem Dach der Tramhaltestelle installiert, was sehr aufwändig war. Dazu war ein spezieller Hebelift notwendig, um eine Betonplatte zur Befestigung der Anlage aufs Dach zu bringen. Vorsicht war geboten, um jederzeit genügend Abstand zu den Fahrdrähten der Trams zu haben. Nicht zuletzt musste eine separate Stromversorgung aufs Dach gelegt werden, was dank der Unterstützung der Verkehrsbetriebe der Stadt Zürich möglich war. Aufgrund der beschränkten Speicherkapazitäten musste zudem während der Erhebungszeit zwei weitere Male aufs Dach gestiegen werden, um die SD-Karte auszuwechseln. Die reine Geräteinstallation dauerte rund eine Stunde. Dabei nicht eingerechnet sind die aufwändigen Vorbereitungsarbeiten (Organisation und Aufstellen des Hebelifts, die Bewilligung VBZ, Stromversorgung, etc.).

Abbildung 7: Zählquerschnitte 4-6: Erhebung mit der optischen Kamera Scout von Miovision



Die Kamera zeichnet das ganze Verkehrsgeschehen auf und entsprechend lässt sich auch das Aufkommen der anderen Verkehrsteilnehmenden auswerten.

Abbildung 8: Videoaufnahmen aus Sicht der Miovision-Kamera bei unterschiedlichen äusseren Bedingungen (siehe dazu auch Abbildung 21 in Kapitel 3.3.3)

Quelle Bilder: Videokamera Miovision (eigene Aufnahmen)

2.2.4 3D-Kamera: Citix-3D von EcoCounter: Zählquerschnitt 10

Die Citix-3D-Kamera von EcoCounter wurde ebenfalls auf dem Dach der Tramhaltestelle installiert, und zwar auf dem südwestlichen Teil von wo aus der Zählquerschnitt 10 beobachtet werden konnte. Es handelt sich dabei um den Fussgängerstreifen, der von der Tram- zur Bushaltestelle der Linie 32 führt. Wie bei der Installation auf dem anderen Tramhaltestellendach, musste auch hier mit einem speziellen Hebelift gearbeitet werden, da das Gerät selber fast 20 Kilogramm wiegt und ein Betonsockel zur Sicherung hinaufgehoben werden mussten. Zudem war auch hier das Legen einer separaten Stromleitung notwendig, denn das Gerät braucht eine dauerhafte Stromversorgung. Mit telefonischer Unterstützung durch den Anbieter wurden die Kamera und die Zähllinien justiert. Insgesamt dauerte die Installation und Justierung vor Ort etwas mehr als eine Stunde. Dazu kamen noch die verschiedenen Vorbereitungsarbeiten (Organisation und Aufstellen Hebelift, Bewilligung VBZ, Stromversorgung, etc.), welche zahlreiche weitere Stunden benötigten.

Abbildung 9: Zählquerschnitt 10: Erhebung mit der Citix-3D-Kamera von EcoCounter

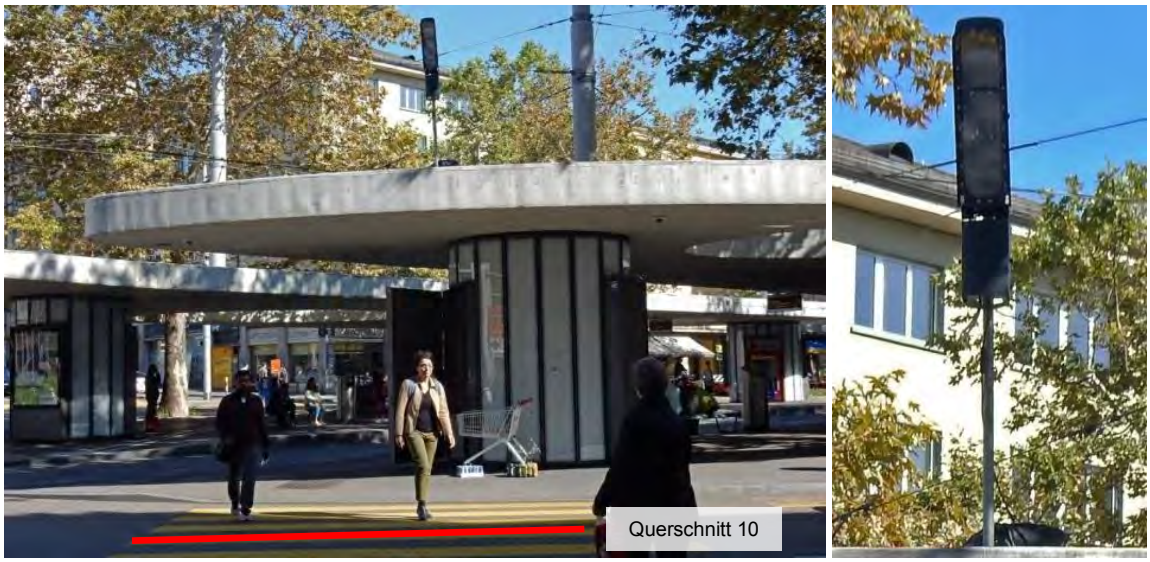
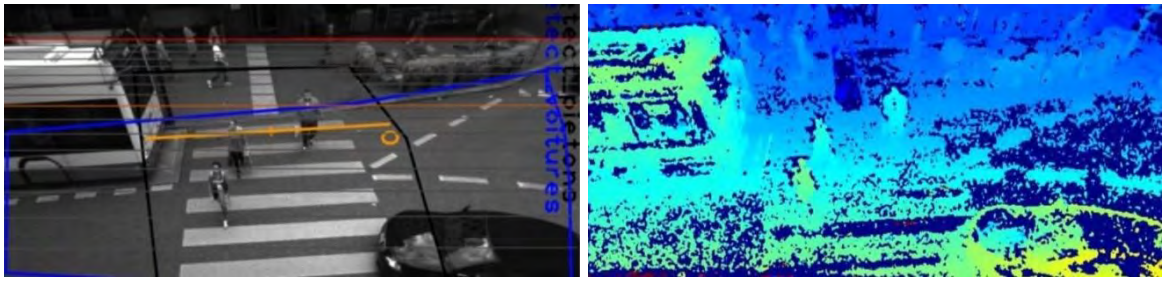


Abbildung 10: Citix-3D: Optisches Kamerabild zu Prüfzwecken (links) sowie das datenschutzrechtlich unproblematische Wärmebild (Infrarot) (rechts)



Quelle: EcoCounter; Livebilder

2.2.5 3D-Kamera mit integrierter Auswertung: AI-Sensor von Swisstraffic: Zählquerschnitte 11, 12, 13 und 14

Der AI-Sensor von Swisstraffic wurde durch den Anbieter selber installiert. Neben dem AI-Gerät kam zu Kontrollzwecken auch eine optische Kamera zum Einsatz. Mit den Geräten konnten die Querschnitte 11 bis 14 gezählt werden, wobei für den Querschnitt 14 auf die Kamerabilder zurückgegriffen werden musste und deshalb nur für einige Tage Daten vorhanden sind. Das Zählgerät auf dem Balkon in ca. 7-8 Metern Höhe war aufgrund der ähnlich aussehenden Blumentöpfe gut getarnt. An diesem Standort war die Installation dank der Unterstützung der BewohnerInnen problemlos möglich und auch der Zugang zur Stromversorgung war gewährleistet.

Abbildung 11: Zählquerschnitte 11-14: Erhebung mit dem AI-Sensor von Swisstraffic (nicht abgebildet ist der Querschnitt 14)

Mit dem AI-Sensor lassen sich neben den Zufussgehenden auch alle übrigen Verkehrsteilnehmenden zählen. Die Anbieterfirma hat eine Auswertung des Motorfahrzeugverkehrs und der Velos mit den Ergebnissen zu den FussgängerInnen mitgeliefert. Die Resultate werden in Kapitel 4.3.2 dargestellt.

Abbildung 12: Sichtfeld aus der Perspektive des Zählgeräts vom Balkon des Hauses am Limmatplatz

Quelle: my.SWISSTRAFFIC, SWISSTRAFFIC AG

2.3 Dauer der Zählung und Wetter

Die Zählungen am Limmatplatz dauerten zwei Wochen, vom Samstag, 21. September bis Freitag, 4. Oktober 2019. Sie endeten kurz vor dem Beginn der Schulherbstferien und fielen in eine Zeit ohne grössere Veranstaltungen in der Umgebung.

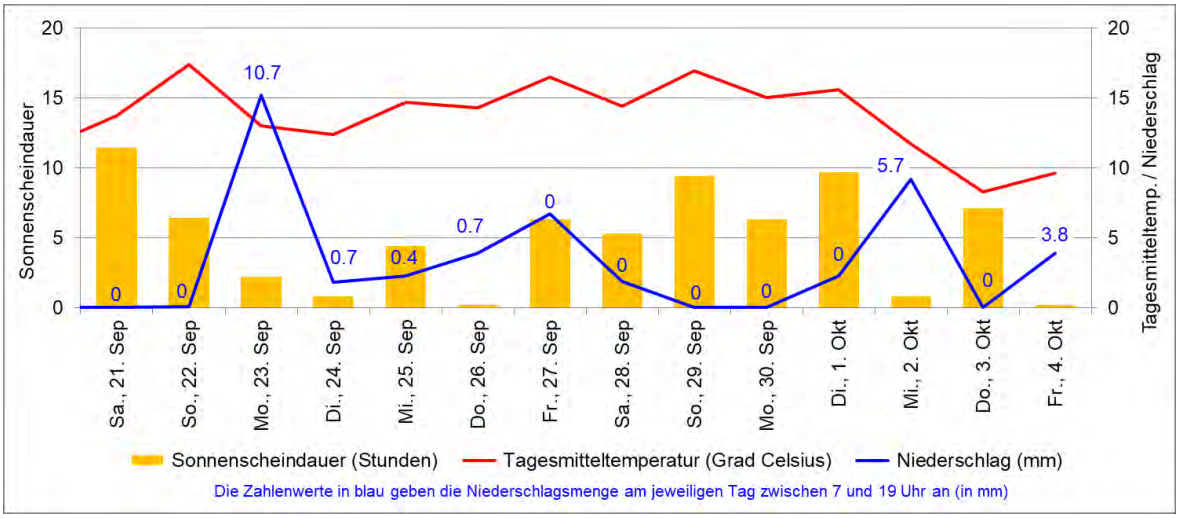
Verschiedene Zählgeräte wurden bereits am Freitag, 20. September aufgebaut, eines musste aus logistischen Gründen bereits im Verlauf des Nachmittags, 4. Oktober wieder abgebaut werden. Die Daten der beiden Freitage wurden an dieser Zählstelle kombiniert. Für die Auswertungen wurden ansonsten die Zeit von Samstag, 21. September bis Freitag, 4 Oktober gewählt.

Das Wetter war durchzogen mit einer häufigen Mischung aus Sonne und Wolken sowie Niederschlag. Am Morgen gab es zum Teil Nebel oder hochnebelartige Bewölkung. Fast jeden Tag gab es mindestens ein paar Minuten Sonnenschein. Uneingeschränkt sonnig war es nur zu Beginn der Zählung am Samstag, 21. September. Ebenfalls relativ schönes Wetter mit etwas mehr Sonne gab es vom Sonntag, 29. September bis Dienstag, 1. Oktober.

In der ganzen Erhebungszeit regnete es an 9 von 14 Zähltagen, an 3 dieser 9 Tage fiel der Regen allerdings nur nachts. So zeigen die Wetterdaten vom Freitag, 27. September zum Beispiel, dass es insgesamt 6.7 mm Niederschlag gab, zwischen 7 und 19 Uhr aber kein Regen fiel. Am Montag, 23. September gab es am meisten Niederschlag.

Die Temperaturen bewegten sich den grössten Teil der Zeit um die 15 Grad Celsius, erst ab Mittwoch, 2. Oktober fielen sie darunter.

Abbildung 13: Wetterkennwerte während der Erhebungszeit



In Kapitel 4.2.2 wird geprüft, ob das Wetter einen Einfluss auf das Fussverkehrsaufkommen am Limmatplatz hatte und falls ja, wie stark dieser war.

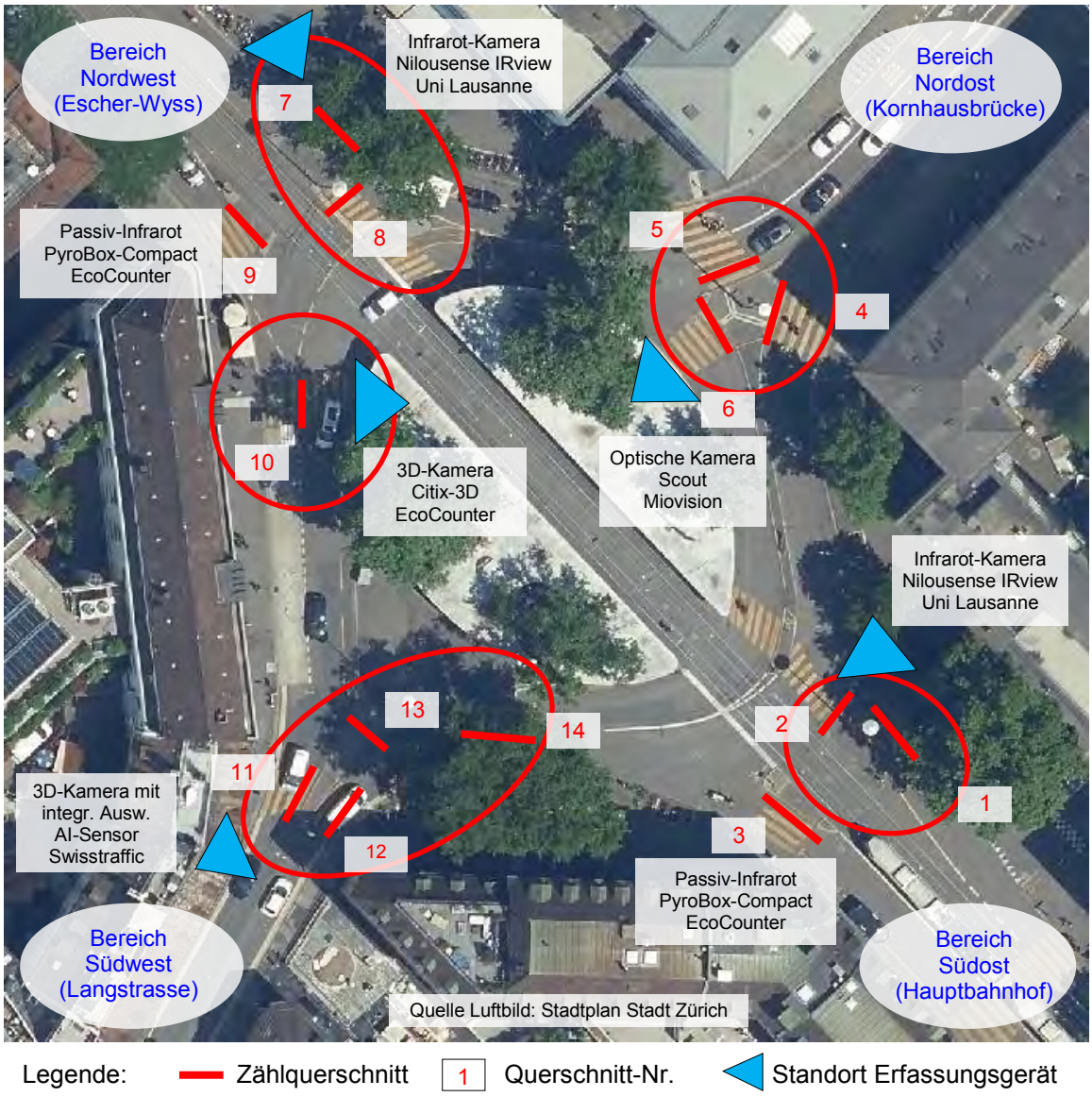
3. Genauigkeit der Geräte – Kontrollzählungen und Kalibrierung

3.1 Erhebungen und Kontrollzählungen/Kalibrierung – Genauigkeit der Geräte

Am Mittwoch 25. September 2019 fanden zwischen 13.00 Uhr und 18.45 Uhr je Zählquerschnitt vier halbstündige Kontrollzählzungen statt. Damit liegen mit einer Ausnahme jeweils 2 Stunden manuelle Kontrollzählungen für jeden Querschnitt vor. Die Ausnahme betrifft den Zählquerschnitt 12, bei dem eine Zählung fehlt. Ziel der Kontrollzählung war es, Zeiten mit eher niedrigen, mittleren und hohen Frequenzen abzudecken, um allfällige Abweichungen der Zählgenauigkeit abschätzen zu können. Anzumerken ist, dass auch manuelle Zählungen, v.a. bei hohem Aufkommen fehlerbehaftet sind, und sie deshalb hier nur als Richtwerte und nicht als „absolute Wahrheit“ betrachtet werden müssen.

Die Zählgenauigkeit wird im Folgenden nach Technologie und für die Zählquerschnitte einzeln dargestellt. Zuerst wird eine Einschätzung der Genauigkeit angegeben, am Schluss auch eine solche zur Zuverlässigkeit des Geräts. Zur besseren Orientierung wird im Folgenden nochmals die Übersicht mit den Zählquerschnitten eingeblendet.

Abbildung 14: Erhebung Limmatplatz: Übersicht über Standorte der Zählgeräte und Zählquerschnitte



Legende: Zählquerschnitt 1 Querschnitt-Nr. Standort Erfassungsgerät

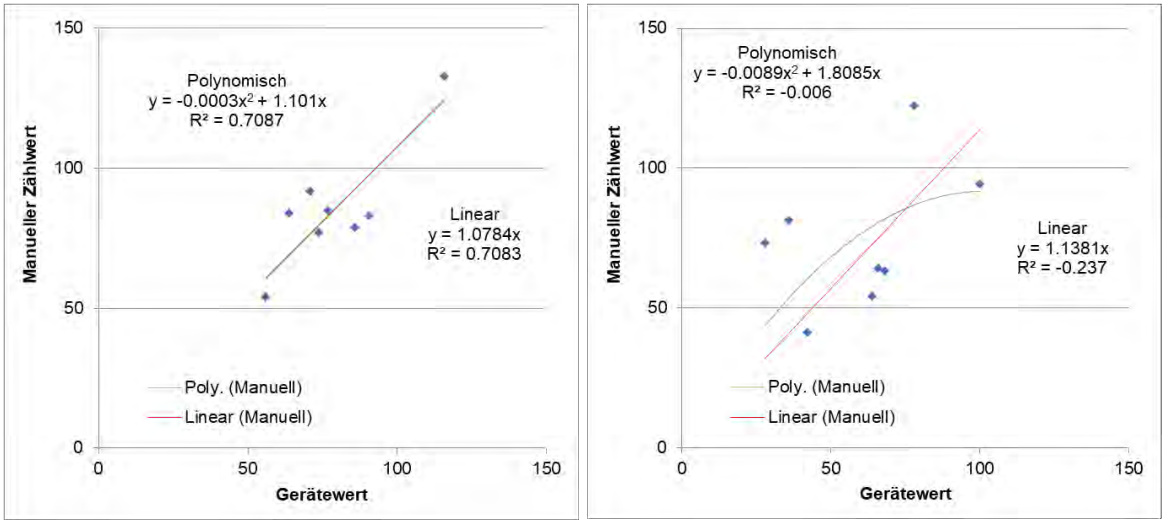
3.1 Infrarot-Kamera Nilousense IRview der Universität Lausanne

3.1.1 Genauigkeit des Geräts: gemessen an den Querschnitten 1 & 2 sowie 7 & 8

Zählquerschnitte 1 und 2

Der Vergleich von Gerätezählung und manueller Erhebung zeigt am Querschnitt 1 eine relativ geringe Unterzählung von -8% und am Querschnitt 2 eine solche von -14%. An beiden Querschnitten ist allerdings die Streuung der Werte recht gross, sowohl im Total wie in Bezug auf die einzelnen Richtungen. Am Querschnitt 1 liegt die Streuung für einzelne Viertelstunden zwischen -24% und +10%, am Querschnitt 2 zwischen -62% und +19%. Entsprechend tief fällt auch das Mass für die erklärte Varianz[2] aus: R^2 = 0.7083 bzw. -0.2370.

Abbildung 15: Statistische Kennwerte des Vergleichs von manueller Zählung und Gerätezählung (Infrarot-Kamera): linke Darstellung: Zählquerschnitt 1, rechts: Zählquerschnitt 2



Am Querschnitt 1 beträgt die Abweichung in Richtung Caffetteria/Post -16% (R^2 = 0.1876), in Richtung Mittelinsel jedoch nur -1%, wobei auch hier die Streuung und damit das R^2 mit 0.6756 relativ tief ist. Das bedeutet, dass für die zweistündige Kontrollzählung insgesamt die Differenz zwar nicht allzu gross ist, die Werte pro Viertelstunde aber sehr stark variieren. Trotz dieser Unwägbarkeiten wird in Richtung Caffetteria/Post ein linearer Kalibrierungsfaktor von 1.16 angewandt, in die Gegenrichtung wird auf eine Korrektur verzichtet.

Am Querschnitt 2 ergibt sich ein ähnlich uneinheitliches Bild: In Richtung Tramhaltestelle ergibt sich über die zwei Stunden Kontrollzählung nur eine minimale Unterzählung von -2%. Die Streuung ist allerdings sehr gross, was sich in einem R^2 von 0.0274 niederschlägt. Damit lässt sich die Varianz praktisch nicht erklären. In Richtung Mittelinsel (Hauptbahnhof) ergibt sich eine Abweichung von -30% und einer erklärten Varianz von -0.575. Hier wird nur für die Richtung Mittelinsel (Hauptbahnhof) ein Korrekturfaktor angewandt und zwar von 1.3.

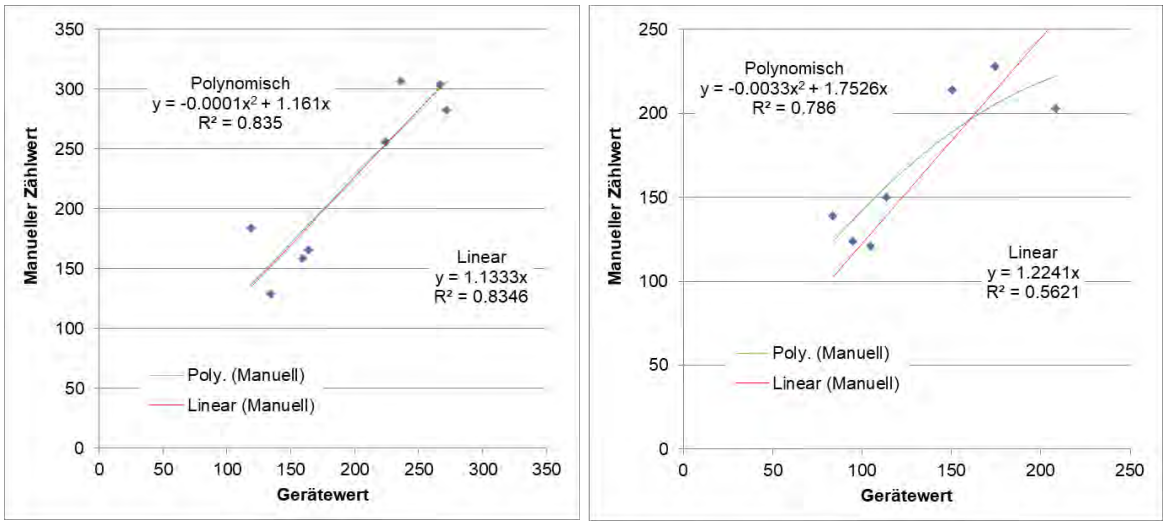
Nicht korrigiert werden die Daten für jene Personen, die neben dem Fussgängerstreifen durchgehen, da nicht bekannt ist, wer hier genau erfasst wurde oder auch nicht. Am Querschnitt 1 beträgt der Anteil dieser Personen gemäss manueller Zählung 7%, am Querschnitt 2 sind es 5%.

[2] Wie gut die manuelle und die automatische Zählung übereinstimmen wird geprüft, indem alle Werte in einem Streudiagramm dargestellt werden. Durch die entstehende Punktewolke wird eine Linie gelegt, welche den Zusammenhang bestmöglich abbildet. Diese Linie wird normalerweise als linearer oder polynomischer Zusammenhang (Regressionstyp) dargestellt. Das R^2 ist ein Gütemass zur Beschreibung des jeweiligen Zusammenhangs. Sein Wert liegt immer zwischen 0 (=0%, d.h. kein Zusammenhang) und 1 (=100%, d.h. grösstmöglicher Zusammenhang). Je höher also der Wert, desto grösser und konsistenter ist der Zusammenhang zwischen den zwei Variablen. Das R^2 ist dabei der Anteil der Varianz der abhängigen Variablen (hier des Gerätewerts), der durch die unabhängige Variable (hier der manuelle Zählwert) erklärt wird. Deshalb spricht man auch von der erklärten Varianz.

Zählquerschnitte 7 und 8

Bei den Zählquerschnitten 7 und 8 auf der westlichen Seite vor der Migros ergeben sich etwas bessere Werte als auf der anderen Seite des Platzes. Am Querschnitt 7 wurde eine Unterzählung von -13% registriert, bei einer nur geringen Streuung der Werte von R^2 = 0.8346. Am Querschnitt 8 beträgt die Abweichung -22% mit einer kleineren erklärten Varianz von R^2 = 0.5621. Anzumerken ist, dass aufgrund eines Fehlers bei der manuellen Zählung zwischen 18.30 und 18.45 Uhr nur 7 Viertelstundenwerte in den Vergleich eingeflossen sind.

Abbildung 16: Statistische Kennwerte des Vergleichs von manueller Zählung und Gerätezählung (Infrarot-Kamera): linke Darstellung: Zählquerschnitt 7, rechts: Zählquerschnitt 8



Auch auf dieser Seite gibt es Unterschiede je nach Zählrichtung. Am <u>Zählquerschnitt 7</u> beträgt die Abweichung Richtung Mittelinsel -10% (R^2 = 0.6431) und Richtung Migros -16% (R^2 = 07319). Dies bedeutet, dass die Abweichung Richtung Migros zwar etwas grösser ist, aber aufgrund der geringeren Streuung ein höheres R^2 resultiert. Damit lassen sich diese Werte relativ gut hochrechnen. Es werden entsprechend lineare Korrekturfaktoren von 1.1 in Richtung Mittelinsel und 1.16 in Richtung Migros verwendet.

Am <u>Querschnitt 8</u> sind die Differenzen nach Richtung grösser: Die Abweichung Richtung Tramhaltestelle beträgt -5% bei einem R^2 von 0.5382, was bedeutet, dass die Werte in den einzelnen Viertelstunden zwischen -25% und +38% streuen. In Richtung Mittelinsel (Escher-Wyss-Platz/Migros) beträgt die durchschnittliche Unterzählung -38% bei einem R^2 von 0.483. Entsprechend diesen Werten werden die Daten annäherungsweise hochgerechnet: in Richtung Tramhaltestelle mit einem Korrekturfaktor von 1.05 und in Richtung Mittelinsel mit einem solchen von 1.38.

Da auch an diesen beiden Querschnitt nicht klar ist, wer von den Personen, die neben dem Zebrastreifen gequert haben, erfasst worden ist, wird auf eine Korrektur verzichtet. Am Querschnitt 7 ist der Anteil gemäss manueller Zählung mit 13% relativ hoch, am Querschnitt 8 mit 1% relativ gering.

Mögliche Gründe für die Abweichungen

Bei den beiden eingesetzten Geräten handelt es sich um Prototypen. Das heisst, sie befinden sich noch in Entwicklung und entsprechend ist damit zu rechnen, dass noch nicht alles perfekt funktioniert. Interessant ist die Frage, worauf die festgestellten Abweichungen zurückzuführen sein könnten. Vom Anbieter werden grundsätzlich folgende mögliche Gründe erwähnt (E-Mails von Christian Kaiser vom 2.4 und 24.4.2020):

- *„Die Position der Zähllinie und die Richtung haben einen Einfluss. Es ist vor allem bei Zähllinien die nahe am Bildrand sind mit Ausfällen zu rechnen. Es hängt aber auch von der Richtung der gezählten Objekte ab und deren Geschwindigkeit. Bei Objekten, die sich ins Bild hinein bewegen gibt es zum Teil eine zu späte Objekterfassung, womit die Zahlen zu tief ausfallen.*

- *Es gibt eine Art Hintergrundrauschen im Bild, die so viel ich einschätzen kann von relativ geringen Temperaturunterschieden herrührt. Also wenn die Temperaturen alle ungefähr gleich sind, wie bei Nebel oder in der Nacht. Dieses Rauschen verursacht dann einige Fehlerkennungen, die der Tracker nicht ganz filtern kann.*
- *Bei hohem Aufkommen gibt es mehr Überdeckungen, was vor allem bei Objekten die 10 Meter oder mehr weg sind zu Problemen führen kann.*
- *Häufig sind Fehlzählungen auf sich kreuzende oder halb verdeckte Personen zurückzuführen. Es gibt aber auch Situationen wo der Tracker die "Verfolgung" einer Person verliert, auf eine andere Person überspringt und dann wieder zurück. In solchen Fällen kann es zu Mehrfach-Zählungen oder gar keiner Zählung kommen.*

Grundsätzlich sind es also verschiedene Aspekte, die für die Abweichungen verantwortlich sind. Soweit ich sagen kann sind die Abweichungen jedoch unter dem Strich zu verschiedenen Zeiten vermutlich in etwa konstant. Ich werde die Auswertungsalgorithmen auch sicher laufend verbessern, um in jedem Fall für ein gutes Resultat zu sorgen. Die Bedingungen für ein gutes Resultat mit weniger als 5% Fehler sind so weit ich einschätzen kann gegeben.

Die Erfahrungen am Limmatplatz decken sich grösstenteils mit diesen Angaben. Allerdings scheint es schwierig, eine klare Systematik anzugeben. So scheint das Gerät zum Teil auch bei sehr hohem Aufkommen relativ genau zu zählen (z.B. Zählquerschnitt 7 vor der Migros) während es auf der anderen Seite auch bei niedrigen Frequenzen zu deutlichen Fehlzählungen kommt. Zum Teil ist die Unterzählung grösser, wenn sich die Personen von der Kamera wegbewegen (z.B. am Querschnitt 1) und zum Teil grösser, wenn sie dem Sensor entgegengehen (Querschnitte 7 und 8). Am Querschnitt 2 ist die Unterzählung bei Personen, die von rechts kommen und damit aus Kamerasicht relativ spät auftauchen erstaunlicherweise kleiner als in der umgekehrten Richtung.

Relativierend ist zu vermerken, dass aus einer nur 2-stündigen Kontrollzählung in einem so komplexen Umfeld wie es der Limmatplatz darstellt, nur beschränkte verallgemeinerbare Aussagen ableitbar sind. Trotz der relativ grossen Streuung ist das Total über beide Richtungen zusammengezählt gar nicht so schlecht (zwischen -8% und -21%).

3.1.2 Zuverlässigkeit des Geräts

Neben der Erfassungsgenauigkeit ist auch die Zuverlässigkeit des Zählgeräts ein Faktor. Von den 14 Einsatztagen fiel das Zählgerät an den Querschnitten 1 & 2 an zwei vollen Tagen sowie an drei weiteren Tagen während 9 bis 12 Stunden aus. Zudem fehlten an zwei Tagen 3-4 Stunden, die sich jedoch hochrechnen liessen. An den Querschnitten 7 & 8 fiel das Gerät an vier Tagen praktisch vollständig aus und für drei weitere Tage fehlten die Werte für 9 bis 11 Stunden. An einem Tag konnten die fehlenden 4 Stunden aufgrund von anderen Werten hochgerechnet werden. Insgesamt war das Zählgerät also in rund der Hälfte der Zeit von Erfassungslücken betroffen.

Der Anbieter schildert, dass wahrscheinlich durch Wärmeeinfluss die Elektronik jeweils für einige Zeit ausgesetzt hat. Dieses Problem wurde in der Zwischenzweit mit einer neuen Elektronik behoben. Zugleich wurde die Kapazität der SD-Karte auf 512 GB erhöht und die Stromversorgung so angepasst, dass eine externe 12V-Batterie angeschlossen werden kann.

3.2 Passiv-Infrarot-Sensor: PyroBox-Compact von EcoCounter

3.2.1 Genauigkeit des Geräts: gemessen an den Querschnitten 3 und 9

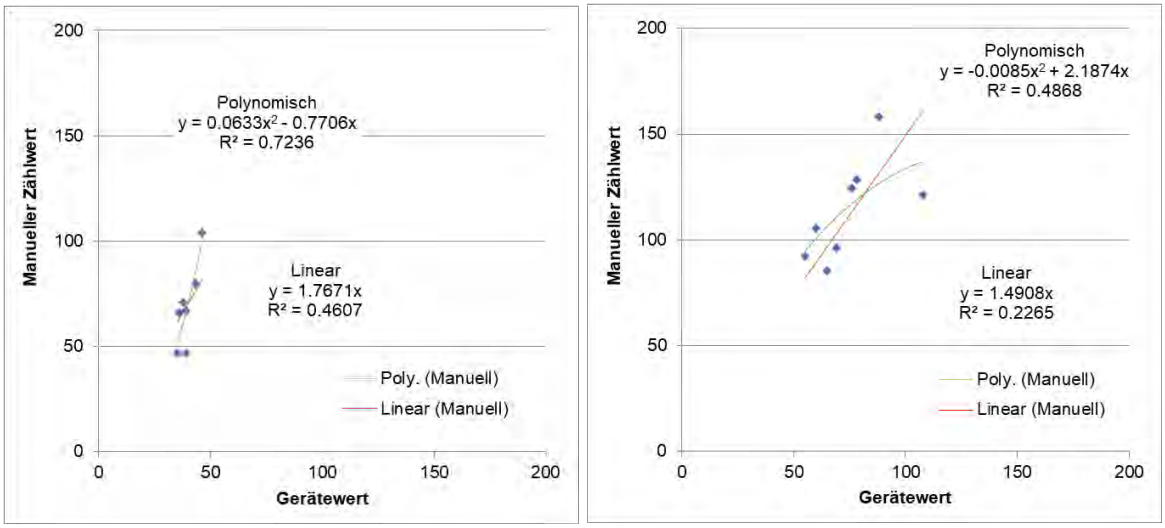
Im Rahmen der Kontrollzählungen wurden die einstellbaren Reichweiten an beiden Geräten kontrolliert und justiert. Bis dahin waren die Sensoren auf eine nur kurze Reichweite eingestellt gewesen. Es zeigte sich, dass die mittleren bis grösseren Reichweiten bessere Resultate ergaben, zugleich aber weiterhin gewährleistet war, dass keine vorbeifahrenden Motorfahrzeuge erfasst wurden. Einzig auf der westlichen Seite wurden zum Teil Busse mitgezählt. Da deren Anzahl aber im Verhältnis zu den Zufussgehenden sehr gering ist, sind keine zusätzlichen Korrekturen notwendig. Die Einstellungen wurden nach der Kontrollzählung und der entsprechenden Justierung auf den grösseren Reichweiten belassen.

Das Gerät kann nicht zwischen Zufussgehenden, Velofahrenden, (Elektro-)Trottinetts oder Personen im Rollstuhl unterscheiden. In den Vergleich der manuellen Zählung mit den Gerätewerten werden deshalb alle Personen welche den Fussgängerstreifen gequert haben, mitgezählt. Der Anteil der Nicht-Zufussgehenden beträgt an den beiden Querschnitten zwischen 6% und 8%.

Weil das Gerät horizontal montiert ist, kommt es systembedingt zu einer Überdeckung, wenn zwei oder mehr Personen nebeneinander gehen bzw. sich genau vor dem Gerät kreuzen. Dadurch entsteht eine Unterzählung. Sie ist umso grösser, je mehr FussgängerInnen sich an einem Querschnitt vorbeibewegen. Beim Einkaufs- und Pendlerverkehr, wo die Menschen häufig allein unterwegs sind, nehmen Überdeckungen nicht linear zu, sondern erst ab einer gewissen Personendichte[3]. Deshalb wird neben der linearen auch die polynomische Funktion bei der Auswertung in Betracht gezogen, da damit – also mit einer Kurve anstelle einer geraden Linie – die spezielle Konstellation der zunehmenden Überdeckung möglicherweise besser berücksichtigt werden kann.

Neben der systematischen Unterschätzung gibt es an den gezählten Querschnitten das Phänomen, dass die FussgängerInnen teilweise wegen durchfahrender Trams warten müssen. Deshalb erfasst das Gerät nicht immer alle Personen. Dieser Fehler ist weniger systematisch als die oben genannte Unterzählung, da auch die Richtung der Gehenden unklar ist. Entsprechend ergibt sich eine höhere Varianz als allein durch die Überdeckung zu erwarten wäre.

Abbildung 17: Statistische Kennwerte des Vergleichs von manueller Zählung und Gerätezählung (Pyro-Sensor): linke Darstellung: Zählquerschnitt 3, rechts: Zählquerschnitt 9



Am Querschnitt 3 auf der südöstlichen Seite des Limmatplatzes beträgt die Unterzählung -43%, in Richtung Pizzeria sind es -32% und in Richtung Mittelinsel -50%. Die Kennwerte gemäss Abbildung 17 link ergibt dagegen eine Gesamtabweichung von -77%. Dies könnte dadurch erklärbar sein, dass die lineare Funktion nicht die geeignete Repräsentation der Daten darstellt (siehe Erläuterung oben

[3] Im Freizeitverkehr gehen Personen häufig zu zweit oder in Gruppen nebeneinander. Sie tun dies auch bei geringem Aufkommen, weshalb sich bereits auf diese Art einen gewisser Anteil an Überdeckungen ergibt.

zur zunehmenden Überdichtung bei höherer Personendichte). Die erklärte Varianz ist entsprechend auch deutlich grösser und plausibler, wenn die polynomische Funktion berücksichtigt wird: das R^2 beträgt in diesem Fall 0.7236 gegenüber 0.4607 linear; in Richtung Pizzeria 0.3696 (linear 0.2097) und in Richtung Mittelinsel 0.8393 (linear 0.7702).

Am Querschnitt 9 ergibt sich insgesamt eine Abweichung von -34%. In Richtung Migros ist die Unterzählung mit -47% grösser als in Richtung Bushaltestelle/D-Vino mit -25%. Wiederum zeigt sich eine Differenz zwischen linearer und polynomischer Darstellung. Gemäss linearer Darstellung in Abbildung 17 oben rechts beträgt die Unterzählung -49% bei einer relativ hohen Streuung von R^2 = 0.2265. Gemäss der polynomischen Funktion hingegen liegt das R^2 bei 0.4868. Dieses ist zwar immer noch tief, erscheint aber plausibler. Die grosse Streuung der Viertelstundenwerte ist vor allem auf den Übergang Richtung Migros zurückzuführen. Hier beträgt das polynomische R^2 gerade mal -0.091. Besser ist es in Richtung Bushaltestelle/D-Vino mit 0.4181.

Die Erkenntnis aus den Darstellungen ist, dass beim eingesetzten Infrarot-Sensor längere Kontrollzählungen angebracht gewesen wären, um die Aussagekraft der Daten zu verbessern.

Trotz der schwierigen Ausgangslage wird für beide Zählquerschnitte jeweils pro Richtung ein Korrekturfaktor angewandt. Dabei werden diejenigen Personen, die den Fussgängerstreifen mit dem Velo überquert haben und vom Zählgerät ebenfalls mitgezählt worden sind, nicht berücksichtigt. Da der Anteil der Personen, die neben den beiden Fussgängerstreifen durchgegangen sind mit rund 1% vernachlässigbar klein ist, werden keine weiteren Korrekturen vorgenommen. Am Querschnitt 3 beträgt der Korrekturfaktor in Richtung Pizzeria 1.28 und in Richtung Mittelinsel 1.47. Am Querschnitt 9 sind es in Richtung Bushaltestelle / D-Vino 1.20 und in Richtung Mittelinsel 1.41.

3.2.2 Zuverlässigkeit des Geräts

Die Zuverlässigkeit der beiden eingesetzten Geräte war sehr hoch. Es gab keinerlei Probleme oder Datenausfälle während der zweiwöchigen Erhebungszeit.

3.3 Optische Kamera: Scout von Miovision

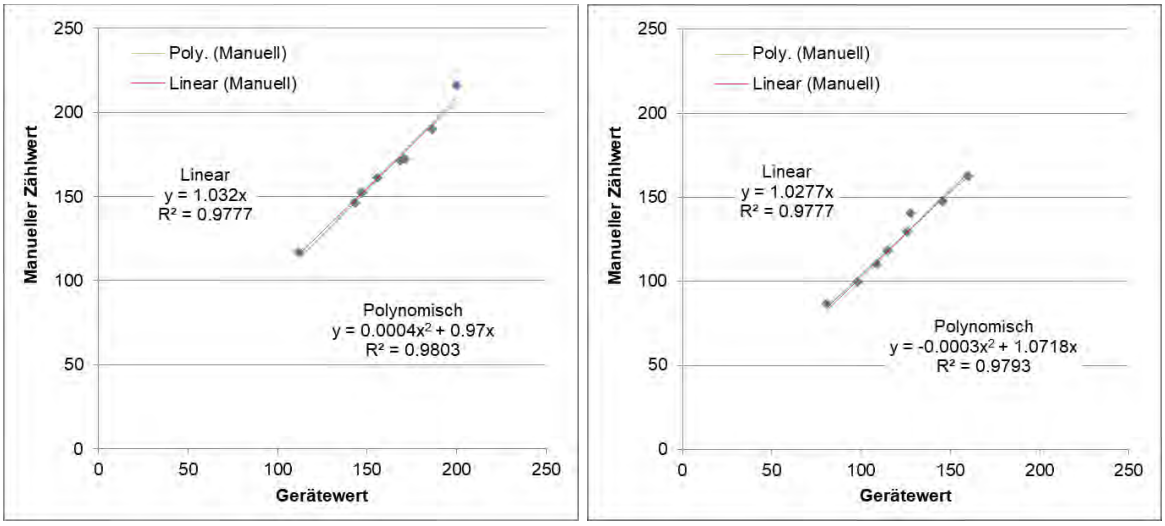
3.3.1 Genauigkeit des Geräts: gemessen an den Querschnitten 4, 5 und 6

Die Kontrollzählungen für die Querschnitte 4 bis 6 wurden anhand der Videobilder vorgenommen. Dabei wurden die gleichen Zeiten wie an den anderen Zählquerschnitten ausgewertet, also 8-mal jeweils eine ¼-Stunde, d.h. insgesamt 2 Stunden am Mittwochnachmittag, 25. September 2019. Die automatische Auswertung erfolgte durch Miovision. Zusätzlich wurde auch die Auswertungsplattform Datafromsky getestet. Die Funktionsweise und Auswertemöglichkeiten der beiden Anbieter werden unten separat geschildert und die Resultate miteinander verglichen.

Die Auswertungen der Kameraaufnahmen ergeben auch bei einer hohen Kompressionsrate der Bilder und damit einer eher niedrigen Bildqualität ein sehr genaues Resultat. An allen drei Zählquerschnitten beträgt die Abweichung der Gerätezählung von der Zählung ab Video nur -3%. Angesichts der Tatsache, dass auch eine Zählung ab Video fehlerbehaftet ist und die Realität sich nie immer ganz eindeutig zeigt (Menschen kehren z.B. mitten auf dem Zebrastreifen um), ist dieses Resultat ausgezeichnet. In kurzen Tests wurde die Zuverlässigkeit auch bei anderen Bedingungen geprüft – bei Regen, starken Kontrasten von Licht und Schatten, Lichtreflektionen bei Regen in der Nacht etc. – und es ergaben sich ebenfalls sehr gute Auswertungsresultate (siehe unten). Die Firma Miovision schreibt, dass neben dem Auswertungsalgorithmus rund 12% der Auswertungen manuell überprüft werden. Ob die Qualität dank dieser Zusatzkontrolle und der allfälligen Justierung so hoch ist, bleibt unbekannt. Für die Auswertungen und Analysen ist das jedenfalls eine sehr gute Ausgangslage. Im Folgenden werden die Zählquerschnitte im Einzelnen kurz dargestellt:

Am Querschnitt 4 auf Seite der Bushaltestelle (also dem Fussgängerstreifen, der die Mittelinsel mit der Haltestelle der Linie 32 verbindet) beträgt die Abweichung zwischen Gerätezählung und der Erhebung ab Video nur -3.2%, das R^2 liegt bei hohen 0.9777. Das heisst, die Abweichungen zwischen den Zählungen sind in allen kontrollgezählten Viertelstunden sehr gering. Auch zwischen den Richtungen liegen nur geringe Differenzen: In Richtung Mittelinsel beträgt sie -4.0% (R^2 = 0.9711) und in Richtung Bushaltestelle -2.1% (R^2 = 0.9909). Obwohl eine Kalibrierung bei einer so hohen Genauigkeit nicht notwendig wäre, werden der Einheitlichkeit halber die Werte mit den Faktoren 1.04 und 1.02 multipliziert.

Abbildung 18: Statistische Kennwerte des Vergleichs von Geräte-Zählung (Scout Miovision) und Zählung ab Video: Darstellung links: Zählquerschnitt 4 (Seite Bushaltestelle), rechts: Zählquerschnitt 5 (Seite Migros)



Am Querschnitt 5 auf Seite Migros (also dem Fussgängerstreifen, der von der Mittelinsel zum Hauptsitz der Migros führt bzw. umgekehrt) beträgt die Abweichung zwischen Gerätezählung und Erhebung ab Video -2.8%, das R^2 liegt ebenfalls bei 0.9777. Die Streuung der Werte über die Zähldauer ist also äusserst gering. In Richtung Mittelinsel beträgt die Differenz gar nur -1.6% (R^2 = 0.9879) und in Richtung Migros liegt sie bei -4.2% (R^2 = 0.9671). Obwohl eine Kalibrierung bei einer so hohen Genauigkeit auch hier nicht notwendig wäre, werden der Einheitlichkeit halber die Werte mit den Faktoren 1.01 bzw. 1.04 multipliziert.

Der Querschnitt 6 auf Seite Tramhaltestelle (also dem Fussgängerstreifen, der zwischen Mittelinsel und Tramhaltestelle liegt), weist bei einem sehr hohen R^2 von 0.9953 eine Gesamtabweichung von -3.4% auf. Auch die Streuungen nach Richtung sind sehr gering und erstaunlich ausgeglichen: die Abweichungen betragen in Richtung Mittelinsel -3.2% (R^2 = 0.9934) und in Richtung Tramhaltestelle -3.0% (R^2 = 0.9729). Es wird ein Korrekturfaktor von jeweils 1.03% angewendet, auch wenn die hohe Genauigkeit der Auswertung dies nicht verlangen würde.

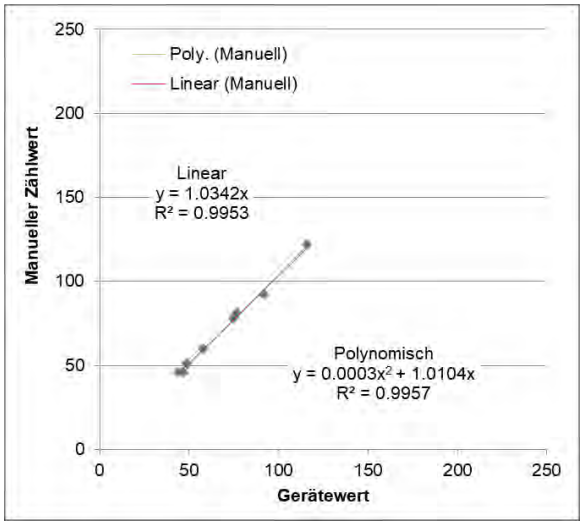


Abbildung 19: Statistische Kennwerte des Vergleichs von Geräte-Zählung (Scout Miovision) und Zählung ab Video: Zählquerschnitt 6 (Seite Tramhaltestelle)

Neben der Prüfung der Gerätegenauigkeit sind für eine möglichst genaue Abschätzung des „wahren“ Aufkommens grundsätzlich auch jene Personen zu berücksichtigen, die neben dem Fussgängerstreifen die Strasse überqueren oder auf andere Art nicht durch das Zählgerät erfasst werden. Bei einer Erhebung mit Video lässt sich dies relativ gut feststellen. Allerdings ist die Zahl der Personen, die an den Querschnitten 4, 5 und 6 neben dem Streifen queren sehr gering. Am ehesten kommt dies vor bei den Verbindungen Migros-Tramhaltestelle sowie von der Tram- zur Bushaltestelle. Angesichts der insgesamt relativ geringen Anzahl Personen, wurde auf eine Korrektur verzichtet. Nicht berücksichtigt in der Zählung sind auch jene Personen, die auf halbem Weg wieder umgekehrt sind oder länger auf der Mittelinsel verweilt haben (z.B. um sich zu orientieren oder etwas auf dem Mobiltelefon zu schreiben). Ihre Zahl ist sehr gering.

Bei den Videoaufnahmen ist auch aufgefallen, dass sich zahlreiche Velofahrende über die Mittelinsel und die drei Fussgängerstreifen bewegen. Vor allem am Abend sind ist deren Zahl relativ hoch, was dann z.T. zu Konflikten mit den Zufussgehenden führt. Eine Konfliktanalyse war nicht das Ziel dieser Erhebung und deshalb wird hier nicht näher darauf eingegangen. Die Velos wurden von der Auswertungssoftware nicht gezählt und auch nicht in den Vergleich mit den Zählungen ab Video einbezogen. Hier sind einzig Zufussgehende abgebildet.

3.3.2 Zuverlässigkeit des Geräts

Das Gerät hat die ganze Erhebungszeit über einwandfrei funktioniert und auch die Auswertungen wurden ohne Probleme in guter Qualität geliefert.

3.3.3 Vergleich der Auswertungsplattformen Miovision und Datafromsky

Charakteristika der beiden Plattformen

Neben der Hauptauswertung der Daten durch die Auswertungsplattform von Miovision (https://miovision.com) wurde zusätzlich die Plattform „Datafromsky“ (https://datafromsky.com) getestet. Die Vorgehensweisen bei der Analyse und der Darstellung der Daten unterscheidet sich zwischen den beiden Plattformen. Im Folgenden werden die wichtigsten Punkte kurz erwähnt:

- Bei **Miovision** müssen die Zähllinien zu Beginn definiert und eine bestimmte Art von Auswertung ausgewählt werden. Für den Limmatplatz war dies z.B. eine so genannte „Junction-Analyse“. Damit konnten alle drei Wegbeziehungen (Fussgängerstreifen-Äste) abgebildet werden. Die Auswertung basiert auf Algorithmen wobei 12% der Auswertungszeit manuell überprüft und gegebenenfalls justiert wird.

  Die Videoqualität wird automatisch analysiert. Im vorliegenden Fall wurde selbst die niedrige Bildqualität mit 5 Sternen bewertet, also der besten Note. Dafür wird eine Genauigkeit von 5% (ab 50 Personen pro Viertelstunde) garantiert.

Die Resultate erhält man in Form von Excel-Tabellen, csv-Files oder pdf-Berichten. Die Excel-Tabellen lassen sich mittels Pivot-Funktion in der gewünschten Form darstellen und auswerten, z.B. die entsprechenden Werte für die Querschnitte bzw. die Gehbeziehungen (Fussgängerströme). Die Auswertungsintervalle können zwischen 1, 5, 10, 15 Minuten und mehr gewählt werden.

- Bei **Datafromsky** wird ein Auswertungsfile bereitgestellt, bei dem man anhand der aufbereiteten Videoaufnahmen nachverfolgen kann, welche Personen wann und wie erkannt und kategorisiert worden sind (siehe Abbildung unten). Man kann zudem Zähllinien sowie Bereiche für die Stromanalyse selber definieren, was eine grosse Flexibilität für die Analyse erlaubt. Die Datenauswertung basiert allein auf Algorithmen ohne manuelle Kontrolle. Von jeder Sequenz lassen sich die jeweils ersten 5 Minuten eines Videos testweise gratis auswerten.

  Auch bei Datafromsky wird die Qualität des Videomaterials automatisch bewertet. Dabei hat die Plattform sowohl die Aufnahmen bei hoher wie bei niedriger Bildqualität als grenzwertig für eine Analyse taxiert. Im Minimum müsse ein Video 20 Bilder pro Sekunde (FPS) und eine Auflösung von 1280x720 Pixel aufweisen, was bei unseren Aufnahmen nicht der Fall sei. Das Video wurde aber trotzdem ausgewertet.

  Die Ergebnisse werden am Schluss als Excel- oder csv-Files ausgegeben. Die Auswertungsintervalle sind frei bestimmbar – von Sekunden bis zu ganzen Tagen.

Abbildung 20: Personen werden bei Datafromsky mit einer Nummer (ID, linkes Bild) und/oder der Art ihrer Verkehrsteilnahme (rechtes Bild) identifiziert (Bildschirmfoto vom 27. September 2019, 13:04 Uhr). Auf dem rechten Bild sind auch die Zähllinien eingezeichnet (grün und rot)

Durchgeführte Analysen und Vergleiche

Um die beiden Auswertungs-Plattformen vergleichen zu können, wurden folgende zwei Analysen durchgeführt:

1) Einfluss der Video-Aufzeichnungsqualität (tiefe bzw. hohe Kompressionsrate der Bilder) und der äusseren Bedingungen (wie z.B. Nacht und Regen) auf die Ergebnisse.
2) Vergleich mit der Kontrollzählung ab Video am 25. September 2019.

<u>Zu 1: Einfluss der Video-Aufzeichnungsqualität und der äusseren Bedingungen</u>

Hierzu wurden einzelne Videosequenzen von 5 Minuten mit hoher und mit niedriger Kompressionsrate bei jeweils anderen äussere Bedingungen analysiert und zwar[4]:

- bei Nacht – bei trockenem Wetter bzw. bei Regen (mit Spiegelungen sowie Leute mit Schirmen)
- bei Tag – bei trockenem Wetter/ausgeglichenem Licht bzw. bei Regen (Leute mit Schirmen)
- bei Tag – mit starken Licht-Schatten-Kontrasten und z.T. mit Gruppen (Mittagszeit)

Basis für den Vergleich bildete eine Kontrollzählung ab Video. Allerdings ist auch diese Datengrundlage nicht fehlerfrei, da Zufussgehende z.T. mitten auf dem Weg umgekehrt oder auf der Mittelinsel stehen geblieben sind. Zudem ist die Basis bei einer nur 5-minütigen Zählung sehr schmal und die Abgrenzung in Einzelfällen schwierig. Es handelt sich also nur um eine Annäherung, bei der sich jedoch durchaus aussagekräftige Resultate ergeben wie untenstehende Tabelle zeigt.

[4] Siehe dazu auch die Bildschirmfotos unten, Abbildung 21.

Tabelle 1: Vergleich der Genauigkeit der Auswertungen von Miovision und Datafromsky bei unterschiedlichen äusseren Bedingungen (jeweils 5 Minuten) im Vergleich zu einer manuellen Auswertung

	Hohe Bild-Kompressionsrate				Niedrige Bild-Kompressionsrate			
Äussere Bedingungen	**Tag & Zeit**	**Mio-vision**	**Data-fromsky**	**N**	**Tag & Zeit**	**Mio-vision**	**Data-fromsky**	**N**
Nacht, trocken	Fr, 20.9. 21:00-21:05 Uhr	0%	-47% (-24%)**	19	Do, 26.9. 20:18-20:23 Uhr	-8%	-31% (-19%)**	13
Nacht, Regen, Spiegelungen, Leute mit Schirmen	Di, 24.9. 20:05-20:10 Uhr	2%	---*	43	Sa, 28.9. 00:02-00:07 Uhr	0%	-74% (-53%)	19
Tag, trocken, ausgeglichenes Licht	Fr, 20.9. 19:00-19:05 Uhr	-4%	-58% (-53%)**	50	Sa, 28.9. 09:02-09:07 Uhr	0%	0% (0%)**	11
Tag mit Regen, Leute mit Schirmen	Fr, 4.10. 11:10-11:15 Uhr	-3%	-73% (-53%)**	33	Kein Tag mit Regen	---	---	---
Tag: starke Licht-Schatten-Kontraste und z.T. mit Gruppen (Mittagszeit)	Fr, 20.9. 12:00-12:05 Uhr	-11%	-98% (-96%)**	112	Fr, 27.9. 13:00-13:05 Uhr	3%	-50% (-36%)**	68
Durchschnitt aller Bedingungen (ohne jeweils fehlende Werte)	Alle: Total 25 bzw. 20 Min.	**-5%**	**-67% (-61%)****	**257** (214)	Alle: Total 20 Min.	**1%**	**-47% (-33%)****	**109**

* Datafromsky hat für diesen Tag (24.9.19) keine vollständigen Daten geliefert

** Messwerte an den einzelnen Querschnitten und der Wegbeziehungen über ganzen Knoten (Ströme), siehe Text

Die Analysen zeigen folgende Ergebnisse:

- Insgesamt sind die Resultate von Miovision sehr genau und deutlich genauer als jene von Datafromsky: Miovision zeigt bei hoher Bild-Kompressionsrate über alle Bedingungen gesehen eine Abweichung von nur -5%, bei niedriger Kompressionsrate eine solche von +1%. Im Gegensatz dazu beträgt die Unterzählung bei Datafromsky bei schlechterer Bildqualität -67%, bei besserer von -47%. Das heisst, dass deutlich weniger als die Hälfte bzw. nur knapp die Hälfte der real sich über die Zebrastreifen bewegenden Personen erkannt worden sind.
- Die oben genannten Angaben beziehen sich auf die Wegbeziehungen insgesamt (Fussgängerströme). Nimmt man nur die Querschnitte als Referenz, so ist das Bild bei Datafromsky leicht besser: die Unterzählung beträgt bei schlechterer Bildqualität -62% und bei hoher -33%. Bei Miovision ergibt sich keine Differenz zwischen den Werten an den Querschnitten und denjenigen der ganzen Wegbeziehung, da eine Person immer über den ganzen Weg mitverfolgt wird. Die Abweichung beträgt also -5% bzw. +1%.
- Betrachtet man die einzelnen äusseren Bedingungen, so zeigt sich, dass Miovision mit praktisch allen Facetten des Wetters und der Dunkelheit gut zurechtkommt – und dies sowohl bei schlechterer wie bei hoher Bildqualität. Die Werte zwischen -4% und +3% sind sehr genau, insbesondere wenn man die nur 5-minütige Vergleichszeit in Betracht zieht.
- Einzig bei starken Licht-Schatten-Kontrasten über Mittag mit zugleich grösseren Gruppen hatte Miovision bei schlechterer Bildqualität etwas Mühe, alle Personen korrekt zu erkennen. Selbst von blossem Auge war auf dem Video manchmal nur schwer zu erkennen, wie viele Personen sich da nebeneinander bewegen, vor allem bei weiter weg liegenden Querungsstellen (z.B. auf Seiten der Bushaltestelle). Unter diesen Umständen ist selbst bei so schwierigen Bedingungen eine korrekte Zuordnung von 89% immer noch sehr gut. Bei hoher Bildqualität resultiert bei gleichen Bedingungen ein guter Wert (+3% Abweichung)[5].
- Datafromsky hat da wesentlich mehr Probleme: der Algorithmus kommt bei schlechterer Bildqualität auf eine Unterzählung von -98% (am Strom) bzw. -96% (am Querschnitt). Das heisst, von 100 Personen wurden nur deren 2 korrekt erkannt. Bei hoher Bildqualität ist die Erkennungsquote mit -50% (Strom) bzw. -36% (Querschnitt) etwas besser.
- Auch bei regnerischen Bedingungen am Tag und bei Nacht hat Datafromsky Probleme: der Algorithmus erkennt drei Viertel der Personen nicht (korrekt), -73% bei schlechterer Bildqualität am Tag und -74% bei hoher Qualität in der Nacht (am Querschnitt sind es jeweils -53%).

[5] Die -8% bei trockenen Bedingungen in der Nacht entsprechen einer Abweichung von einer einzigen Person (nur 12 Personen anstatt 13 gezählt) und sollte deshalb als Prozentwert nicht überbewertet werden.

- Bei Miovision wurden die Velos korrekterweise nicht gezählt, ebenso wenig Kinderwagen. Demgegenüber gibt es bei Datafromsky immer wieder falsche Zuordnungen. Das grössere Problem hier ist aber, dass die Personen häufig entweder gar nicht oder zu spät erkannt werden, häufig wieder „verloren“ gehen und allenfalls auf einem weiteren Wegabschnitt dann nochmals eine neue Identität erhalten (deshalb sind die Querschnittswerte meist auch etwas besser als die Stromwerte).

Abbildung 21: Ausschnitte aus Strassenszenen bei verschiedenen äusseren Bedingungen

Nacht, trocken

Tiefe Auflösung: Fr, 20.9.19, 21:00-21:05 Uhr

Hohe Auflösung: Do, 26.9.19, 20:18-20:23 Uhr

Tag, trocken, ausgeglichenes Licht

Tiefe Auflösung: Mi, 25.9.19, 20:05-20:10 Uhr

Hohe Auflösung: Sa, 28.9.19, 00:02-00:07 Uhr

Nacht und Regen (Spiegelungen, Leute mit Schirmen)

Tiefe Auflösung: Fr, 20.9.19, 19:00-19:05 Uhr

Hohe Auflösung: Sa, 28.9.19, 09:02-09:07 Uhr

Tag mit Regen, Leute mit Schirmen

Tiefe Auflösung: Fr, 4.10.19, 11:10-11:15 Uhr

Hohe Auflösung: Kein Tag mit Regen

Keine Aufnahme eines Regentages
mit hoher Auflösung

Tag: starke Licht-Schatten-Kontraste und z.T. mit Gruppen (Mittagszeit)

Tiefe Auflösung: Fr, 20.9.19, 12:00-12:05 Uhr

Hohe Auflösung: Fr, 27.9.19, 13:00-13:05 Uhr

Zu 2: Vergleich der Kontrollzählung vom Mittwoch, 25. September 2019

Neben den speziellen äusseren Bedingungen wurden die Daten auch für die Zeiten der Kontrollzählung vom 25. September miteinander verglichen. Der Einfachheit halber wurde hier nur die Genauigkeit der Querschnitte und nicht der Wegbeziehungen (Ströme) analysiert. Wie oben gesehen, ist dies für Datafromsky vorteilhafter und genügt vollauf für den Vergleich.

In der folgenden Tabelle werden die einzelnen Viertelstundenwerte dargestellt als Abweichung der Videozählungen von den manuellen Kontrollzählungen ab Video. Das Video selber war in einer tieferen Bildqualität aufgenommen worden.

Tabelle 2: Vergleich der Genauigkeit an den Querschnitten von Miovision und Datafromsky: Zählung vom 25. September 2019 (jeweils 15 Minuten und insgesamt)

	Nach Querschnitten (QS)						**Total**		
	Miovision			**Datafromsky**			**Mio-vision**	**Data-fromsky**	**absolut**
Uhrzeit	QS Bus	QS Tram	QS Migros	QS Bus	QS Tram	QS Migros	**Total**	**Total**	**N**
13.00-13.15	-2%	2%	-1%	-96%	-89%	-87%	-1%	-92%	199
13.15-13.30	-2%	-4%	-3%	-88%	-93%	-78%	-3%	-85%	155
14.30-14.45	-4%	-4%	-6%	-60%	-31%	-58%	-5%	-54%	127
14.45-15.00	-3%	-3%	-2%	-73%	-63%	-66%	-3%	-69%	175
16.00-16.15	-3%	-5%	-1%	-63%	-47%	-57%	-3%	-57%	166
16.15-16.30	-1%	0%	-1%	-76%	-47%	-55%	-1%	-63%	187
17.30-17.45	-7%	-5%	-9%	-63%	-40%	-51%	-7%	-54%	239
17.45-18.00	-1%	-4%	-1%	-70%	-49%	-63%	-2%	-63%	198
Total	**-3%**	**-3%**	**-3%**	**-74%**	**-53%**	**-65%**	**-3%**	**-67%**	**1‘446**

Der Vergleich der beiden Auswertungsinstrumente zeigt, dass die (kontrollierten) Algorithmen von Miovision das wesentlich genauere Resultat liefern als jene von Datafromsky. Dies gilt sowohl insgesamt wie auch für einzelnen Querschnitte und die Viertelstunden-Intervalle.

Die Gesamtgenauigkeit von Miovision beträgt -3% und ist damit sehr hoch. Sie schwankt nur wenig zwischen den einzelnen Viertelstunden und zwischen den Querschnitten. Es lässt sich auf den ersten Blick keine Systematik bei jenen Fällen ableiten, wo die Abweichungen prozentual etwas höher sind. Diese grösseren Abweichungen gibt es sowohl bei höherem wie bei tieferem Aufkommen und an allen drei Querschnitten. Dies kann auch damit zusammenhängen, dass in der Realität zum Teil sehr komplexe Vorgänge von Querungen vorgekommen sind und z.B. für kurze Zeit grosse Lastwagen die Sicht teilweise verdeckt haben.

Bei Datafromsky sind die Differenzen zwischen der automatischen und der manuellen Videoauswertung sehr gross. Am Querschnitt „Bus“, dem optisch am weitest weg liegenden Querschnitt beträgt die durchschnittliche Unterzählung -74%, d.h. nur eine von vier Personen wurde an diesem Querschnitt (korrekt) gezählt. Am nächstgelegenen Querschnitt gleich unterhalb der Kamera beträgt die Genauigkeit -53% und beim Querschnitt Migros -65%. Insgesamt resultiert beim Algorithmus von Datafromsky eine Unterzählung von -67%. In den ersten beiden Viertelstunden (13.00-13.15 und 13.15 bis 13.30) scheint die Ungenauigkeit besonders gross zu sein, in den übrigen Viertelstunden jedoch relativ konstant. Aufgrund dieser relativen Konstanz liessen sich bei homogenen Wetterlagen wie sie am 25. September vorgeherrscht haben für die einzelnen Querschnitte Hochrechnungsfaktoren berechnen. Allerdings stossen solche Faktoren schnell an ihre Grenzen, da die Ungenauigkeit an sich sehr hoch ist.

Fazit der Vergleiche

Eine niedrige Bildqualität des Videos ist bei praktisch allen Bedingungen ausreichend für eine Auswertung mit Miovision. Für Datafromsky müsste unbedingt eine höhere Bildauflösung bzw. ein tieferer Kompressionsfaktor vorliegen.

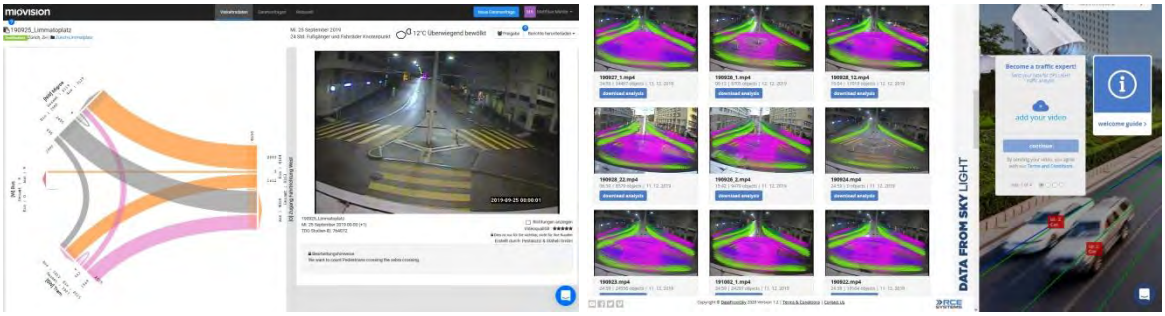
Die Genauigkeit von Miovision ist sehr hoch, selbst unter schwierigen äusseren Bedingungen. Eine Fehlerquote von unter 5% ist für so komplexe Situationen ein sehr gutes Resultat, insbesondere, wenn man neben den Querschnitten die Genauigkeit der gezählten Wegebeziehungen als Referenz nimmt.

Die Algorithmen von Datafromsky lassen beim Fussverkehr viel zu wünschen übrig. Die Ungenauigkeit ist allgemein sehr hoch – selbst unter guten äusseren Bedingungen beträgt sie rund 50%. Bei schwierigeren Lichtverhältnissen nimmt die Genauigkeit weiter stark ab. Eine Systematik der Abweichungen ist kaum auszumachen, was bedeutet, dass die Ableitung von Hochrechnungsfaktoren problematisch ist.

Bei diesen Auswertungen wurden nicht alle Bedingungen nachvollzogen. Es fehlen z.B. dichter Nebel oder Schnee. Aber solche Situationen sind in Zürich relativ selten, so dass die Aussagekraft der Ergebnisse nicht geschmälert wird.

Bei Miovision wurden einzig die Zufussgehenden ausgewertet. Auf eine Auswertung von Velos oder dem Motorfahrzeugverkehr wurde verzichtet, da dies nicht im Fokus des Projekts steht und zusätzlich gekostet hätte. Bei Datafromsky lassen sich auch die weiteren Verkehrsmittel automatisch auswerten und via ID auf dem Video identifizieren. Ein grober Blick darauf legt nahe, dass vor allem der Motorfahrzeugverkehr (Autos, LKW, Bus etc.) etwas genauer gezählt werden. Die Resultate (Rohdaten) einer entsprechenden kleinen Auswertung werden in Kapitel 4.3.2 präsentiert.

Abbildung 22: Bildschirmfotos der Plattformen Miovision (links) und Datafromsky (rechts)



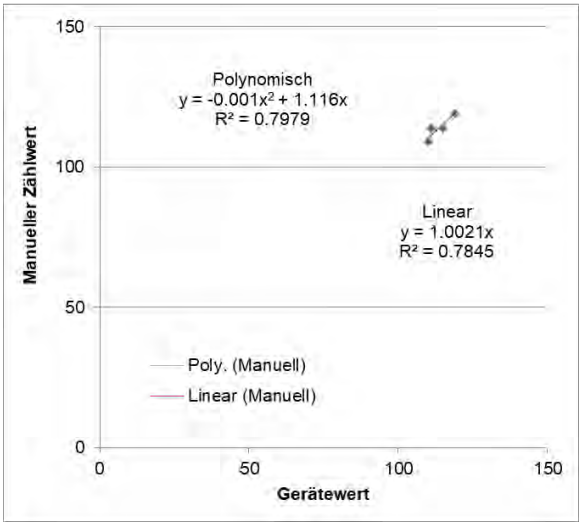
3.4 3D-Kamera: Citix-3D von EcoCounter

3.4.1 Genauigkeit des Geräts: gemessen am Querschnitt 10

Am Zählquerschnitt 10 beträgt die Differenz zwischen manueller Zählung und dem Gerätewert der Citix-3D-Kamera 0.2%. Das Gerät ist also sehr genau. Weil die manuellen Zähldaten der ersten Nachmittagshälfte nicht verwendbar waren, liegen nur solche von 4x15 Minuten ab 16.45 Uhr vor. Die absoluten Differenzen liegen bei -3 bis +1 Personen bzw. -2.6% bzw. +0.9% bei einem Aufkommen über 100 Personen. Das R^2 fällt mit 0.7879 zwar befriedigend, aber nicht so gut aus, wie aufgrund des Gesamtresultats zu erwarten wäre. Dies liegt am grössten abweichenden Wert und würde sich allenfalls bei mehr Werte relativieren. Für eine zuverlässige Interpretation müssten mehr Kontrollzähldaten einfliessen.

In Bezug auf die Richtungen sind die Abweichungen der Zählwerte grösser. In Richtung Bushaltestelle/D-Vino beträgt die Abweichung -6% bei einem guten R^2 von 0.8649. In Richtung Tramhaltestelle beträgt die Differenz +8% bei einem R^2 von 0.4337. Das heisst, wenn sich die Personen von der Kamera wegbewegen kommt es zu einer Unterzählung und wenn sie sich auf die Kamera zubewegen zu einer Überzählung, die allerdings weniger systematisch scheint.

Abbildung 23: Statistische Kennwerte des Vergleichs von manueller und Gerätezählung (Citix-3D-Kamera): Zählquerschnitt 10 (rechts Foto aus Kameraperspektive)



Aufgrund der grösseren Differenzen zwischen den Richtungen werden die Daten nach Richtung hochgerechnet, und zwar in Richtung Bushaltestelle/D-Vino mit einem Faktor von 1.06 und in Richtung Tramhaltestelle mit einem solchen von 0.92.

3.4.2 Zuverlässigkeit des Geräts

Das Gerät hat über die ganze Erhebungsdauer problemlos gezählt und auch die Datenverfügbarkeit über den Server des Anbieters hat jederzeit funktioniert.

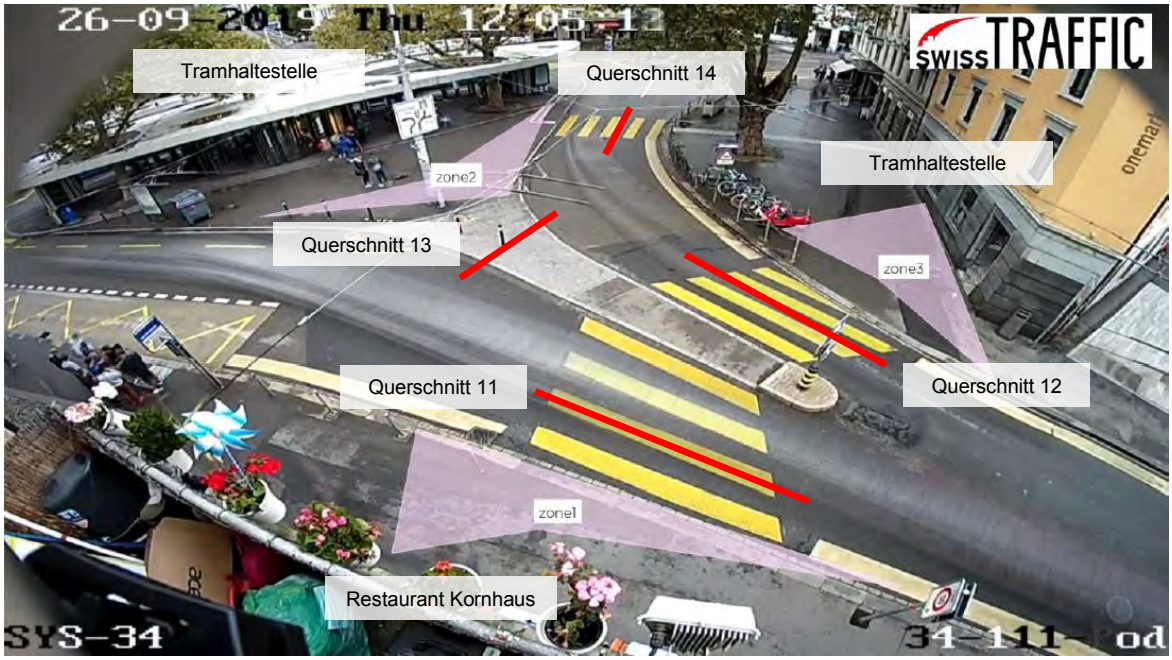
3.5 3D-Kamera mit integrierter Auswertung: AI-Sensor von Swisstraffic

3.5.1 Genauigkeit des Geräts: gemessen an den Querschnitten 11, 12, 13 und 14

Auf der Seite Langstrasse wurden nur der erste Abschnitt des Fussgängerstreifens zur Mittelinsel (Querschnitt 11) sowie der Zugang von der Mittelinsel zur Tramhaltestelle (Querschnitt 13) kontrollgezählt. Nicht erfasst wurde der zweite Abschnitt des Fussgängerstreifens in östlicher Richtung (Querschnitt 12).

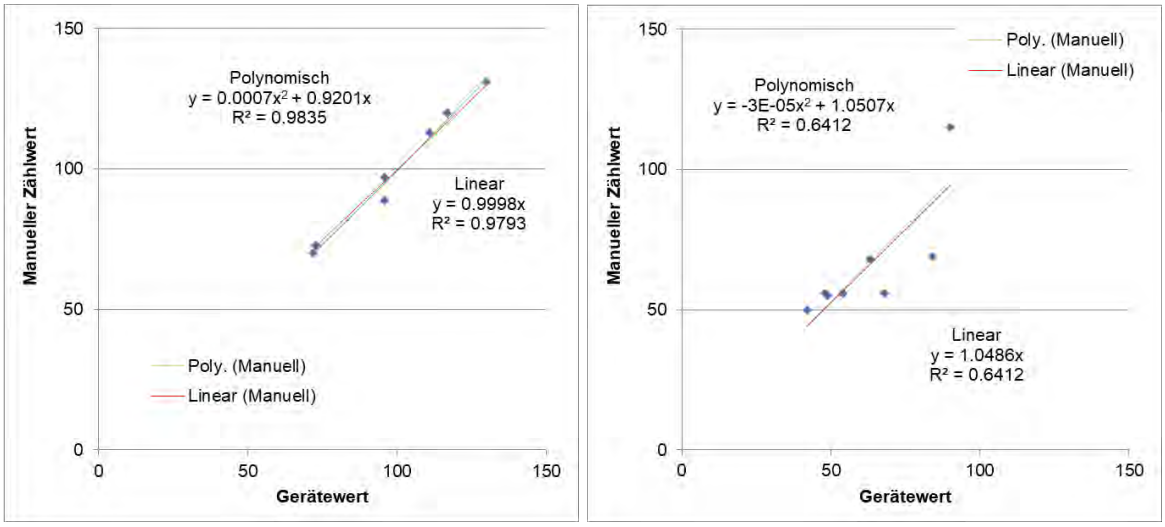
Der etwas weiter weg liegende Übergang (Querschnitt 14) wurde nicht mit dem AI-Sensor sondern nur mit einer normalen Kamera gezählt. Für diese Zählstelle liegen sowohl für die Kontrollzählung wie für die ganze Erhebungsdauer nur beschränkte Daten vor.

Abbildung 24: Übersicht über die Zählungen an den Querungen der Langstrasse (Darstellung: Swisstraffic)



Am Querschnitt 11 beträgt die Abweichung zwischen Gerätezählung und manueller Erhebung nur 0.2%, was ein sehr guter Wert ist. Auch das hohe R^2 von 0.9793 spricht für geringe Abweichungen. Die erste Viertelstunde der Erhebung musste weggelassen werden, da sich bei der manuellen Zählung ein unplausibler Wert ergeben hatte.

Abbildung 25: Statistische Kennwerte des Vergleichs von manueller Zählung und Geräte-Zählung (AI-Sensor): linke Darstellung: Zählquerschnitt 11, rechts: Zählquerschnitt 13



Je nach Richtung fallen die Werte leicht anders aus: In Richtung Restaurant Kornhaus beträgt die Abweichung -2.4% (R^2 = 0.9211) in Richtung Mittelinsel +2.8% bei einem etwas tieferen R^2 von 0.8342. Es kommt also zu einer leichten Unterzählung, wenn sich die Personen auf die Kamera zubewegen und einer leichten Überzählung, wenn sie sich davon entfernen. Die Datenbasis für diese Aussage ist aber mit 1¾ Stunden sehr beschränkt.

Weil der Querschnitt 12, also die Fortsetzung des Zebrastreifens Richtung Kiosk, nicht kontrollgezählt wurde, kann auch keine Prüfung der Genauigkeit der Gerätewerte und somit auch keine Kalibrierung vorgenommen werden. Deshalb werden die Rohdaten für die Analyse verwendet.

Am Querschnitt 13, also beim Zugang von der Mittelinsel zur Tramhaltestelle beträgt die Abweichung zwischen manueller Zählung und Gerätewert rund -5% bei einem R^2 von 0.6412. In Richtung Langstrasse beträgt die Abweichung -7% (R^2 = 0.8525) und in Richtung Tramhaltestelle -4% bei einem allerdings sehr tiefen R^2 von 0.0403). Wenn sich die PassantInnen zur Haltestelle hinbewegen ist das Resultat zwar leicht besser, aber die Streuung der Werte ist grösser. Die Resultate sind aufgrund der kurzen Erhebungszeit und der Fehler, die auch bei manuellen Zählungen auftreten können, mit Vorsicht zu geniessen. Allgemein kann aber gesagt werden – und dies scheint auch für andere Gerätetypen zu gelten –, dass eine Zählung direkt unter der Kamera bessere Resultate ergibt, als wenn sie in einem schrägen Winkel durchgeführt werden muss.

In einzelnen Stunden wurden zum Teil unplausible Werte festgestellt. Dies eher am Abend und in der Nacht. So lagen z.B. am Querschnitt 12 einzelne Werte nur wenig über Null, obwohl an den unmittelbar angrenzenden Querschnitten 11, 13 und 14 ein weiterhin normales Aufkommen verzeichnet wurde. Ob die unplausiblen Werte durch Situationen auf der Strasse zustande kamen (z.B. Sichtbehinderungen durch Fahrzeuge) oder ob allenfalls das Gerät einzelne Aussetzer hatte, kann im Nachhinein nicht mehr bestimmt werden. Die angesprochenen Werte wurden anhand der anderen Querschnitte hochgerechnet; weniger ausgeprägt unplausible Werte wurden belassen. Insgesamt müssten mehr Kontrollzählungen, vor allem auch in den Abend- und Nachtstunden durchgeführt werden, um eine valide Basis zur Beurteilung der Zuverlässigkeit in diesen Stunden zu erhalten.

Der Anteil der Personen, die am Querschnitt 11 neben dem Streifen queren, ist mit knapp einem Prozent sehr gering, so dass dies nicht in der Hochrechnung berücksichtigt werden muss. Auch wenn eine Korrektur aufgrund der hohen Genauigkeit nicht notwendig wäre, wird am Querschnitt 11 ein Hochrechnungsfaktor Richtung Restaurant Kornhaus von 1.02 und in Richtung Mittelinsel ein solcher von 0.97 verwendet. Am Querschnitt 12 kann niemand neben dem Zebrastreifen queren, denn es gibt gar keinen solchen. Als lineare Hochrechnungsfaktoren werden verwendet: in Richtung Langstrasse 1.07 und in Richtung Tramhaltestelle 1.04.

Spezialfall Querschnitt 14

Der Querschnitt 14 ist insofern speziell, als er wegen eines Missverständnisses nicht mit dem AI-Sensor gezählt werden konnte. Dank einer parallel installierten Zusatzkamera konnten jedoch einzelne Tage im Nachhinein von der Anbieterfirma Swisstraffic ausgezählt werden. Es handelt sich dabei um je einen Werktag, Samstag und Sonntag (24., 28. und 29. September). Zudem wurden die Stunden des Mittwochnachmittags, 25. September von 13 bis 18 Uhr ausgewertet. Die manuelle Erhebung basiert demgegenüber auf Viertel- und Halbstundenwerden, weshalb ein Vergleich nur annäherungsweise möglich ist. In der untenstehenden Tabelle sind die manuellen Zählwerte pro halbe Stunde dargestellt. Diese werden auf eine ganze Stunde hochgerechnet (als Annäherung) und mit den Gerätewerten verglichen. Dabei zeigt sich, dass die Gerätewerte im Durchschnitt 77% der manuell gezählten bzw. hochgerechneten Zählungen ausmachen (Streuung zwischen 65% und 86%). Tendenziell ist also davon auszugehen, dass die Gerätedaten das reale Aufkommen um rund 20-25% unterschätzen dürften. Entsprechend wird ein vorsichtig angesetzter Hochrechnungsfaktor von 1.20 für alle Tage angewandt.

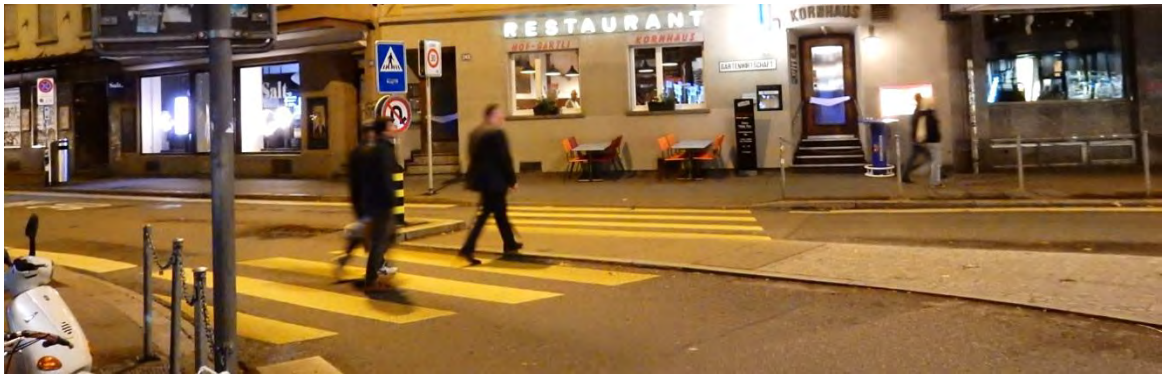
Tabelle 3: Vergleich von manueller Zählung und Gerätezählung am Querschnitt 14 (mit normaler Kamera) basierend auf stündigen Gerätewerten und hochgerechneten manuellen Halbstundenwerten

Halbe Stunde	Manuelle Zählung	Ganze Stunde	Gerätewert ganze Stunde	Manuelle Zählung auf ganze Stunde hochgerechnet	Anteil Gerätewert in %
13.00-13.30	149	13.00-14.00	255	298	86%
14.30-15.00	160	14.00-15.00	208	320	65%
16.00-16.30	149	16.00-17.00	252	298	85%
17.30-18.00	267	17.00-18.00	400	534	75%
Total	**725**	**Total**	**1‘115**	**1‘450**	**77%**

Der Grund für die Abweichung – die übrigens in beide Richtungen etwa gleich gross war – könnte darin liegen, dass durch die relativ grosse Distanz zwischen Kamera und Fussgängerstreifen die Erkennbarkeit eingeschränkt war. Allerdings hat der Anbieter vermerkt, er habe die Daten manuell geprüft. Weshalb sich trotzdem ein so grosser Unterschied der beiden Zählungen ergibt, bleibt unklar.

3.5.2 Zuverlässigkeit des Geräts

Das Gerät ist an einem Tag während 11 Stunden ausgefallen (Dienstag, 1. Oktober 03.00-14.00 Uhr), und lieferte für den Querschnitt 13 einzelne unplausible Werte, v.a. in Abendstunden. Für den Zählquerschnitt 14 liegen nur Werte für je einen Werktag, Samstag und Sonntag vor. Eine erste Datenlieferung hierzu enthielt zahleiche unplausible Werte, die dann in einer erneuten Analyse korrigiert wurden.



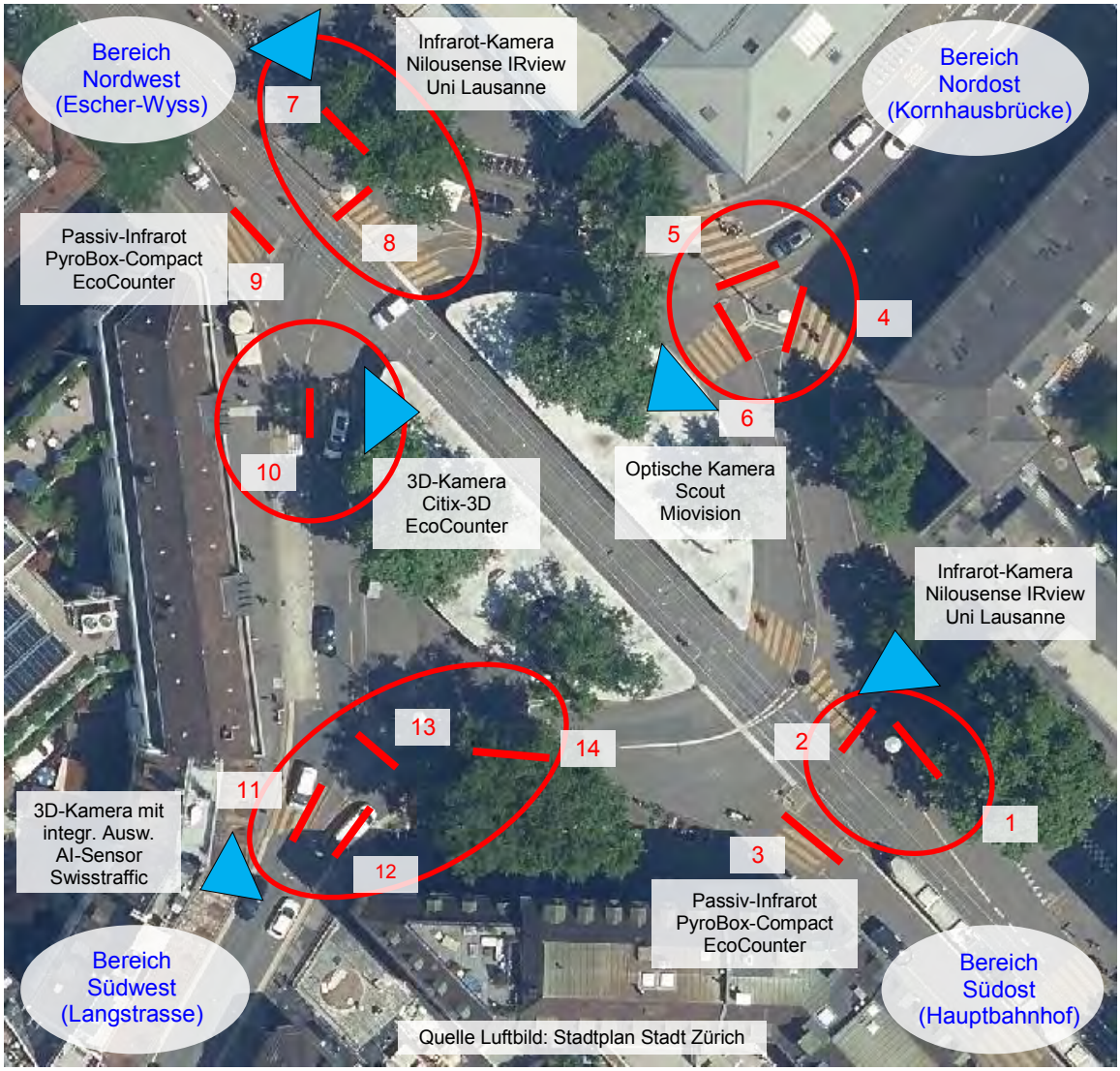
4. Ergebnisse – Fussverkehrsaufkommen am Limmatplatz

4.1 Das Fussverkehrsaufkommen nach Bereichen

Die Rohdaten wurden aufgrund der pro Gerät und Zählstelle festgelegten Korrekturfaktoren bereinigt. Die Ergebnisse werden im Folgenden nach Bereichen mit den jeweils zusammenhängenden Zählstellen dargestellt (siehe Karte unten).

Neben dem durchschnittlichen Tagesaufkommen, den Tagesganglinien sowie der Werten über die ganze Erhebungszeit werden auch die Richtungsanteile und soweit möglich die Ströme dargestellt.

Abbildung 26: Die Zählquerschnitte im Überblick



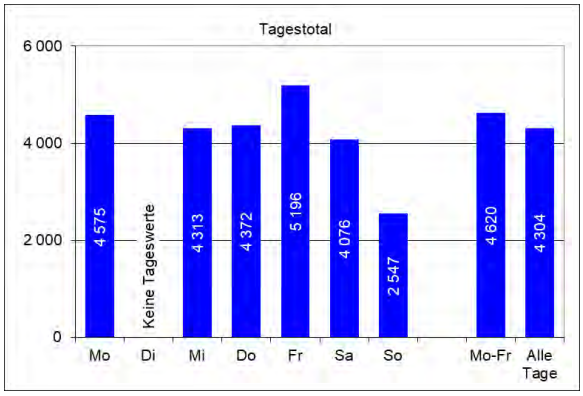
4.1.1 Bereich Südost: Zählquerschnitte 1 bis 3

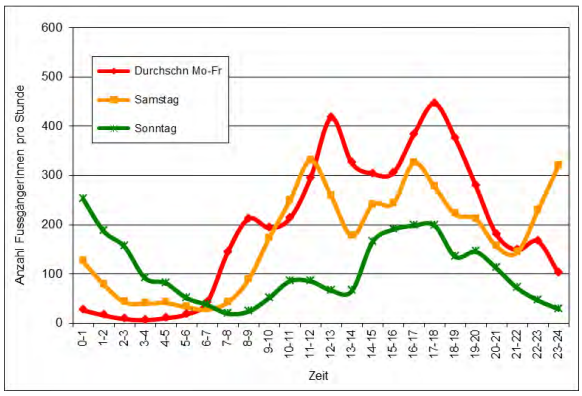
► Übergänge von Caffetteria/Post zu Pizzeria bzw. Tramhaltestelle

An allen drei Querschnitten wird das höchste Tagesaufkommen jeweils am Freitag erreicht. Vor allem der Sonntag weist deutliche niedrigere Frequenzen auf. Im Durchschnitt aller Tage beträgt das Aufkommen an den Zählquerschnitten 1 und 2 rund 4‘300 bzw. 3‘700 Personen und am Querschnitt 3 rund 2‘500 Personen. Von Montag bis Freitag liegt es um rund 300 Personen höher.

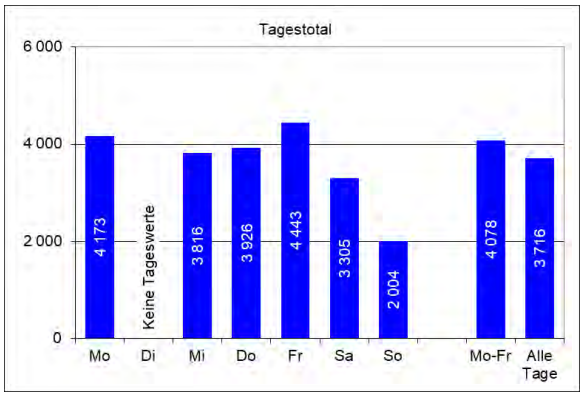
Abbildung 27: Durchschnittliches Tagesaufkommen und Tagesganglinie (Durchschnitt Mo-Fr, Sa, So) an den Zählquerschnitten 1-3

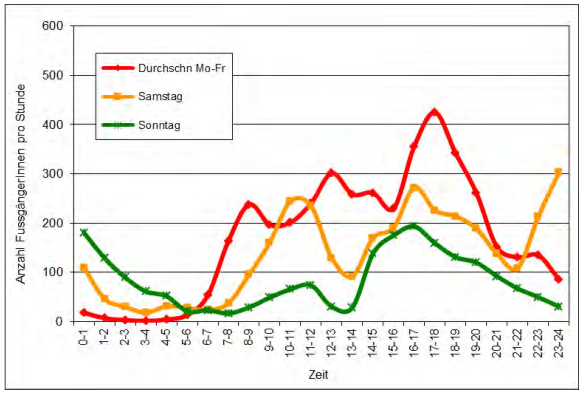
Zählquerschnitt 1: Übergang von der Caffetteria/Post zur Mittelinsel bzw. umgekehrt



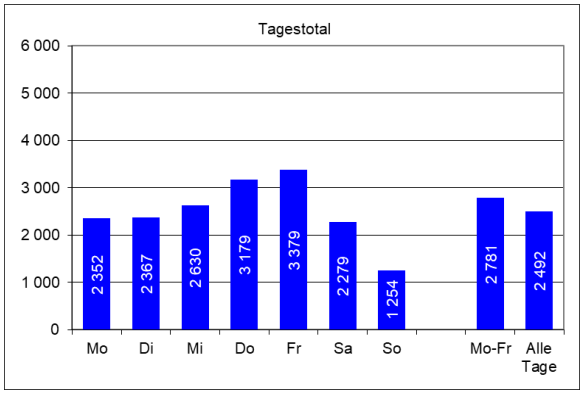


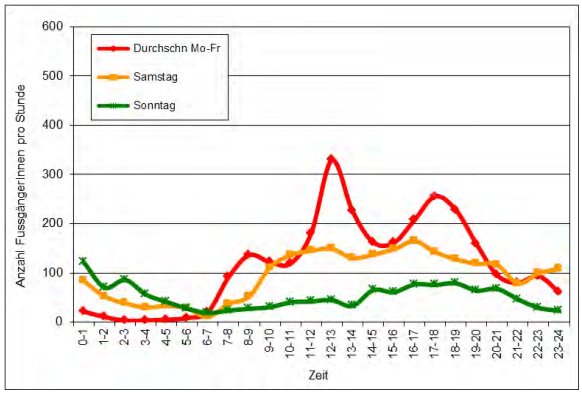
Zählquerschnitt 2: Übergang von der Mittelinsel zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt





Zählquerschnitt 3: Übergang von der Pizzeria zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt





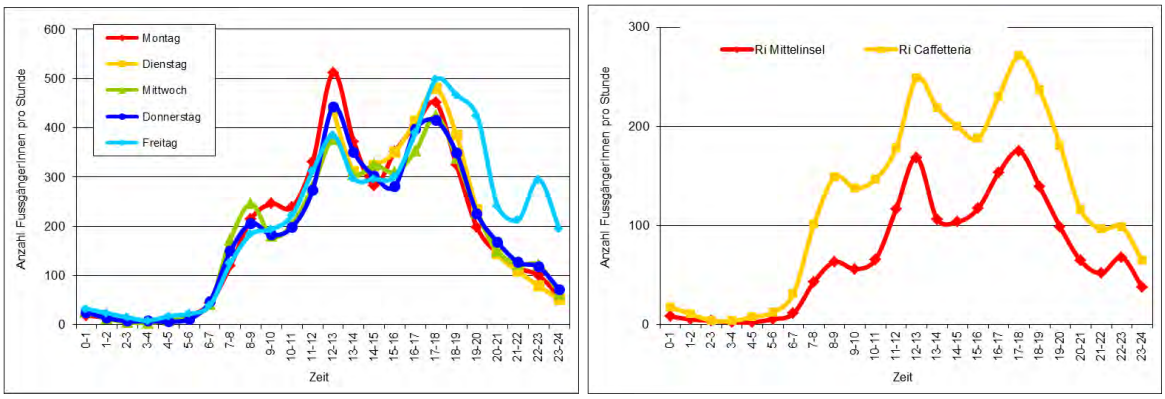
Über den Tag differiert das Aufkommen an den drei Querschnitten deutlich. Von Montag bis Freitag ist am Zählquerschnitt 1 eine Spitze am Mittag und am Abend feststellbar, am Querschnitt 2 nur am Abend und am Querschnitt 3 vor allem am Mittag. Das deutet darauf hin, dass sich am Mittag die Ströme eher über die ganze Limmatstrasse bewegen, möglicherweise weil die PassantInnen etwas in der Pizzeria einkaufen, am Abend dagegen gehen zahlreiche Personen Richtung Tramhaltestelle bzw. kommen von dort. Die Morgenspitze ist an allen drei Querschnitten deutlich kleiner als jene am Mittag und am Abend.

Am Samstag sind an den Querschnitten 1 und 2 drei Spitzen sichtbar, eine im Verlauf des Vormittags, eine am Nachmittag und eine am Abend spät nach 22 Uhr. Interessanterweise gibt es letztere am Querschnitt 3 nicht und die anderen beiden Spitzen fallen sehr flach aus. Das deutet darauf hin, dass die meisten Nachtschwärmer in Richtung Norden (zur Bushaltestelle) bzw. Richtung Tramhaltestelle gehen und nicht an diesem Ort in Richtung Langstrasse queren.

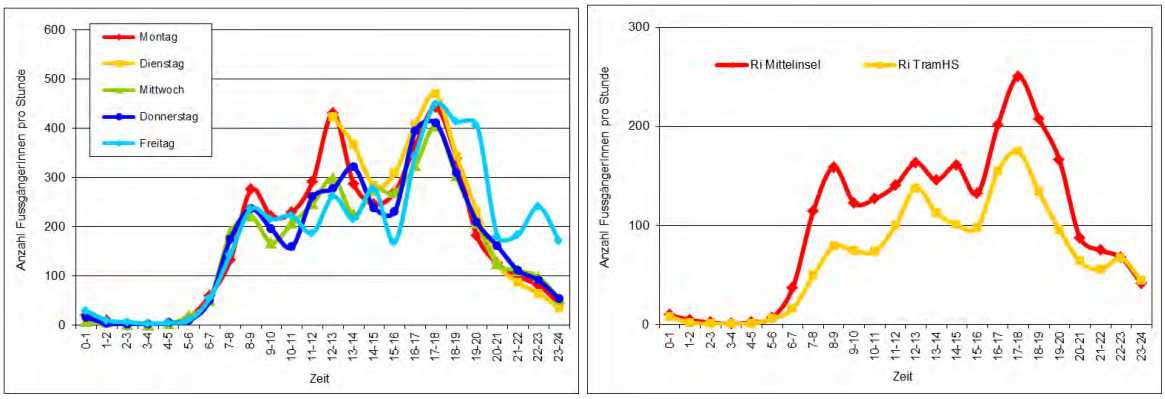
Am Sonntagmorgen setzt sich die Spitze vom Samstagabend fort und nimmt dann bis in die frühen Morgenstunden sukzessive ab. Um diese Zeit ist das Aufkommen im Wochenverlauf am höchsten. Am späteren Sonntagnachmittag gibt es nochmals eine relativ breite Spitze. Insgesamt ist die Zahl der PassantInnen im Tagesverlauf aber deutlich geringer als an den anderen Tagen.

Abbildung 28: Tagesganglinien Montag bis Freitag; Aufkommen nach Richtungen (Durchschnitt: Mo-Fr)

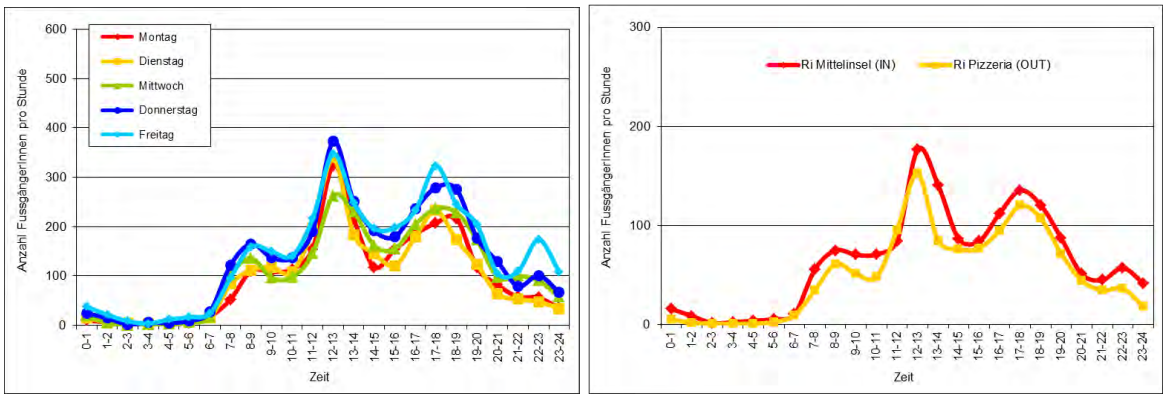
Zählquerschnitt 1: Übergang von der Caffetteria/Post zur Mittelinsel bzw. umgekehrt



Zählquerschnitt 2: Übergang von der Mittelinsel zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



Zählquerschnitt 3: Übergang von der Pizzeria zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



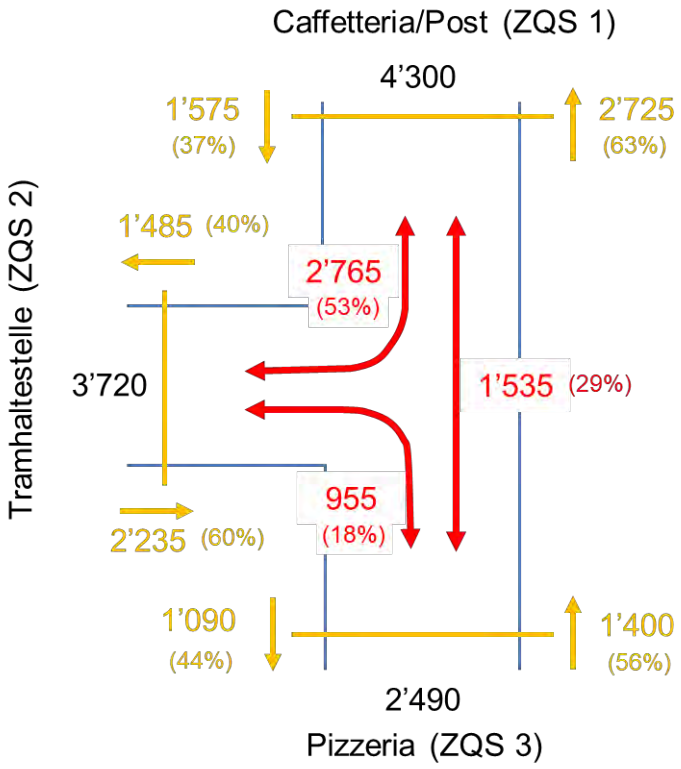
Die einzelnen Werktage (Montag bis Freitag) zeigen mit Ausnahme des Freitags sowie der Mittagszeit am Zählquerschnitt 2 einen sehr ähnlichen Tagesgang. Am Freitag ist vor allem an den Zählquerschnitten 1 und 2 die Mittagsspitze weniger ausgeprägt, dafür ist das Aufkommen bis in späteren Abend hinein deutlich höher als an den anderen Tagen. Weshalb es um die Mittagszeit

am Zählquerschnitt 2 zu grösseren Schwankungen zwischen den Tagen kommt, ist nicht klar. Zum Teil basieren die Angaben nur auf einem Tag (z.B. Montag), wodurch Verzerrungen durch Einzeleinflüsse möglich sind.

Eine Aufschlüsselung nach Richtung an den Werktagen zeigt, dass am Querschnitt 1 die Richtung Caffetteria/Post über den ganzen Tag deutlich überwiegt. Im Einklang damit steht das grössere Aufkommen Richtung Mittelinsel am Querschnitt 1. Die Verbindung Tramhaltestelle-Caffetteria/Post bildet den wichtigsten PassantInnenstrom in diesem Bereich (siehe Abbildung 31). Am Querschnitt 3 sind die Unterschiede nach Richtungen kleiner und unterscheiden sich vor allem über die Mittagszeit mit einer zeitlichen Versetzung. Das hat vermutlich damit zu tun, dass sich die Personen zuerst Richtung Verpflegungsmöglichkeiten (z.B. Pizzeria Take-away) und nachher wieder zurück bewegen. An den Wochenenden sind die Richtungsunterschiede deutlich geringer als unter der Woche, die jeweils vorherrschende Richtung bleibt jedoch gleich (siehe Abbildungen im Anhang 7.2.1).

Der Querschnitt 1 Caffetteria/Post ist mit durchschnittlich 4‘300 Personen am meisten frequentiert, gefolgt vom Querschnitt 2 zur Tramhaltestelle mit 3‘720 Personen und dem Querschnitt 3 bei der Pizzeria mit knapp 2‘300 Personen. Der Hauptstrom der PassantInnen bewegt sich zwischen der Tramhaltestelle und der Caffetteria/Post bzw. umgekehrt: 53% aller Bewegungen finden auf dieser Achse statt; die Querung von Caffetteria/Post zur Pizzeria und umgekehrt wird von 29% genutzt und 18% queren von der Tramhaltestelle zur Pizzeria bzw. in umgekehrter Richtung.

Abbildung 29:
Tagestotal der PassantInnen nach Richtung an den Zählquerschnitten 1-3 (Durchschnitt aller Tage) [6]



[6] Basis sind die kalibrierten Werte der automatischen Zählungen, jeweils gerundet auf 5 bzw. 10 Personen. Die rot eingefärbte Stromdarstellung wurde aus den anderen Werten berechnet und nicht erhoben.

4.1.2 Bereich Nordost: Zählquerschnitte 4 bis 6

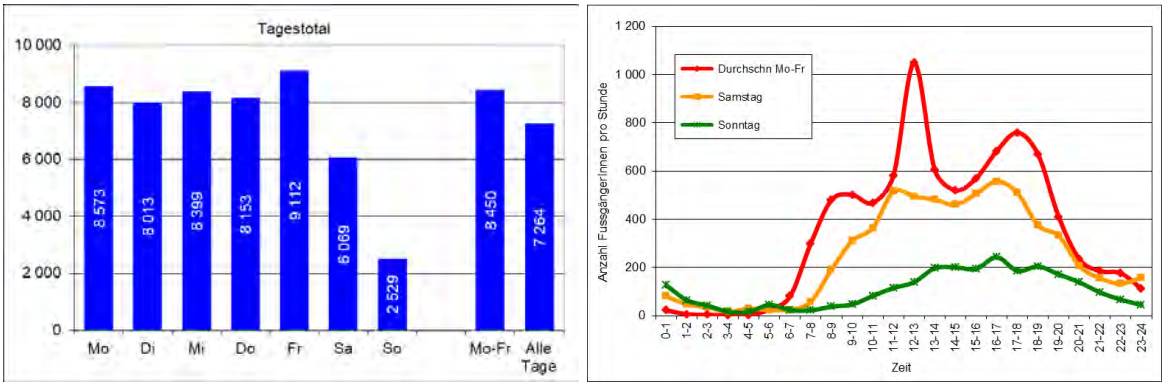
► Übergänge von Migros zu Bus- bzw. Tramhaltestelle

Aufgrund der hohen Auswertungskosten von Miovision[7] wurde jeweils nur einer der Wochentage von Montag bis Sonntag berücksichtigt. Damit kann neben dem werktäglichen Aufkommen auch jenes am Wochenende sowie für den ganzen Wochenverlauf angegeben werden.

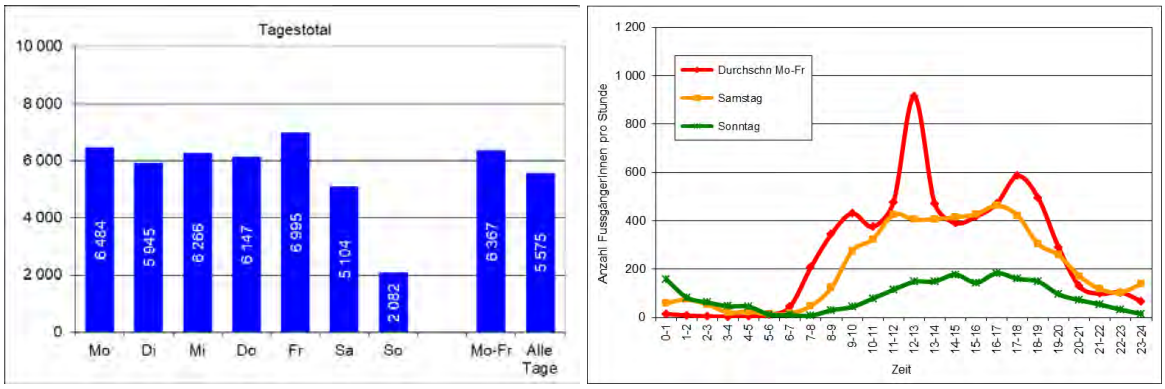
An allen drei Querschnitten wird das höchste Tagesaufkommen jeweils am Freitag erreicht. Samstag und Sonntag weisen deutlich niedrigere Frequenzen auf, vor allem an den Querschnitten 4 und 5. Die restlichen Werktage weisen überall ein sehr ähnlich hohes Aufkommen aus. An den Freitagen wurden rund 9‘100 Personen am Querschnitt 4 (Bushaltestelle), 7‘000 Personen am Querschnitt 5 (Migros) und noch 4‘600 Personen am Querschnitt 6 (Tramhaltestelle) gezählt. Damit ist das Aufkommen an letzterem Zählquerschnitt nur etwa halb so gross wie an ersterem.

Abbildung 30: Durchschnittliches Tagesaufkommen und Tagesganglinie (Durchschnitt Mo-Fr, Sa, So) an den Zählquerschnitten 4-6

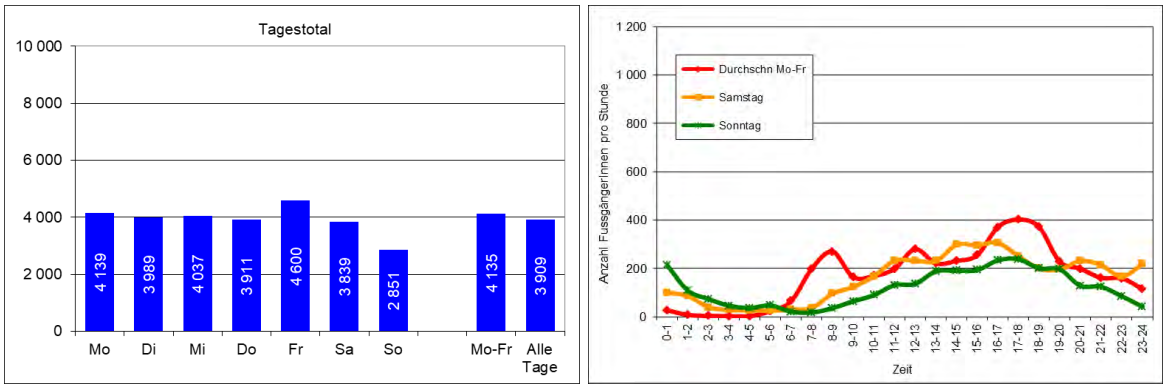
Zählquerschnitt 4: Übergang von der Mittelinsel zur Bushaltestelle bzw. umgekehrt



Zählquerschnitt 5: Übergang von der Mittelinsel zur Migros bzw. umgekehrt



Zählquerschnitt 6: Übergang von der Mittelinsel zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



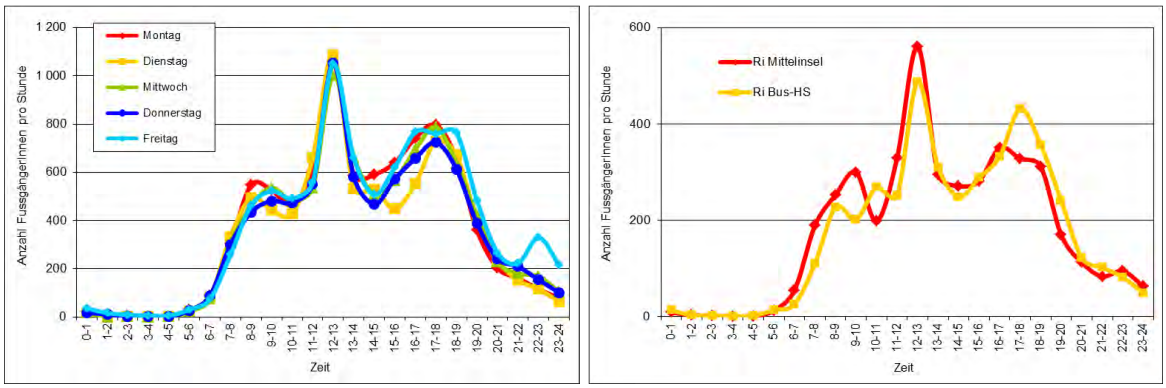
[7] Eine so genannte Junction-Analyse, bei der wie im vorliegenden Fall alle drei Arme des Fussgängerstreifens gezählt werden, kostet € 12.60 pro Stunde.

Über den Tag differiert das Aufkommen zwischen den Querschnitten 4 und 5 einerseits und dem Querschnitt 6 anderseits. An den beiden erstgenannten Querschnitten, also von der Bushaltestelle zur Mittelinsel und von der Mittelinsel zur Migros (bzw. jeweils umgekehrt), ist werktags eine markante Mittagsspitze zu sehen. Bis zu 1‘000 Personen queren hier den Fussgängerstreifen zur Spitzenstunde. Dies dürfte vor allem auf die Schülerinnen und Schüler zurückzuführen sein, die in der Migros ihr Mittagessen einkaufen gehen. Am zweitmeisten, aber schon deutlich geringer, ist das Aufkommen am Abend mit 600 bis 800 Personen pro Stunde. Die Morgenspitze fällt relativ gering aus. Am Zählquerschnitt 6, also beim Zugang zur Tramhaltestelle wird das höchste Aufkommen mit 400 Personen pro Stunde am Abend registriert, am Morgen und am Mittag sind es rund 280 Personen.

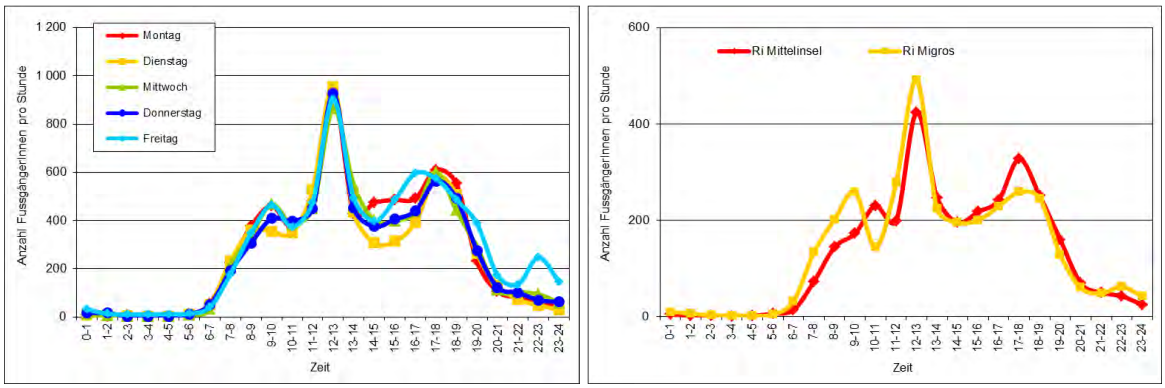
Am Samstag steigt die Zahl der Personen über den Vormittag ständig an und bleibt ab 11 Uhr in etwa stabil, um nach 17 Uhr wieder langsam abzusinken. Diese Werte dürften vor allem auf den Einkaufsverkehr zurückzuführen sein. Am späten Abend steigt das Aufkommen an allen drei Zählstellen nochmals leicht an und setzt sich bis in den frühen Sonntagmorgen hinein fort. Damit wird das Ausgehverhalten abgebildet.

Abbildung 31: Tagesganglinien Montag bis Freitag; Aufkommen nach Richtungen (Durchschnitt: Mo-Fr)

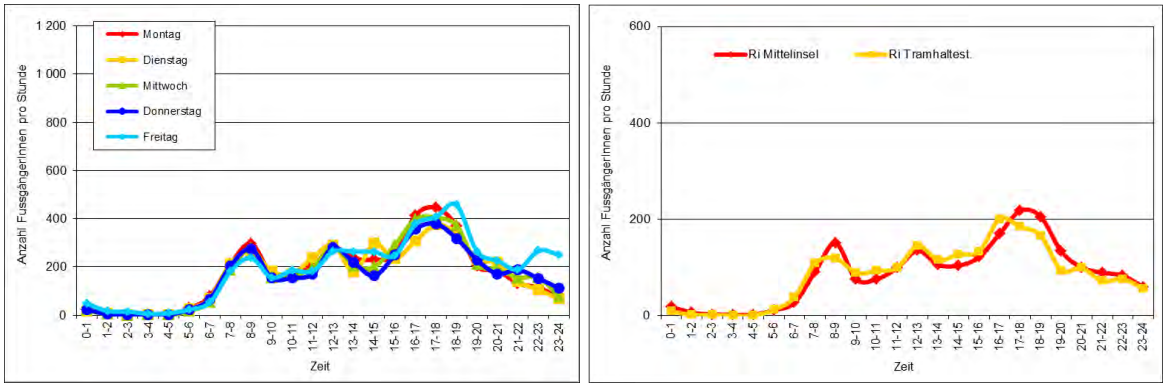
Zählquerschnitt 4: Übergang von der Mittelinsel zur Bushaltestelle bzw. umgekehrt



Zählquerschnitt 5: Übergang von der Mittelinsel zur Migros bzw. umgekehrt



Zählquerschnitt 6: Übergang von der Mittelinsel zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



Am Sonntag verläuft die Tagesgangkurve wesentlich flacher. Das Aufkommen ist am frühen Morgen fast so hoch wie jeweils am Nachmittag. Hier beträgt es bis in den Abend hinein an allen drei Zählquerschnitten rund 150 bis 200 Personen. Ab 19 Uhr nimmt die Zahl der PassantInnen langsam ab.

Die einzelnen Werktage (Montag bis Freitag) zeigen mit Ausnahme des Freitags sowie der Nachmittagsstunden einen sehr ähnlichen Tagesgang. Vor allem über die Mittagszeit ist das Aufkommen an allen Tagen sehr konstant. Am Freitagnachmittag nimmt das Aufkommen etwas früher zu als an den anderen Tagen und es gibt nochmals eine kleine Spitze zwischen 22 und 23 Uhr, die auf den Ausgehverkehr zurückzuführen sein dürfte.

Eine Aufschlüsselung nach Richtung an den Werktagen zeigt die unterschiedlichen Gehmuster an den Querschnitten 4 und 5. Am Morgen und Mittag überwiegt am Zählquerschnitt 4 (Bushaltestelle) die Bewegungsrichtung Mittelinsel (und von dort grösstenteils weiter Richtung Migros). Entsprechend bewegt sich der Passantenstrom am Querschnitt 5 zu diesen Zeiten vor allem von der Mittelinsel Richtung Migros. Am Abend sind die umgekehrten Richtungen vorherrschend, da die meisten Personen zur Bushaltestelle hingehen. Am Zählquerschnitt 6 (Tramhaltestelle) sind die Richtungsunterschiede gering. In der Morgen- und Abendspitze überwiegt die Richtung hin zur Mittelinsel, also von der Tramhaltestelle weg. An den Wochenenden gibt es kaum Unterschiede bei den Richtungen (siehe Abbildungen dazu im Anhang 7.2.2).

Betrachtet man die Fussgängerströme, so werden die Hauptverbindungen schnell deutlich. Mit knapp 4‘500 Personen pro Tag ist die Route von der Bushaltestelle zur Migros bzw. umgekehrt am stärksten frequentiert. Es sind etwas mehr als die Hälfte (53%) aller PasssantInnen. Rund ein Drittel (34%) bzw. 2‘800 Personen pro Tag queren die beiden Fussgängerstreifen zwischen der Bus- und der Tramhaltestelle und noch 13% bzw. etwa 1‘100 Personen nutzen die Verbindung zwischen Migros und Tramhaltestelle.

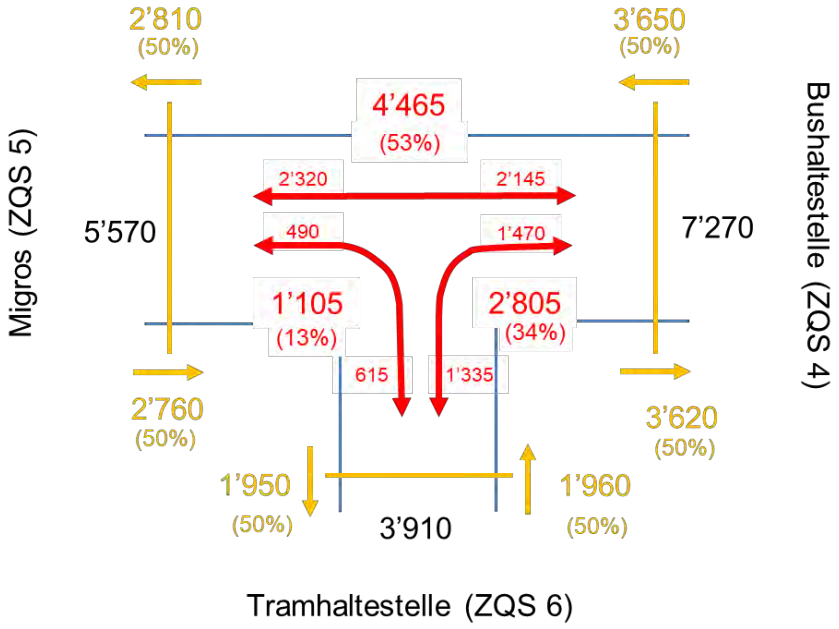


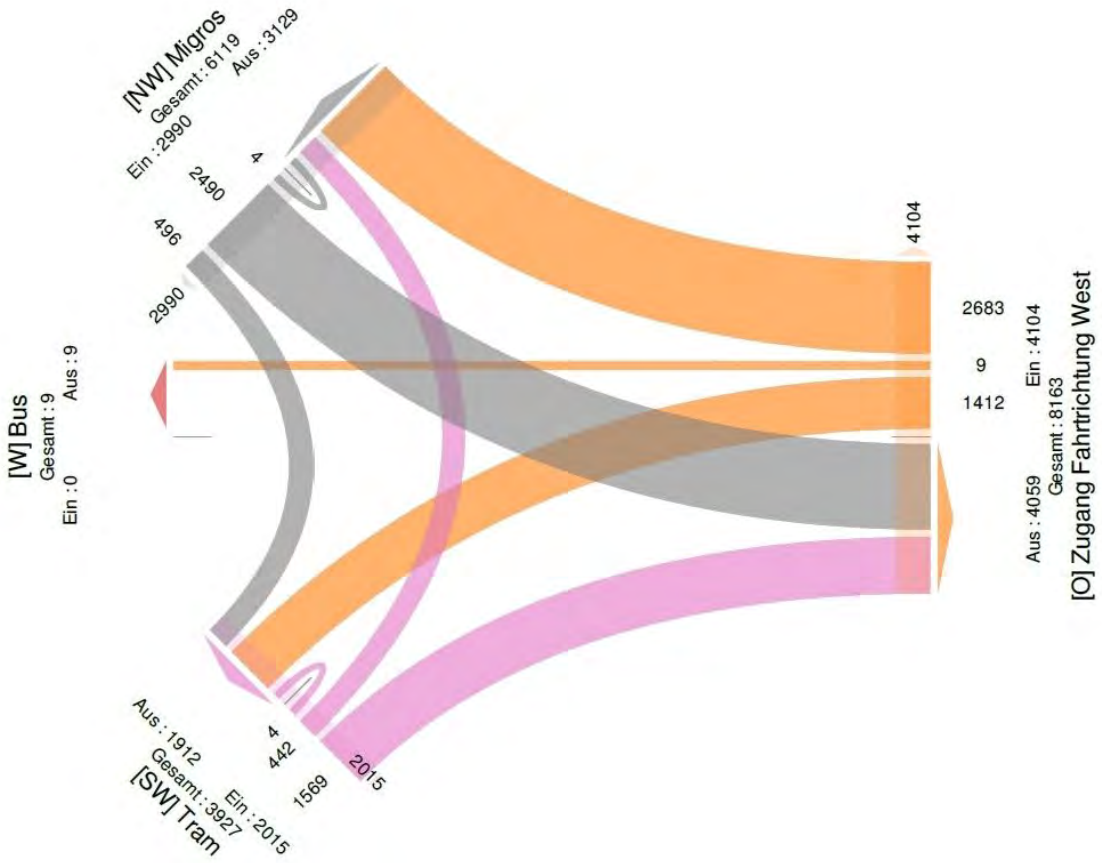
Abbildung 32: Tagestotal der PassantInnen nach Richtung an den Zählquerschnitten 4-6 (Durchschnitt aller Tage) [8]

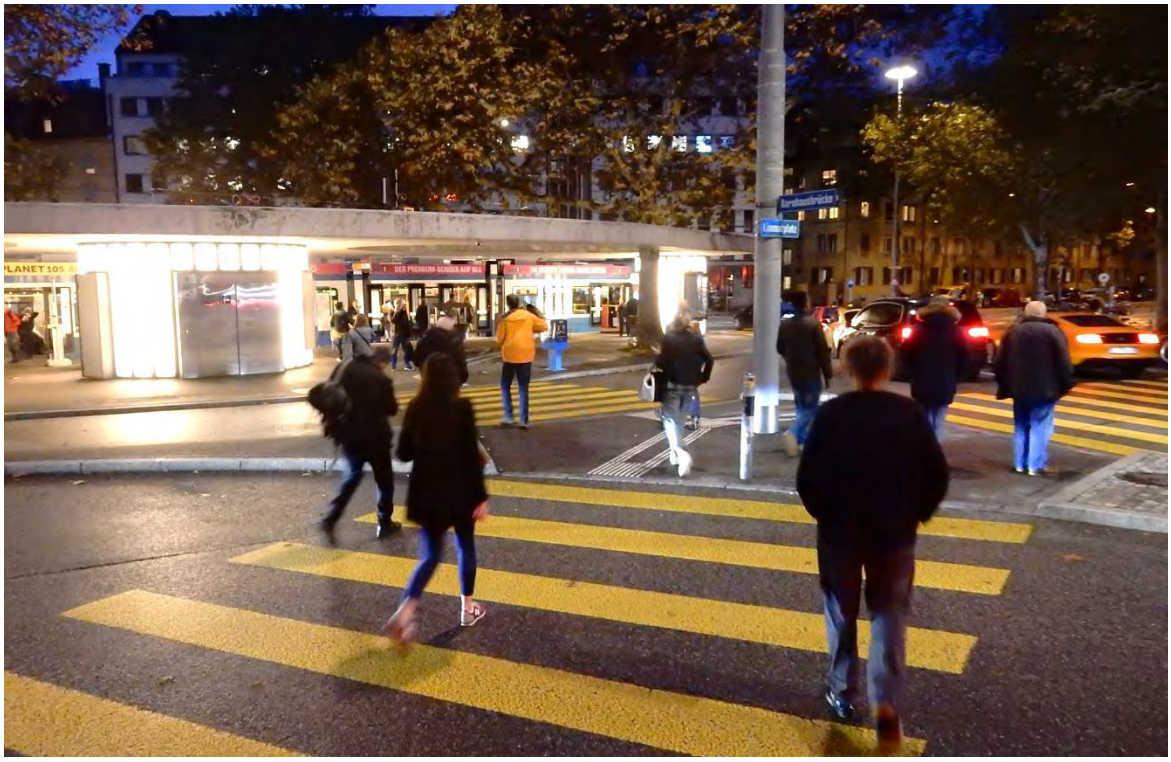
Die Richtungsanteile sind sehr ausgeglichen. Nur ganz leicht mehr queren von der Bushaltestelle zur Migros als umgekehrt bzw. von der Migros zur Tramhaltestelle und von der Tram- zur Bushaltestelle. Insgesamt queren über 7‘200 Personen den Fussgängerstreifen zwischen Mittelinsel und Bushaltestelle, über 5‘500 Personen jenen zur Migros und 3‘900 Personen jenen zur Tramhaltestelle.

[8] Basis sind die kalibrierten Werte der Videoauswertungen von Miovision, jeweils gerundet auf 5 bzw. 10 Personen. Bei der Darstellung sind Rundungsdifferenzen von +/-5 Personen möglich.

Die Verteilung über die einzelnen Fussgängerstreifen-Arme ist auch aus dem von Miovision für den 25. September 2019 berechnete Stromdiagramm ersichtlich (siehe Abbildung unten)

Abbildung 33: Stromdiagramm von Miovision für die Zählquerschnitte 4-6 am Limmatplatz, Beispiel vom 25. September 2019 (ganzer Tag)





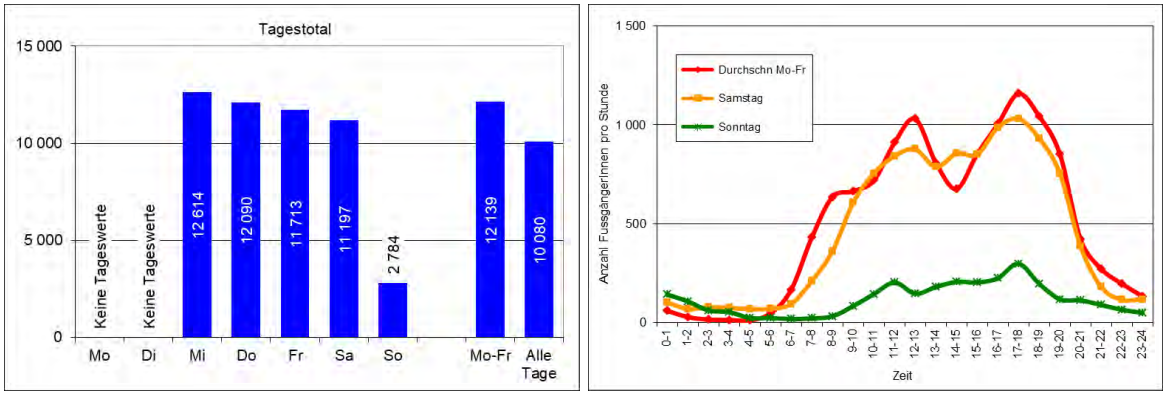
4.1.3 Bereich Nordwest: Zählquerschnitte 7 bis 9

► Übergänge von Migros zu Bushaltestelle/D-Vino bzw. Tramhaltestelle

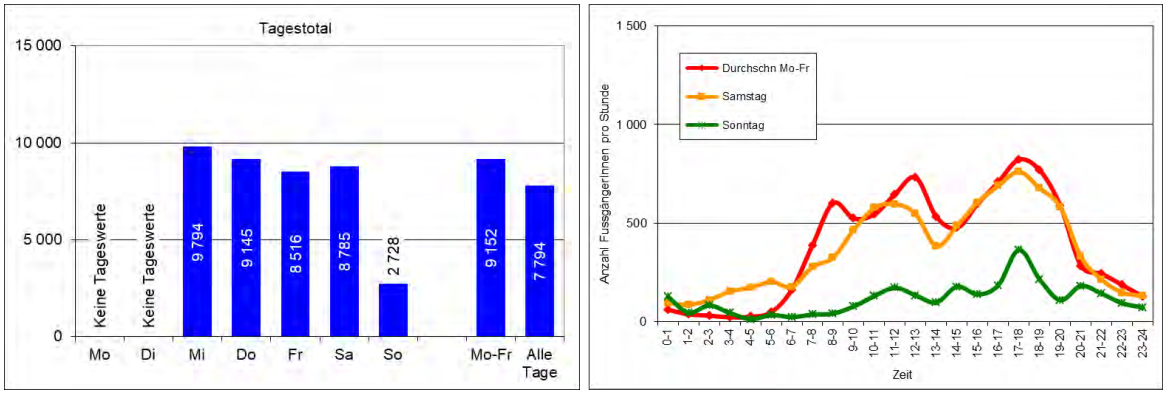
Für die Querschnitte 7 und 8 gibt es aufgrund von zu grossen Datenausfällen leider kein Tagestotal für Montag und Dienstag. Von den übrigen Tagen ist das Aufkommen am Mittwoch mit 12‘600 Personen am Querschnitt 7 und rund 9‘800 Personen am Querschnitt 8 am höchsten. Im Rest der Woche scheint die Zahl der PassantInnen sukzessive abzunehmen. Mit Abstand am wenigsten Menschen zirkulieren hier am Sonntag, wenn die Migros und die anderen Läden in der Umgebung geschlossen sind. Am Querschnitt 9 ist die Differenz zwischen den Werktagen und dem Wochenende geringer. Das höchste Aufkommen wurde hier an den Donnerstagen registriert.

Abbildung 34: Durchschnittliches Tagesaufkommen und Tagesganglinie (Durchschnitt Mo-Fr, Sa, So) an den Zählquerschnitten 7-9

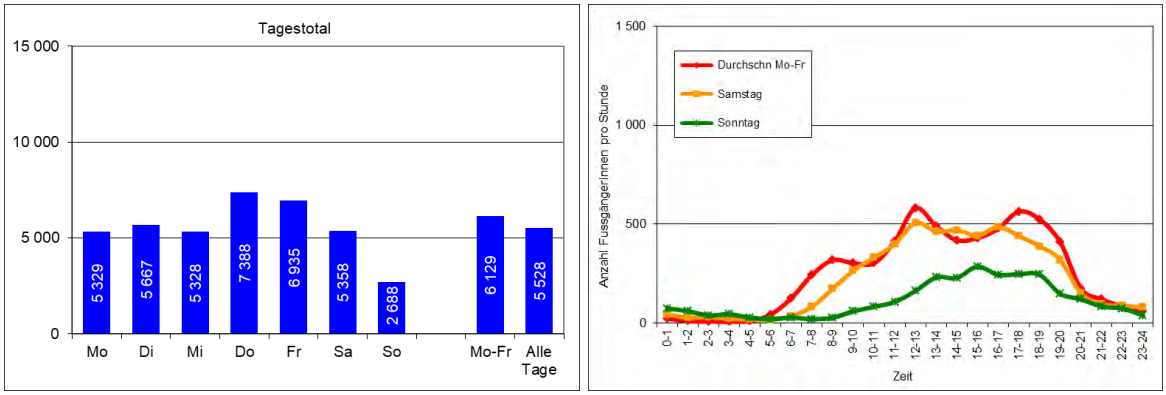
Zählquerschnitt 7: Übergang von der Migros zur Mittelinsel bzw. umgekehrt



Zählquerschnitt 8: Übergang von der Mittelinsel zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



Zählquerschnitt 9: Übergang von der Bushaltestelle/D-Vino zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



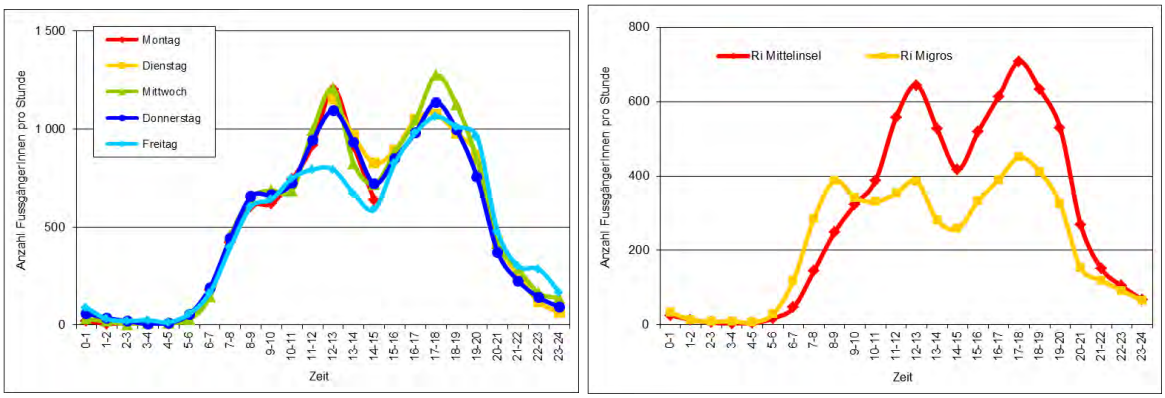
Im Tagesverlauf sind an allen drei Querschnitten drei Spitzen sichtbar – eine eher kleine am Morgen, dann eine grössere über die Mittagszeit und eine am Abend zwischen 17 und 19 Uhr. Interessanterweise gibt es an den Samstagen eine ähnliche Verteilung über den Tag wobei die Spitze am Vormittag schon etwas früher einsetzt, was vermutlich auf den Einkaufsverkehr zurückzufüh-

ren ist. Bei der morgendlichen kleinen Spitze dürften sowohl die ersten Einkaufenden wie auch einige PendlerInnen unterwegs sein. Am Sonntag ist das Aufkommen deutlich geringer als an den anderen Wochentagen mit je einer kleinen Spitze an den Querschnitten 7 und 8 am späten Vormittag zwischen 11 und 12 Uhr sowie am Abend zwischen 17 und 18 Uhr. Am Querschnitt 9 ist das Aufkommen über den ganzen Sonntagnachmittag bis ca. 19 Uhr relativ gleichmässig verteilt.

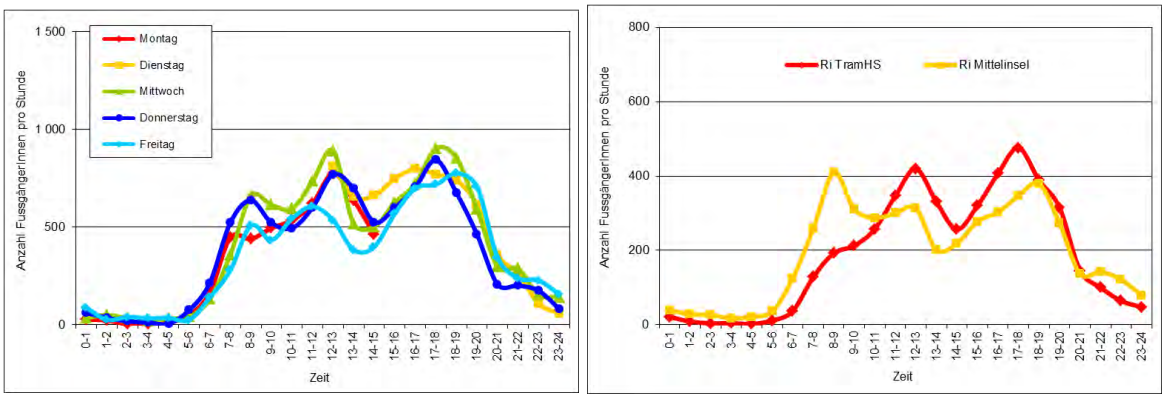
Im Gegensatz zu den meisten anderen Zählstellen ist hier praktisch kein Einfluss des Freizeit- und Unterhaltungsverkehrs spürbar. Die Freitag- und Samstagabende bzw. -nächte verzeichnen kein erhöhtes Aufkommen. Die Zahl der Personen an diesen Zählquerschnitten scheint vor allem durch die Zwecke des Einkaufs und der Verpflegung (Strassencafés, Migros-Restaurant) bestimmt zu sein.

Abbildung 35: Tagesganglinien Montag bis Freitag; Aufkommen nach Richtungen (Durchschnitt: Mo-Fr) an den Zählquerschnitten 7-9

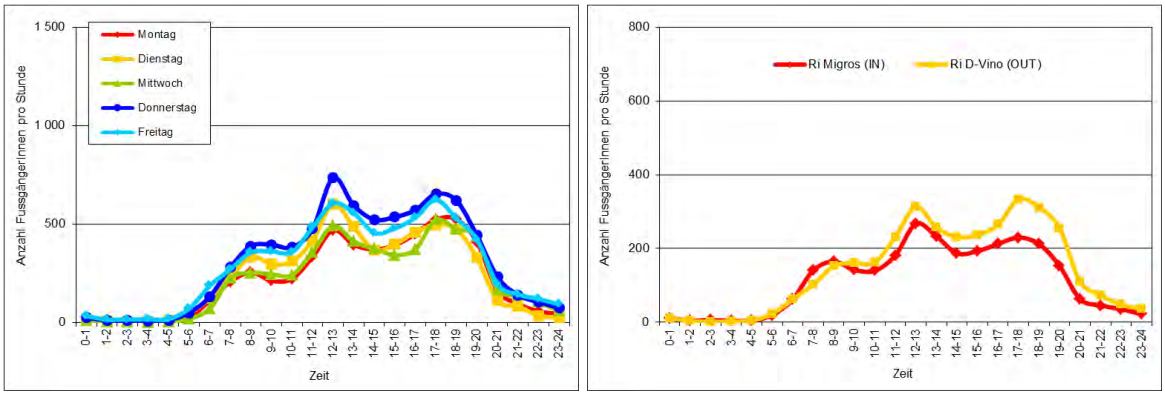
Zählquerschnitt 7: Übergang von der Migros zur Mittelinsel bzw. umgekehrt



Zählquerschnitt 8: Übergang von der Mittelinsel zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



Zählquerschnitt 9: Übergang von der Bushaltestelle/D-Vino zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



An den einzelnen Werktagen (Montag bis Freitag) sind die Tagesganglinien mit Ausnahme des Freitags sehr ähnlich. Am Freitag ist das Aufkommen an den Zählquerschnitten 7 und 8 über Mittag und auch am frühen Abend deutlich tiefer als an den übrigen Tagen. Am Querschnitt 9 ist dies

nicht der Fall. Hier sind eher der Montag und Mittwoch tief, wobei man bei der Interpretation vorsichtig sein muss, fehlen doch eine Reihe von Daten an den Querschnitten 7 und 8 und jene des Querschnitts 9 sind stark hochgerechnet.

Eine Aufschlüsselung nach Richtung an den Werktagen zeigt, dass an den Querschnitten 7 und 8 am Morgen eine Spitze von der Tramhaltestelle zur Migros entsteht. Das sind vermutlich PendlerInnen auf dem Weg zur Arbeit, z.B. im Migros-Hauptsitz. Über Mittag und am Abend ist dann nochmals eine Spitze in die gleiche Richtung vorhanden. Hier dürfte es sich eher um Einkaufende handeln. Ausgeprägter sind die Spitzen über Mittag und am Abend jedoch Richtung Mittelinsel und Tramhaltestelle. Diese Beziehung entspricht deshalb auch dem Hauptstrom der PassantInnen (siehe Abbildung unten). Am Übergang zur Bushaltestelle/D-Vino fällt die Spitze am Abend entgegen der Erwartung nur flach aus.

An den Wochenenden zeigt sich ein ähnliches Bild wie unter der Woche: am Samstag überwiegt am Querschnitt 7 zwischen 11 bis 20 Uhr der Strom in Richtung Mittelinsel und weiter zur Tramhaltestelle (Querschnitt 8) deutlich. Am Sonntag sowie am Querschnitt 9 ist das Aufkommen in beiden Richtungen sehr ausgeglichen. Die Abbildungen hierzu sind im Anhang 7.2.3 zu finden.

Beim Zugang zur Migros (Zählquerschnitt 7) werden mit Abstand am meisten Personen gezählt: im Durchschnitt aller Tage sind es 10‘080 PassantInnen. Am Querschnitt 8 beim Zugang zur Tramhaltestelle sind es knapp 7‘800 Personen und bei der Bushaltestelle/D-Vino (Zählstelle 9) noch deren 5‘300 Personen. Die Wegbeziehung von der Tramhaltestelle zur Migros bzw. umgekehrt wir mit Abstand am häufigsten begangen. 53% des Aufkommens nimmt diese Route. Rund ein Drittel bewegt sich über die ganze Limmattalstrasse von der Migros Richtung Bushaltestelle/D-Vino bzw. in umgekehrter Richtung. Und von der Bus- zur Tramhaltestelle und umgekehrt sind es nur noch rund 14% des Aufkommens.

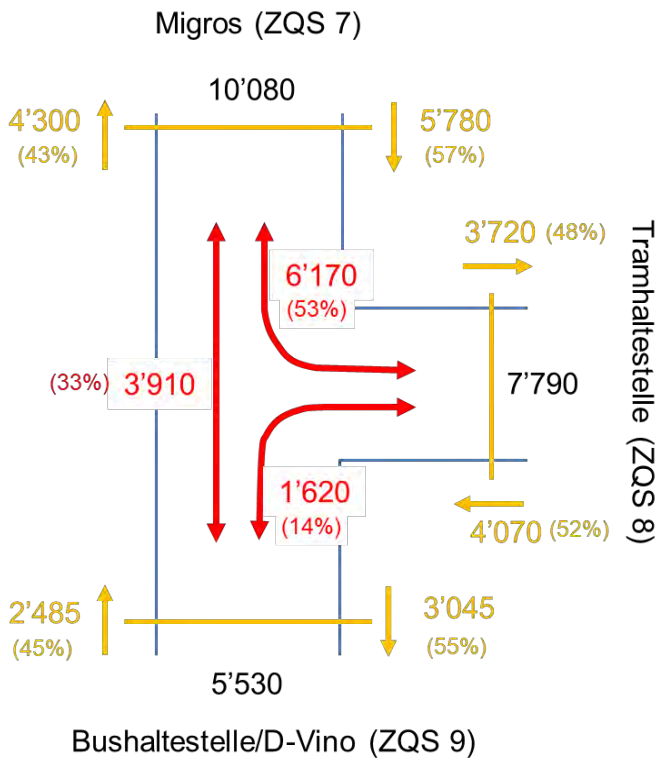


Abbildung 36: Tagestotal der PassantInnen nach Richtung an den Zählquerschnitten 7-9 (Durchschnitt aller Tage)[9]

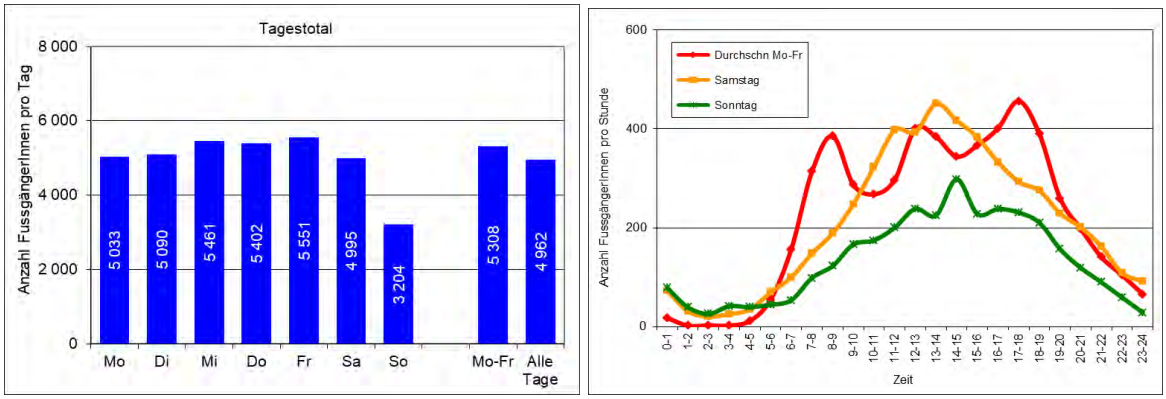
[9] Basis sind die kalibrierten Werte der automatischen Zählungen, jeweils gerundet auf 5 bzw. 10 Personen. Die rot eingefärbte Stromdarstellung wurde aus den anderen Werten berechnet und nicht erhoben.

4.1.4 Bereich West: Zählquerschnitt 10

► Übergang von Bushaltestelle/D-Vino zu Tramhaltestelle

Am Querschnitt 10 ist das Tagesaufkommen über die Woche erstaunlich konstant mit etwas mehr als 5‘000 Personen, die hier die Strasse überqueren. Nur am Sonntag ist die Zahl mit 3‘200 PassantInnen deutlich niedriger. Über den Tag sind unter der Woche (Montag bis Freitag) drei Spitzen auszumachen; eine am Morgen, eine am Mittag und eine am Abend. Die Morgen- und Mittagsspitzen sind etwa gleich hoch, am Abend ist das Aufkommen mit rund 450 Personen zwischen 17 und 18 Uhr leicht höher. Am Samstagmittag zwischen 13 und 14 Uhr sind gleich viele Personen unterwegs wie in der Spitzenstunde unter der Woche. Sowohl samstags wie sonntags gibt es jeweils nur eine Spitze – am Sonntag liegt sie zwischen 14 und 15 Uhr und ist damit etwas später als am Samstag. Angesichts der Nähe der Langstrasse ist es eher überraschend, dass es am Wochenende nach Mitternacht nur ein geringfügig erhöhtes Aufkommen gibt.

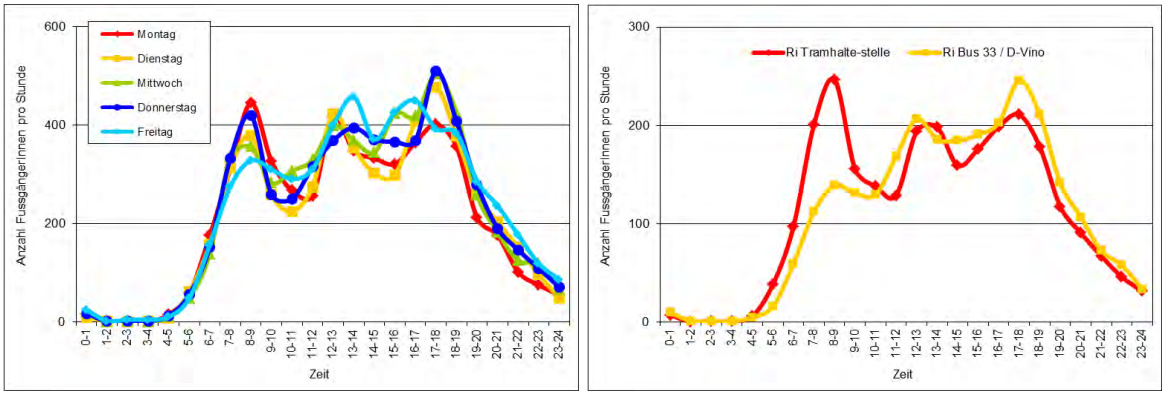
Abbildung 37: Durchschnittliches Tagesaufkommen und Tagesganglinie (Durchschnitt Mo-Fr, Sa, So) am Zählquerschnitt 10: Übergang von der Bushaltestelle/D-Vino zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



Die einzelnen Werktage (Montag bis Freitag) zeigen mit Ausnahme des Freitags einen sehr ähnlichen Tagesgang. Am Freitag sind die Morgen- und Abendspitze deutlich kleiner, dafür gibt es am Mittag ein etwas höheres und leicht späteres Aufkommen als an den anderen Tagen. Möglicherweise ist auch die Abendspitze nur etwas vorverschoben auf die Zeit zwischen 16 und 17 Uhr. Am Montagabend ist die Abendspitze ebenfalls etwa auf dem Niveau des Freitags. Erstaunlich ist, dass am Freitagabend nichts vom Freizeitverkehr (Ausgang, Restaurant- und Kinobesuch etc.) sichtbar ist, was wegen der Nähe der Langstrasse eigentlich zu erwarten wäre.

Abbildung 38: Tagesganglinien Montag bis Freitag; Aufkommen nach Richtungen (Durchschnitt: Mo-Fr)

Zählquerschnitt 10: Übergang von der Bushaltestelle/D-Vino zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



Der Tagesgang nach Richtungen zeigt eine markante Morgenspitze Richtung Tramhaltestelle. Das sind möglicherweise Personen aus dem Quartier sowie solche, die vom 32-er Bus aufs Tram umsteigen. Die Abendspitze in die andere Richtung (Bushaltestelle/D-Vino) ist entsprechend etwas höher. Am Mittag gibt es kaum Unterschiede nach Richtung. Dies gilt auch für die Wochenenden (siehe Darstellung im Anhang 7.2.3). Und auch die Richtungsanteile über den Tag sind praktisch ausgeglichen: 2‘430 Personen (=49%) Richtung Bus- und 2‘435 Personen Richtung Tramhaltestelle (=51%).

4.1.5 Bereich Südwest: Zählquerschnitte 11-14

► **Übergange vom Restaurant Kornhaus zum Kiosk bzw. zur Tramhaltestelle sowie von der Tramhaltestelle zum Kiosk**

An den drei Querschnitten 11, 12 und 13 wird das höchste Tagesaufkommen jeweils gegen Ende der Woche erreicht: Donnerstag und Freitag weisen die höchsten Frequenzen auf. Montag bis Mittwoch liegen sie etwas tiefer, der Samstag ist dazwischen (siehe Abbildung 39:). Am Sonntag hingegen sind an allen Querschnitten deutlich weniger Personen unterwegs – es ist noch rund die Hälfte. Der DTV über alle Tage beträgt zwischen 3‘100 und 4‘400 Personen. Zu berücksichtigen ist, dass die Daten am Zählquerschnitt 12 nicht kalibriert sind und für den Zählquerschnitt 14 nur Werte von drei Tagen vorliegen und entsprechend keine Aussage über die Entwicklung während der Woche gemacht werden kann.

Im Vergleich zu den anderen Zählquerschnitten am Limmatplatz ist das Aufkommen nicht so hoch wie aufgrund der allgemeinen Wahrnehmung des Platzes als Zugangsort zur Langstrasse zu erwarten gewesen wäre (siehe dazu auch Analyse zum Gesamtaufkommen am Platz, Kapitel 4.2.1).

Im Tagesverlauf sind unter der Woche deutlich zwei Spitzen am Mittag und Abend sowie eine kleinere Spitze am Morgen sichtbar. In der Abendspitze wird an den Querschnitten ein Aufkommen von zwischen 400 und 500 Personen pro Stunde erreicht.

Am Samstag gibt es ebenfalls zwei Spitzen: eine um die Mittagszeit, die bis in den frühen Nachmittag hineinreicht und eine am späteren Nachmittag. Hier werden jeweils zwischen 300 und 400 Personen pro Stunde erreicht. Am Samstagabend gibt es zwischen 21 und 24 Uhr nochmals eine Zunahme des Aufkommens – es erreicht jedoch nur rund 200 Personen. Der Ausgehverkehr hält dann jedoch bis in die frühen Morgenstunden des Sonntags an. Über den Sonntag gesehen verläuft die Ganglinie relativ flach – sie nimmt bis am frühen Nachmittag stetig leicht zu, bleibt dann auf diesem Niveau von 100 bis 200 Personen und sinkt nach 19 Uhr wieder ab.

Das Aufkommen zwischen den einzelnen Werktagen (Montag bis Freitag) schwankt zum Teil stark (siehe Abbildung 40:). Vor allem am Mittag differiert das Aufkommen je nach Wochentag stark, wobei der Donnerstagmittag zu den Tagen mit dem höchsten, Montag und Mittwoch zu den tendenziell tiefer frequentierten Tagen gehören. Im Gegensatz zu anderen Querschnitten liegt der Freitag hier nicht besonders tief, sondern im Mittel der anderen Tage. Erstaunlich ist, dass selbst am Freitagabend mit Ausnahme des Zählquerschnitts 13 kein erhöhtes Aufkommen feststellbar ist, am Zählquerschnitt 12 – also am Eingang zur Langstrasse – sogar ein besonders niedriges, was nicht sehr plausibel scheint.

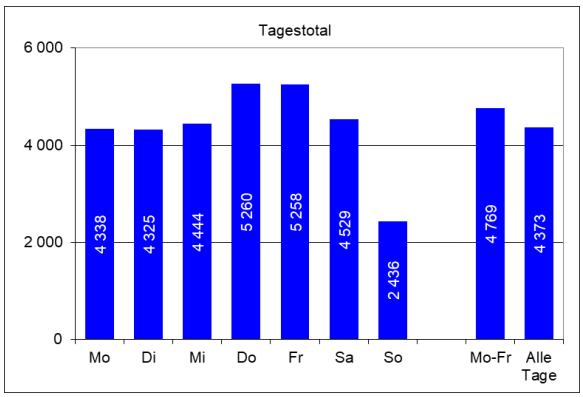
Die Richtungsverteilung am Zählquerschnitt 11 verläuft über den Tag ziemlich ausgeglichen: Einzig am Morgen, frühen Nachmittag und spätabends überwiegt der Strom Richtung Mittelinsel (und von dort zur Tramhaltestelle, siehe unten). An den Zählquerschnitten 12 und 13 überwiegt der Strom Richtung Mittelinsel und Tramhaltestelle deutlich. Am Zählquerschnitt 14 ist der Strom Richtung Kiosk, also von der Tramhaltestelle weg über den ganzen Tag grösser. Allerdings basiert diese Angabe nur auf der Messung eines Tages und auf einer relativ schlechten Erhebungsgrundlage.

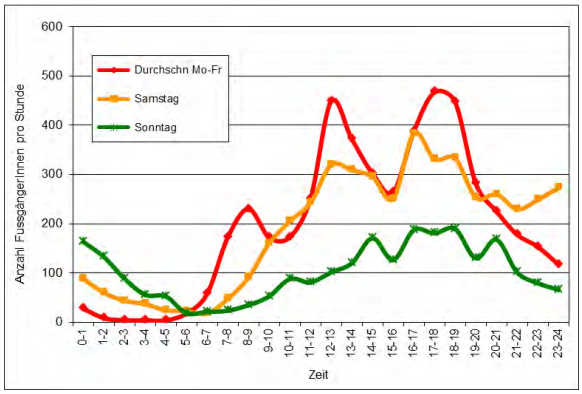
An den Wochenenden (siehe Darstellungen im Anhang 7.2.4) ist insbesondere an den Zählquerschnitten 11 und 13 das Aufkommen in Richtung Tramhaltestelle meist deutlich grösser als in Richtung Langstrasse. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Menschen die Langstrasse tendenziell eher von Süd nach Nord begehen als umgekehrt. Dass der Limmatplatz weniger als Zugang sondern mehr als Endpunkt dient, von wo aus die Langstrasse verlassen wird.

Den deutlichen Überhang in Richtung Tramhaltestelle wird auch aus dem Stromdiagramm ersichtlich (siehe Abbildung 41:). Knapp die Hälfte aller Bewegungen (46%) geschieht auf der Achse Restaurant Kornhaus-Tramhaltestelle mit der überwiegenden Gehrichtung Tramhaltestelle. 24% kommen von Seite Kiosk auf der östlichen Seite der Langstrasse her Richtung Tramhaltestelle. Auch hier überwiegt der Strom in Richtung Haltestelle. Rund 30% queren den Fussgängerstreifen vom Restaurant Kornhaus in Richtung Kiosk bzw. umgekehrt.

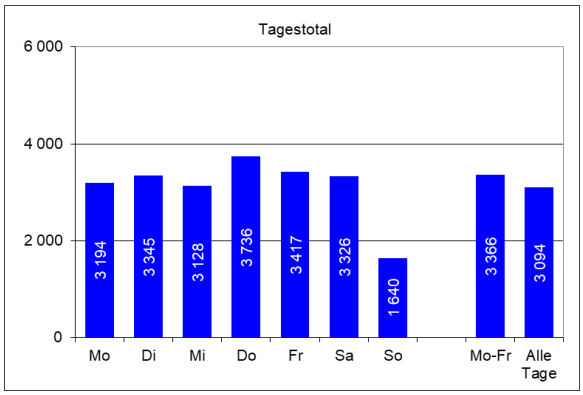
Abbildung 39: Durchschnittliches Tagesaufkommen und Tagesganglinie (Durchschnitt Mo-Fr, Sa, So) an den Zählquerschnitten 11-14

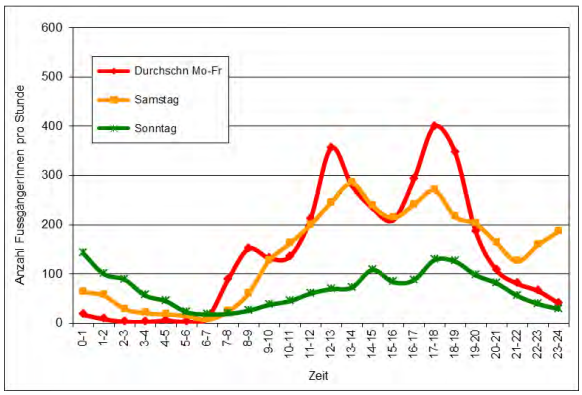
Zählquerschnitt 11: Übergang vom Restaurant Kornhaus zur Mittelinsel bzw. umgekehrt



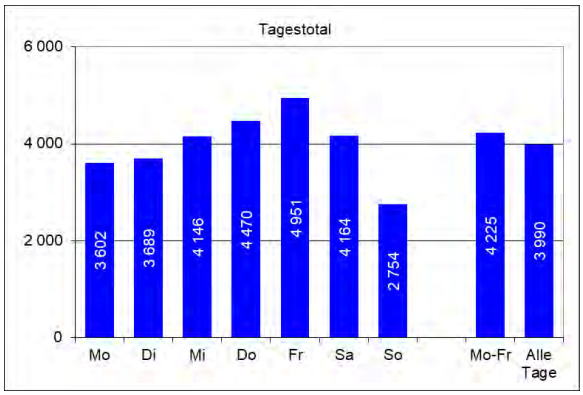


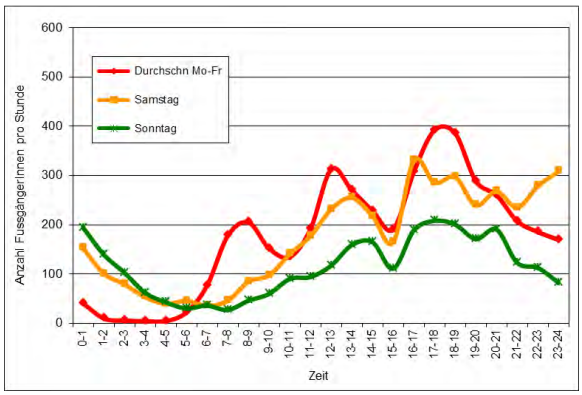
Zählquerschnitt 12: Übergang von der Mittelinsel zum Kiosk bzw. umgekehrt



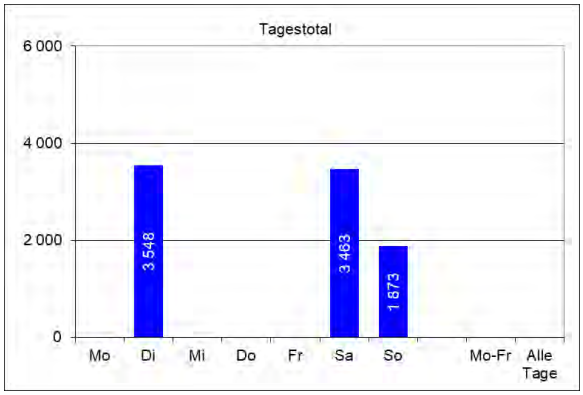


Zählquerschnitt 13: Zugang von der Mittelinsel zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt (ohne Strassenquerung)





Zählquerschnitt 14: Übergang vom Kiosk zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



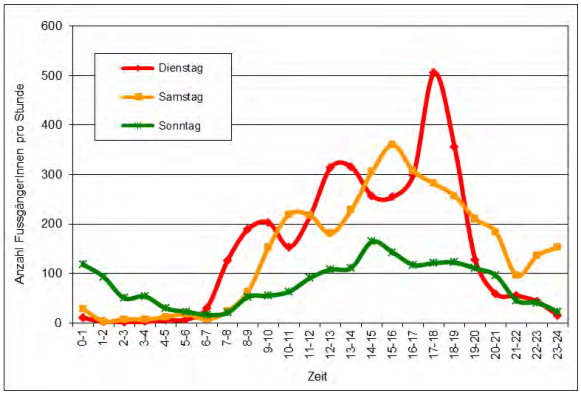
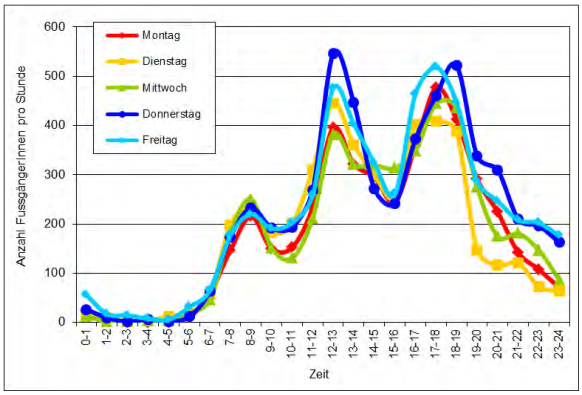
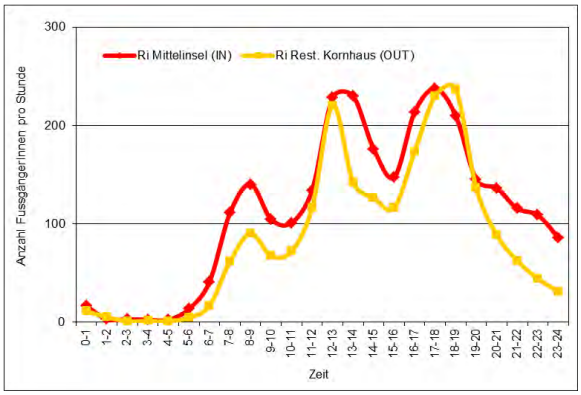


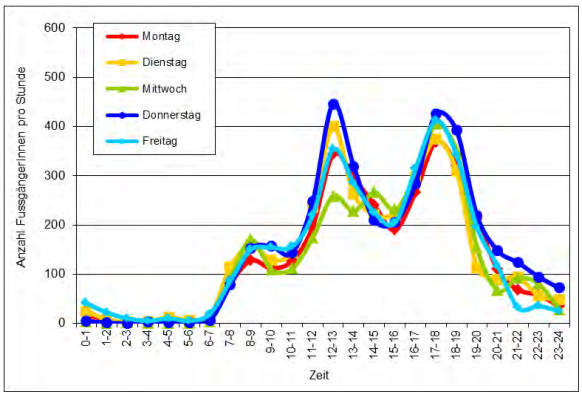
Abbildung 40: Tagesganglinien Montag bis Freitag; Aufkommen nach Richtungen (Durchschnitt: Mo-Fr) an den Zählquerschnitten 11-14

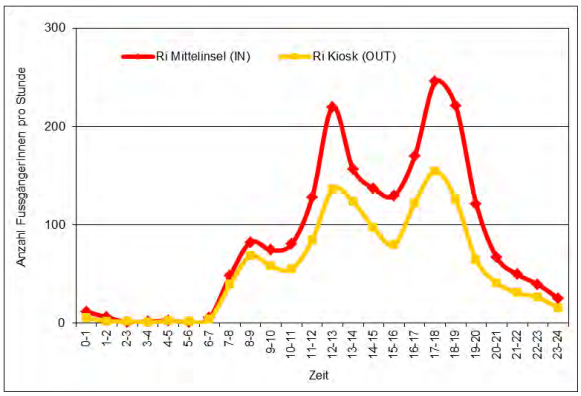
Zählquerschnitt 11: Übergang vom Restaurant Kornhaus zur Mittelinsel bzw. umgekehrt



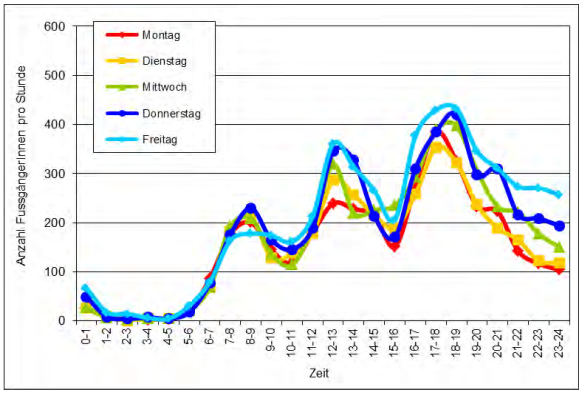


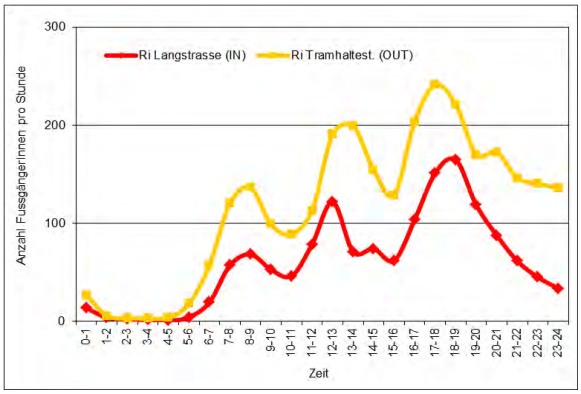
Zählquerschnitt 12: Übergang von der Mittelinsel zum Kiosk bzw. umgekehrt



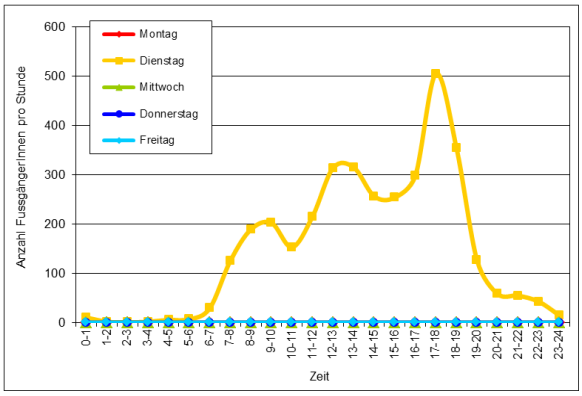


Zählquerschnitt 13: Zugang von der Mittelinsel zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt (ohne Strassenquerung)





Zählquerschnitt 14: Übergang vom Kiosk zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



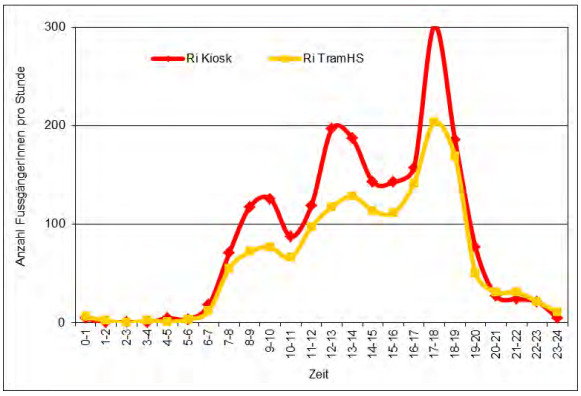
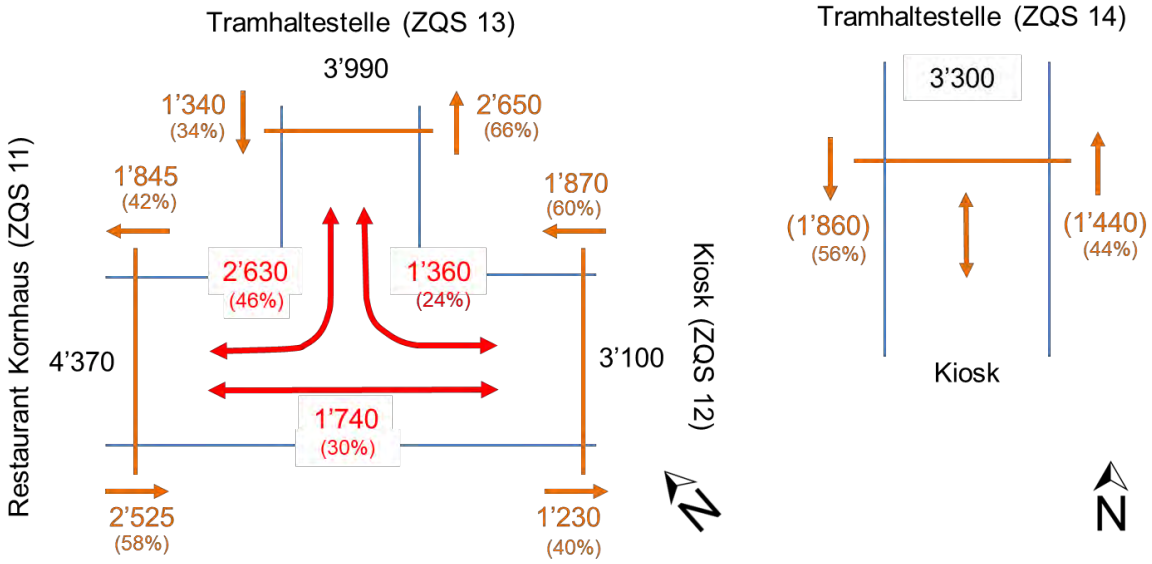


Abbildung 41: Tagestotal der PassantInnen nach Richtung an den Zählquerschnitten 11-14 (Durchschnitt aller Tage) [10]



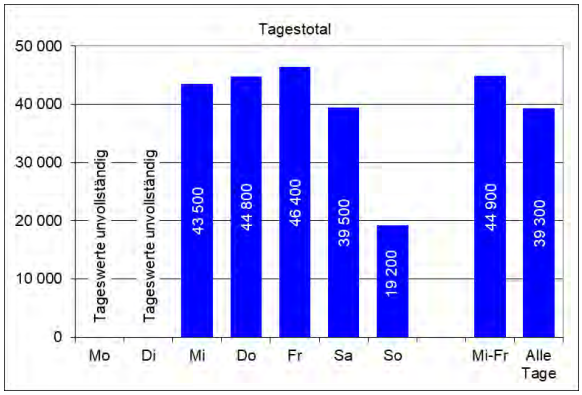
[10] Basis sind die kalibrierten Werte der automatischen Zählungen, jeweils gerundet auf 5 bzw. 10 Personen. Die rot eingefärbte Stromdarstellung wurde aus den anderen Werten berechnet und nicht erhoben.

4.2 Das Fussverkehrsaufkommen am Limmatplatz insgesamt

4.2.1 Durchschnittliches Tagestotal und Tagesganglinien ganzer Limmatplatz

Insgesamt wurden an allen Zählquerschnitten zusammen pro Tag rund 70‘000 Personen erfasst. Ein Teil wurde dabei aber mehrfach gezählt, z.B. von der Tramhaltestelle zur Mittelinsel und von da weiter zum Trottoir. Deshalb werden im Folgenden die Personen pro Bereich nur einmal berücksichtigt. Es ist natürlich möglich, dass jemand z.B. von der Post via Tramhaltestelle zur Migros gegangen ist und dabei zwei oder mehrere Bereiche überquert hat. So wird diese Person auch in dieser Darstellung zwei oder mehrere Mal gezählt. Dies dürfte aber nur für einen kleinen Teil der Zufussgehenden zugetroffen haben. Wie bei anderen Verkehrszählungen nicht berücksichtigt ist, dass eine Person mehrmals pro Tag einen Zählquerschnitt passieren kann, z.B. am Morgen auf dem Weg zur Arbeit und am Abend wieder zurück nach Hause. Eine solche Person wird auch im Motorfahrzeugverkehr oder im öffentlichen Verkehr zwei Mal gezählt.

Tagestotal: Nimmt man – wie erwähnt – nur die Bewegungen innerhalb der Bereiche als Referenz, so beträgt das durchschnittliche Fussverkehrsaufkommen pro Tag am ganzen Platz rund 39‘000 Personen. Unter der Woche (Mittwoch bis Freitag[11]) sind es mit knapp 45‘000 FussgängerInnen deutlich mehr als am Sonntag mit rund 19‘000 PassantInnen. Generell nimmt das Aufkommen von Mittwoch bis Freitag leicht zu, Spitzentag ist der Freitag mit einem Aufkommen von 46‘400 Personen pro Tag.

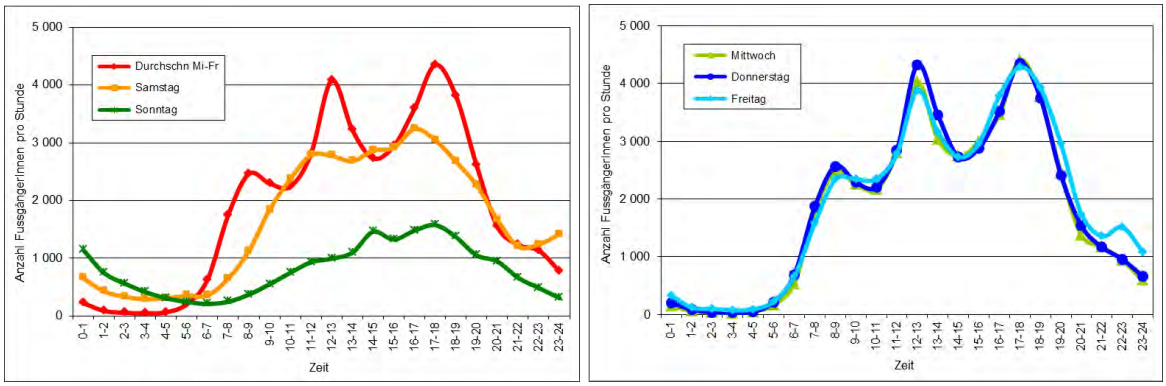


Erstaunlich ist, dass das Aufkommen am Samstag mit 39‘500 Personen niedriger ist als jenes von Mittwoch bis Freitag, handelt es sich doch hier um einen zentralen Ort mit vielen Einkaufsmöglichkeiten und Freizeitangeboten. Bei letzteren ist vor allem an die Langstrasse mit dem grossen Restaurant- und Unterhaltungsangebot zu denken.

Abbildung 42: Durchschnittliches tägliches Fussgängeraufkommen (DTV) am Limmatplatz

Tagesganglinien: Der Tagesgang von Montag bis Freitag zeigt zwei deutliche Spitzen: eine über Mittag zwischen 12 und 13 Uhr und die andere am Abend zwischen 17 und 18 Uhr. Beide Spitzen sind mit einem Aufkommen von etwas über 4‘000 Personen pro Stunde etwa gleich hoch. Die Morgenspitze ist dagegen mit nur rund 2‘500 Personen deutlich niedriger.

Abbildung 43: Tagesganglinien über den ganzen Limmatplatz nach Wochentagen (Durchschnitt Mittwoch-Freitag, Samstag und Sonntag)



[11] Weil an mehreren Zählstellen für die Montage und Dienstage nur unvollständige Tageswerte vorhanden sind, wurden nur die Wochentage von Mittwoch bis Freitag in diesen Vergleich miteinbezogen.

Zwischen Montag bis Freitag sind die Unterschiede im Tagesverlauf gering. Am Donnerstag scheint das Aufkommen über den Tag etwas grösser als am Mittwoch und Freitag. Am letztgenannten Tag gibt es dafür nochmals eine kleine Spitze zwischen 22 und 23 Uhr.

An den Samstagen gibt ebenfalls zwei, allerdings weniger ausgeprägte, dafür etwas breitere Spitzen: von 11 bis 13 Uhr und von 16 bis 18 Uhr. Am späten Abend (nach 22 Uhr) nimmt das Aufkommen nochmals leicht zu und setzt sich in den Sonntagmorgen hinein fort. Zwischen Mitternacht und 1 Uhr am Sonntag sind über 1‘000 Personen am Limmatplatz unterwegs. Dieser Wert wird am Sonntagnachmittag und -abend zwischen 14 und 19 Uhr nochmals leicht übertroffen.

4.2.2 Wettereinfluss auf das Fussverkehrsaufkommen

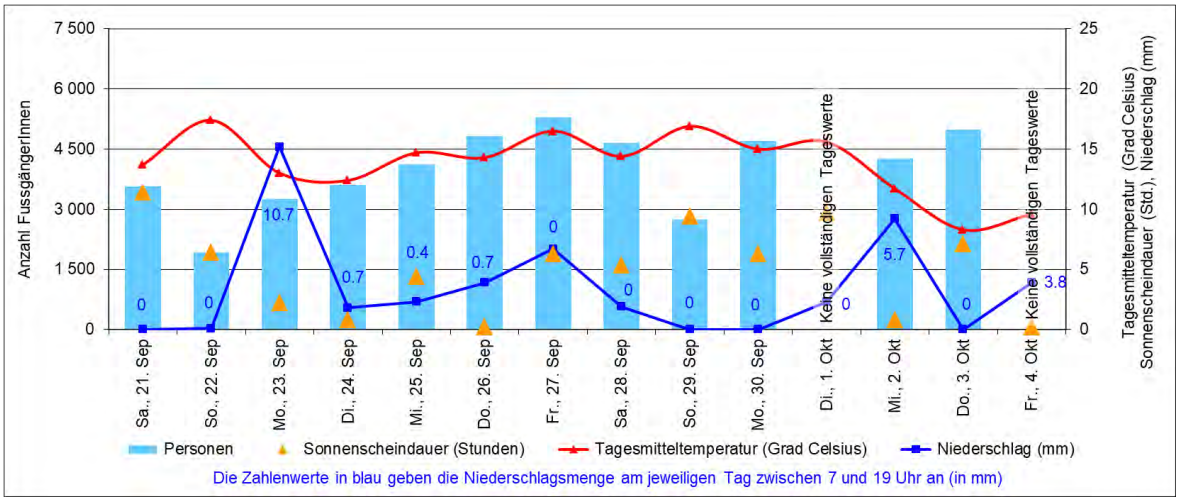
Hat das Wetter einen Einfluss auf das Fussgänger-Aufkommen am Limmatplatz? Und wenn ja, welchen? Um dies zu prüfen, werden die Resultate der Zählquerschnitte in Beziehung zu Wetterkennwerten wie Sonnenscheindauer, mittlerer Temperatur und der Niederschlagsmenge pro Tag gesetzt. Die untenstehende Abbildung zeigt die entsprechenden Werte für die einzelnen Erhebungstage. Da nicht an allen Zählquerschnitten für jeden Tag die (kompletten) Daten zum Fussverkehrsaufkommen vorliegen, musste eine Auswahl von Zählstellen mit den vollständigsten Werten ausgewählt werden. Sie sollten möglichst alle Typen von Aufkommen und Tagesganglinien repräsentieren. In Abbildung 44: sind die Tageswerte der Zählquerschnitte 3, 9, 10, 11, 12 und 13 eingeflossen, woraus ein Mittelwert berechnet wurde. Für zwei Tage, den Dienstag, 1. und den Freitag, 4. Oktober liegen keine vollständigen Werte vor. Deshalb wurden sie weggelassen.

Wie schon in Kapitel 2.3 geschildert, war das Wetter durchzogen mit einer häufigen Mischung aus Sonne und Wolken sowie Niederschlag. Am Morgen gab es zum Teil Nebel oder hochnebelartige Bewölkung. Fast jeden Tag gab es mindestens ein paar Minuten Sonnenschein. Uneingeschränkt sonnig war es nur zu Beginn der Zählung am Samstag, 21. September. Ebenfalls relativ schönes Wetter mit etwas mehr Sonne gab es vom Sonntag, 29. September bis Dienstag, 1. Oktober.

In der ganzen Erhebungszeit regnete es an 9 von 14 Zähltagen, an 3 dieser 9 Tage fiel der Regen allerdings nur nachts. So zeigen die Wetterdaten vom Freitag, 27. September zum Beispiel, dass es insgesamt 6.7 mm Niederschlag gab, zwischen 7 und 19 Uhr aber kein Regen fiel. Am Montag, 23. September gab es am meisten Niederschlag.

Die Temperaturen bewegten sich den grössten Teil der Zeit um die 15 Grad Celsius, erst ab Mittwoch, 2. Oktober fielen sie darunter.

Abbildung 44: Fussverkehrsaufkommen und Wetterkennwerte: Sonnenscheindauer, Temperatur und Niederschlag pro Tag nach Erhebungstagen



Quelle Wetterdaten: MeteoSchweiz 2020 (siehe https://opendata.swiss/de/dataset/klimamessnetz-tageswerte)

In der obigen Abbildung ist es schwierig zu erkennen, ob ein Zusammenhang zwischen Wetter und Fussverkehrsaufkommen vorliegt. Deshalb wurde aus den obigen Daten eine Matrix mit den Wetterkennwerten erstellt. Weggelassen wurden die Sonntage, da an diesen Tagen das Aufkommen unabhängig vom Wetter deutlich niedriger ist. Der Samstag liegt hingegen meist im Durchschnitt der Wochentage von Montag bis Freitag.

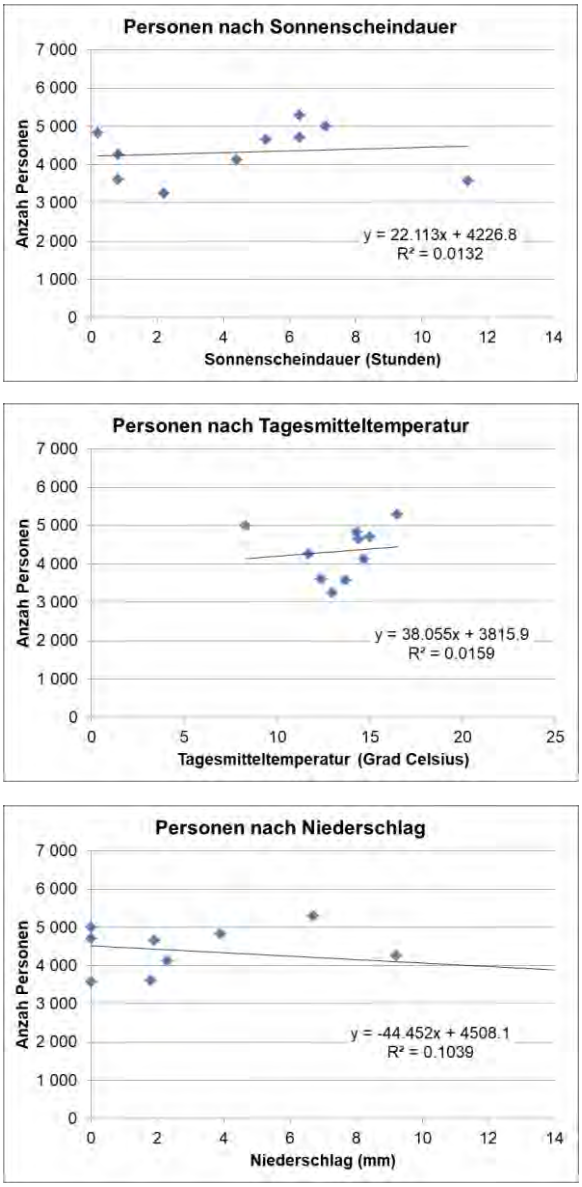


Abbildung 45: Zusammenhang von Fussverkehrsaufkommen und Wetterkennwerten wie Sonnenscheindauer (oben), Temperatur (Mitte) und Niederschlag pro Tag (unten)

Die Resultate zeigen, dass der Zusammenhang von Aufkommen und Sonnenscheindauer, Temperatur und Niederschlagsmenge in die erwartete Richtung geht. Das heisst, je mehr Sonnenschein, je höher die Temperatur und je geringer die Niederschlagsmenge, desto grösser ist tendenziell das Fussverkehrsaufkommen. Der Zusammenhang ist allerdings sehr schwach und statistisch nicht signifikant. Das Bestimmtheitsmass R^2 für den Zusammenhang beträgt bei der Sonnenscheindauer nur 0.013, bei der Temperatur 0.016 und beim Niederschlag 0.104. Das ist vernachlässigbar klein und zeigt, dass das Wetter zumindest während der kurzen Erhebungsphase im späten September und frühen Oktober 2019 praktisch keinen Einfluss auf das Fussverkehrsaufkommen hatte. Dieser Befund deckt sich mit anderen Resultaten, die zeigen, dass der Pendler- und der Einkaufsverkehr wenig wetterabhängig sind. Etwas grösser ist der Einfluss des Wetters bei Freizeitaktivitäten, insbesondere mit Bezug zur Erholung (Spazieren etc.).

4.2.3 Durchschnittliches Tagestotal nach Querschnitt

Die Übergänge auf der nördlichen Seite des Limmatplatzes werden deutlich häufiger frequentiert als jene auf der südlichen Seite, also beim Zugang zur Langstrasse.

Die mit Abstand höchsten Fussgänger-Frequenzen pro Übergang werden mit etwas über 10‘000 Personen pro Tag am Querschnitt 7 beim Übergang von der Migros zur Mittelinsel bzw. umgekehrt erreicht. Start frequentiert sind sodann die Fortsetzung von dieser Mittelinsel Richtung Tramhaltestelle (Zählquerschnitt 8) mit knapp 7‘800 Personen sowie der Zugang zur Bushaltestelle auf der Seite Kornhausbrücke (Zählquerschnitt 4) mit etwas unter 7‘300 Zufussgehenden.

Im Bereich um 5‘000 Personen pro Tag liegen die Zählquerschnitte 5, 8 und 9. Alle übrigen Querschnitte weisen ein tägliches Aufkommen zwischen rund 2‘500 und 4‘300 Personen auf. Sie befinden sich vor allem südöstlichen und südwestlichen Teil des Limmatplatzes.

Abbildung 46: Durchschnittliches tägliches Fussverkehrsaufkommen (DTV) nach Zählquerschnitten *

Legende: DTV Fussverkehr 1 Querschnitt-Nr.

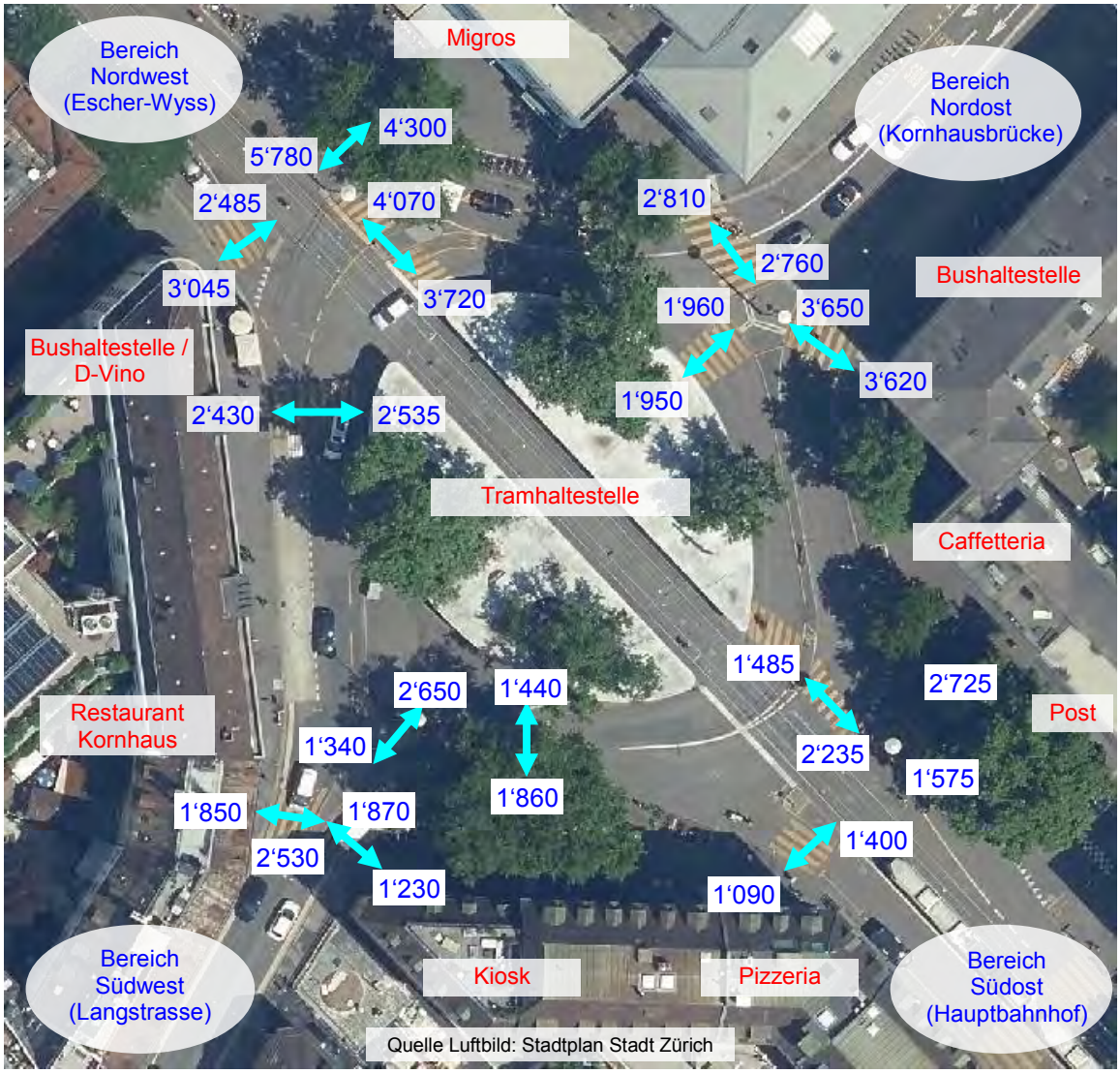
* Bei den hier dargestellten Werten handelt es sich um den durchschnittlichen Tagesverkehr über alle Wochentage. Er wird als DTV bezeichnet. An allen Zählstellen ist der DWV, also der durchschnittliche tägliche Werktagsverkehr von Montag bis Freitag jeweils deutlich höher (siehe Tabelle 4:).

4.2.4 Durchschnittliches Tagestotal nach Querschnitt und Richtung

Eine Aufschlüsselung nach Richtungen zeigt je nach Bereich ein unterschiedliches Bild:

- Im südöstlichen Bereich besteht ein starker Überhang von Personen, die Richtung Norden, d.h. Richtung Post und Caffetteria gehen.
- Im nordöstlichen Bereich, also auf Seiten Kornhausbrücke sind die Richtungsanteile dagegen sehr ausgeglichen.
- Im nordwestlichen Bereich bewegen sich mehr Personen von Seiten der Migros Richtung Süden, also zur Bushaltestelle beim D-Vino. Hingegen sind etwas mehr Personen von der Tramhaltestelle zur Mittelinsel vor der Migros unterwegs als umgekehrt.
- Bei der Verbindung zwischen Bus- und Tramhaltestelle beim D-Vino sind die Richtungsanteile relativ ausgeglichen.
- Im südwestlichen Bereich sind die Bewegungen aus der Langstrasse Richtung Mittelinsel und weiter Richtung Tramhaltestelle deutlich in der Überzahl.

Abbildung 47: Durchschnittliches tägliches Fussverkehrsaufkommen (DTV) nach Richtungen *



Legende: ↔ DTV Fussverkehr nach Richtung

* Bei den hier dargestellten Werten handelt es sich um den durchschnittlichen Tagesverkehr über alle Wochentage. Er wird als DTV bezeichnet. An allen Zählstellen ist der DWV, also der durchschnittliche tägliche Werktagsverkehr von Montag bis Freitag jeweils deutlich höher (siehe Tabelle 4:.

4.2.5 Durchschnittliches Tagestotal nach Bereich und Wegbeziehung (Ströme)

Der weitaus stärkste PassantInnenstrom ist jener zwischen Tramhaltestelle und Migros: über 6‘000 Personen pro Tag nehmen diesen Weg. Ebenfalls stark frequentiert ist der Übergang zwischen Bus- und Tramhaltestelle beim D-Vino mit knapp 5‘000 Personen pro Tag sowie die Verbindung von Migros zur Bushaltestelle auf Seiten Kornhausbrücke mit rund 4‘500 täglichen Querungen.

Auch weitere Verbindungen zum öffentlichen Verkehr sind gut genutzt, z.B. vom Kiosk im Süden zur Tramhaltestelle; von der Tram- zur Bushaltestelle auf Seiten Kornhausbrücke; die Verbindung zwischen Tramhaltelle und Post im südöstlichen Bereich sowie zwischen Restaurant Kornhaus und der Tramhaltestelle. Auf all diesen Verbindungen bewegen sich die täglichen Frequenzen zwischen 2‘600 bis 3‘300 Personen.

Am wenigsten begangen sind die Verbindungen im südöstlichen Bereich von der Pizzeria Richtung Tramhaltestelle bzw. Post; von der Migros zur Tramhaltestelle (via Mittelinsel Seite Kornhausbrücke); von D-Vino zur Tramhaltstelle (nahe der Migros) sowie zwischen der südwestlichen Ecke der Langstrasse Richtung Tramhaltestelle bzw. Kornhaus. An diesen Verbindungen liegen die Frequenzen zwischen rund 950 und 1‘700 Personen pro Tag.

Abbildung 48: Durchschnittliches tägliches Fussverkehrsaufkommen (DTV) nach Wegbeziehungen (Strömen) *

Legende: ↔ DTV Fussverkehr

* Bei den hier dargestellten Werten handelt es sich um den durchschnittlichen Tagesverkehr über alle Wochentage. Er wird als DTV bezeichnet. An allen Zählstellen ist der DWV, also der durchschnittliche tägliche Werktagsverkehr von Montag bis Freitag jeweils deutlich höher (siehe Tabelle 4:.

4.2.6 Durchschnittliches Tagestotal nach Bereich, Wegbeziehung und Wochentag

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über das durchschnittliche tägliche Fussverkehrsaufkommen am Limmatplatz nach Bereichen, Wegbeziehungen und Wochentagen. Es zeigt auch die Anteile der jeweiligen Ströme innerhalb der einzelnen Bereiche.

Tabelle 4: Durchschnittliches tägliches Fussverkehrsaufkommen am Limmatplatz nach Bereichen, Wegbeziehungen und Wochentagen (Werte auf 5 Personen gerundet)

ZQS	Bereich	Personenströme				Anteil der Ströme pro Bereich			
		Alle Tage	Mi-Fr*	Sa	So	Alle Tage	Mi-Fr*	Sa	So
Bereich Südost									
1-2	Tram-HS - Caffetteria/Post	2'765	2'815	2'550	1'650	53%	48%	53%	57%
1-3	Pizzeria - Caffetteria/Post	1'535	1'815	1'530	900	29%	31%	32%	31%
2-3	Pizzeria - Tram-HS	955	1'245	750	350	18%	21%	16%	12%
	Total	**5'255**	**5'875**	**4'830**	**2'900**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**
Bereich Nordost									
4-5	Bushaltestelle - Migros	4'465	5'425	3'665	880	53%	56%	49%	24%
4-6	Bus-HS- Tram-HS	2'805	3'135	2'405	1'650	33%	33%	32%	44%
5-6	Tram-HS - Migros	1'105	1'045	1'435	1'200	13%	11%	19%	32%
	Total	**8'375**	**9'605**	**7'505**	**3'730**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**
Bereich Nordwest / West									
7-8	Migros - Bus-HS	3'910	4'770	3'890	1'370	33%	34%	31%	33%
7-9	Migros - Tram-HS	6'170	7'370	7'310	1'410	53%	53%	58%	34%
8-9	Bus-HS/D-Vino - Tram-HS	1'620	1'780	1'470	1'320	14%	13%	12%	32%
	Total	**11'700**	**13'920**	**12'670**	**4'100**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**
10	**Bus-HS/D-Vino - Tram-HS**	**4'965**	**5'470**	**4'995**	**3'200**	**---**	**---**	**---**	**---**
Bereich Südwest / Süd									
11-12	Rest. Kornhaus - Kiosk	1'740	1'950	1'850	665	30%	30%	31%	19%
11-13	Rest. Kornhaus - Tram-HS	2'630	3'040	2'680	1'775	46%	47%	45%	52%
12-13	Kiosk - Tram-HS	1'360	1'480	1'480	975	24%	23%	25%	29%
	Total	**5'730**	**6'470**	**6'010**	**3'415**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**
14	**Tram-HS – Kiosk ****	**3'300**	**3'550**	**3'465**	**1'875**	**---**	**---**	**---**	**---**
Gesamttotal									
	Alle Bereiche zusammen	**39'325**	**44'890**	**39'475**	**19'220**	---	---	---	---

* Da an verschiedenen Zählstellen die Werte von Montag und Dienstag fehlen und um die Daten zwischen den Zählstellen trotzdem vergleichbar zu machen, wird der Durchschnitt von Mittwoch bis Freitag genommen. Dies führt vermutlich zu einen kleinen Überschätzung, da an vielen Zählquerschnitten das Aufkommen gegen Ende Woche eher zunimmt.

** Hochgerechneter Wert für alle Tage sowie für Mittwoch bis Freitag aufgrund der Daten des Dienstags.

4.3 Vergleich des Fussverkehrsaufkommens mit anderen Verkehrsmitteln

4.3.1 Vergleich mit dem öffentlichen Verkehr

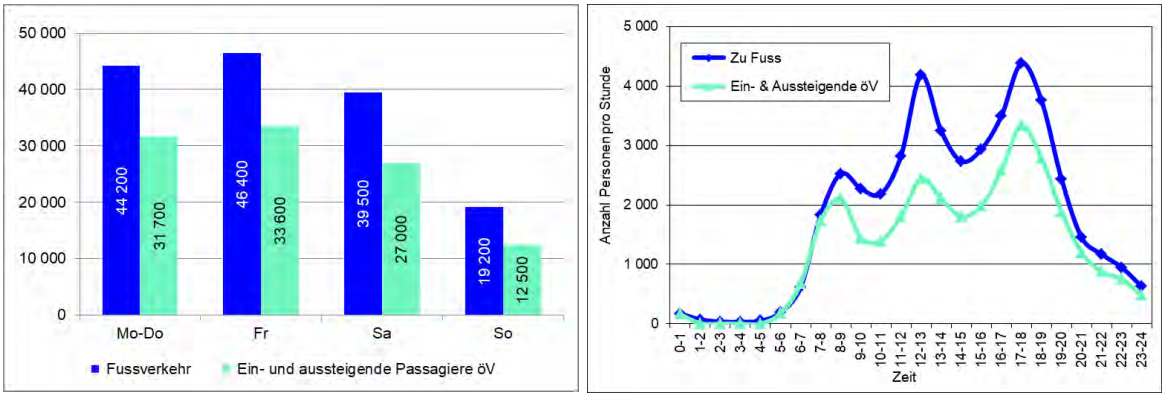
Die Verkehrsbetriebe der Stadt Zürich (VBZ) stellen die Daten der ein- und aussteigenden Passagiere pro Haltestelle frei zur Verfügung (https://data.stadt-zuerich.ch/dataset/vbz_fahrgastzahlen_ogd). Für den Limmatplatz wurde eine Gesamtauswertung aller ein- und austeigenden Personen gemacht. Zudem wurden nach Tram- und Buspassagieren unterschieden, bei letzteren auch die beiden Haltestellen auf Seite Kornhausbrücke bzw. auf Seite Langstrasse. Zu beachten ist, dass es sich bei den VBZ-Daten um berechnete Mittelwerte einzelner Fahrplanfahrten handelt, die aufs Jahr hochgerechnet worden sind und nicht um permanent gemessene Werte aus allen Fahrzeugen[12]. Die Werte der Fussgängerzählungen basieren nur auf den Erhebungen vom 22. September bis 4. Oktober 2019.

Aus diesem Grund und weil nur ein Teil der Zufussgehenden auch den öV nutzt, ist ein direkter Vergleich von Fussverkehrs- und Passagier-Daten höchstens beschränkt möglich. Vergleichen lässt sich am ehesten die Zahl aller ein- und aussteigenden Passagiere sowie jener an der Haltestelle des 32er-Buses auf Seiten der Kornhausbrücke. Die anderen Haltestellen haben mehrere Zugänge wodurch sich keine klare Zuordnung vornehmen lässt.

Limmatplatz insgesamt

In der folgenden Abbildung sind die Tageswerte sowie die Tages-Ganglinien des Fussverkehrs und der Ein- und Aussteigenden des öV am Limmatplatz abgetragen. Die Darstellung zeigt, dass der Anteil der ein- und aussteigenden Passagiere am Fussverkehrsaufkommen von Montag bis Donnerstag sowie am Freitag jeweils 72% beträgt, am Samstag 68% und am Sonntag noch 65%.

Abbildung 49: Tagestotal Fussverkehrs-Aufkommen und ein- und aussteigende öV-Passagiere am Limmatplatz nach Wochentagen (links) sowie als Tagesganglinie Montag-Donnerstag (rechts) *



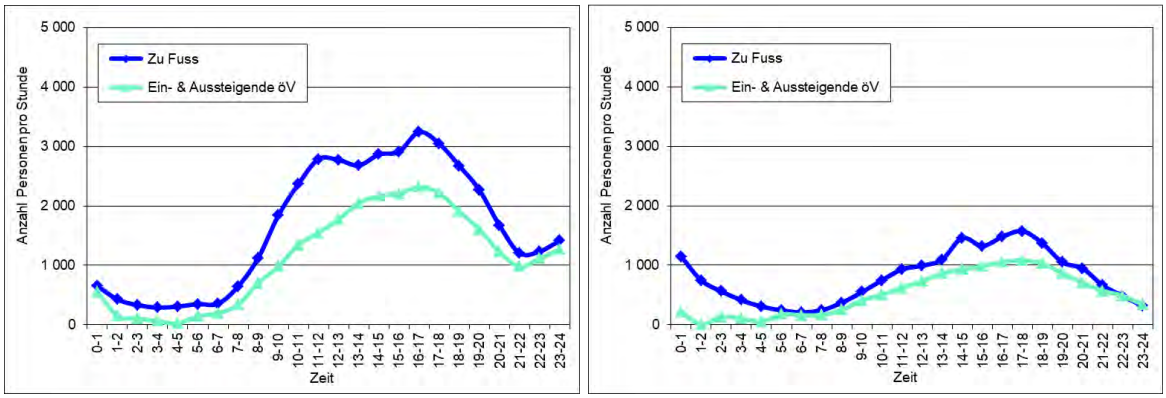
* Die Tagesganglinie des Freitags ist praktisch identisch mit jener der Zeit von Montag bis Donnerstag und wird deshalb hier nicht separat ausgewiesen

Der Tagesgang des Fussverkehrs und der ein- und aussteigenden öV-Passagiere weist grundsätzliche Ähnlichkeiten auf, allerdings ist von Montag bis Freitag die Mittagsspitze im öV deutlich weniger ausgeprägt als beim Fussverkehr, dafür die Morgenspitze verhältnismässig höher. Das ist plausibel, sind Tram und Bus doch stark auf den Pendlerverkehr ausgerichtet, während der Fussverkehr auch noch das Einkaufen und die Freizeit z.B. in Form von Restaurantbesuchen abbildet. Dies dürfte sich vor allem in der Mittagszeit zeigen, wenn zahlreiche Personen aus der Umgebung in der Migros ihr Mittagessen einkaufen gehen.

Am Samstag- und Sonntagnachmittag ist der Anteil der öV-Ein-und Aussteigenden mit rund 75% deutlich höher als am Morgen. Am späteren Abend nimmt der Anteil sogar auf 80% bis 90% zu. In der Nacht zeigt sich, dass zwar einige Personen die Nachtbusse am Wochenende nutzen, der grösste Teil des Aufkommens am Limmatplatz ist jedoch unabhängig vom öV. Dies gilt insbesondere für den Sonntag früh bis ca. 6 Uhr.

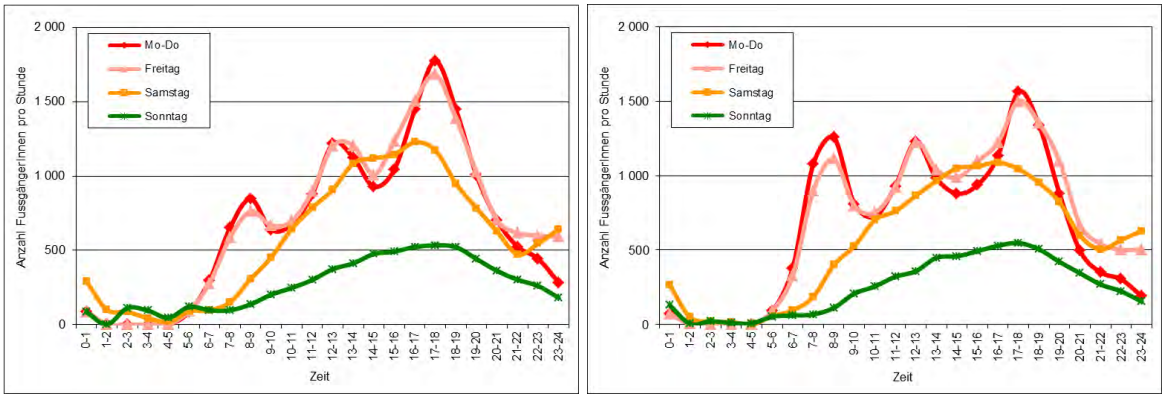
[12] Im Open-Data Portal wird erläuternd ergänzt: Die Frequenzerhebung erfolgt in den Fahrzeugen mit einer Zähleinrichtung, etwa 20% der Fahrzeuge der VBZ sind entsprechend ausgerüstet. Es erfolgt eine Schichtung nach Tagtyp, die auf Tages- bzw. Periodensummen hochgerechnet werden. Falls eine Planfahrt an einem Tagtyp nicht gemessen wurde, interpoliert das Zählsystem aus den benachbarten Fahrten.

Abbildung 50: Tagesganglinien der ein- und aussteigenden öV-Passagiere sowie des Fussverkehrs am Limmatplatz am Samstag (links) und Sonntag (rechts)



Ein Blick auf die getrennte Darstellung von Ein- bzw. Aussteigenden zeigt, dass das Aufkommen am Morgen unter der Woche (Montag bis Freitag) vor allem aus Ankommenden besteht. Einsteigende sind am Morgen seltener, dafür am Abend in der Überzahl. Am Wochenende gibt es kaum Unterschiede zwischen Ein- und Aussteigenden.

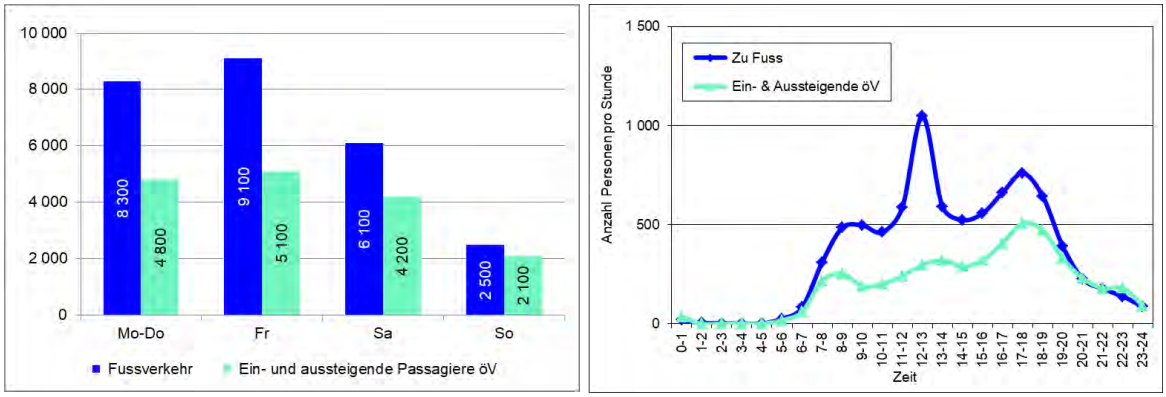
Abbildung 51: Aufkommen öV-Passagiere an den Haltestellen insgesamt des Limmatplatzes als Tagesganglinie nach Wochentagen: Einsteiger (links) und Aussteiger (rechts) (Jahresdurchschnittswerte)



Haltestelle des 32er-Buses auf Seiten der Kornhausbrücke beim Zählquerschnitt 4

Ein Vergleich zwischen den Ein- und Aussteigenden an der Haltestelle des 32er Busses bei der Kornhausbrücke und dem Aufkommen am Zählquerschnitt 4, der unmittelbar zur Haltestelle führt, zeigt, dass von Montag bis Donnerstag rund 58% der PassantInnen auch Buspassagiere sind, am Freitag sind es 56% bei insgesamt etwas höherem Aufkommen. Am Samstag steigt der Anteil der Buspassagiere an allen PassantInnen auf 69% und am Sonntag auf 84%.

Abbildung 52: Tagestotal Fussverkehr sowie ein- und aussteigende Passagiere an der Haltestelle des 32er-Buses (Seite Kornhausbrücke) nach Wochentagen (links) und als Tagesganglinie Montag-Donnerstag (rechts) *

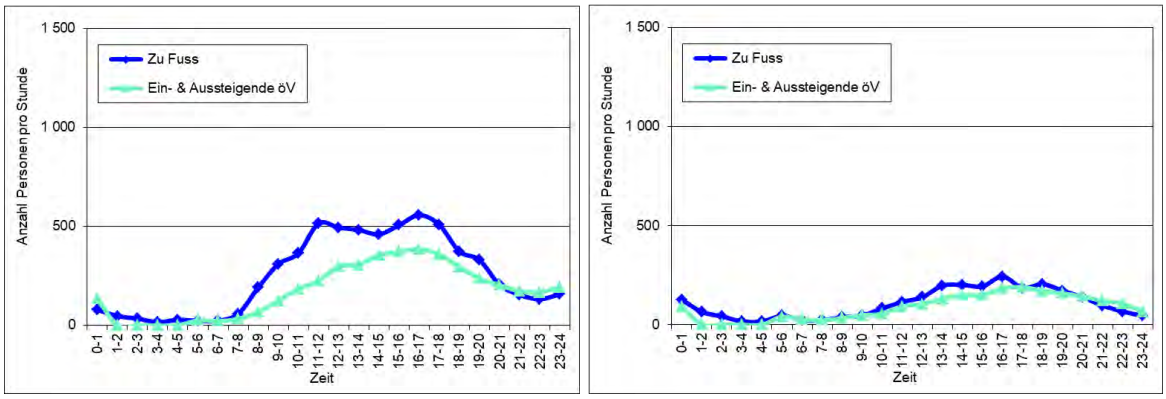


* Die Tagesganglinie des Freitags ist praktisch identisch mit jener der Zeit von Montag bis Donnerstag und wird deshalb hier nicht separat ausgewiesen

Im Tagesgang zeigt sich ein grosser Unterschied zwischen den beiden Strömen. Markant ist vor allem die grosse Spitze beim Fussverkehr über Mittag, die bei den Buspassagieren viel kleiner ausfällt. Dies dürfte vor allem darauf zurückzuführen sein, dass zahlreiche Personen aus der Umgebung in der Migros ihr Mittagessen einkaufen gehen. Am Morgen ist die Spitze bei den Buspassagieren etwas früher und deutlich geringer als im Fussverkehr allgemein, am Abend tritt die Spitze hingegen gleichzeitig auf.

Am Wochenende ist vor allem am Samstagabend und über den ganzen Sonntag hinweg das das Fussverkehrs-Aufkommen annähernd so hoch wie jenes der Buspassagiere. Da das Aufkommen der Buspassagiere, deren Zahl auf Jahresmittelwerten der VBZ basiert, grösser ist als das Fussverkehrsaufkommen gemäss Zählung im Herbst 2019, deutet dies darauf hin, dass die Zahl der Zufussgehenden im Jahresmittel vermutlich höher liegen muss als während der Erhebungsperiode.

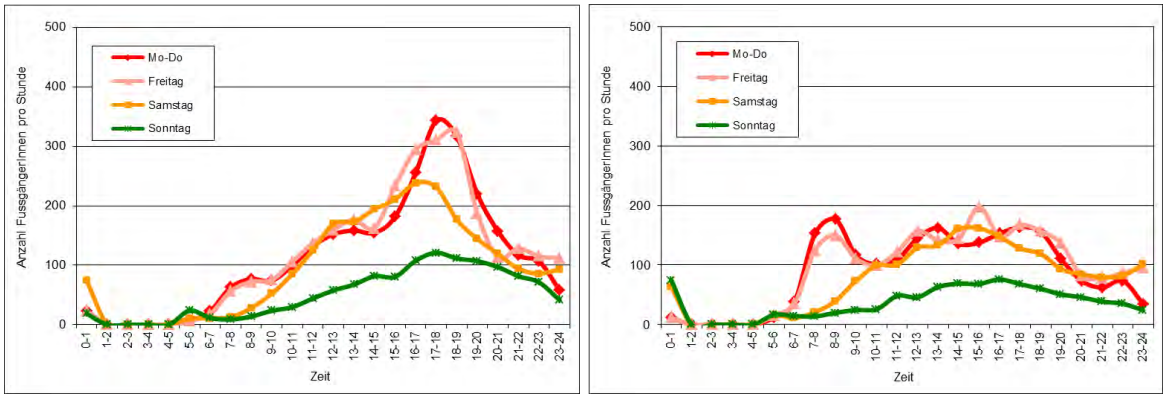
Abbildung 53: Tagesganglinien der ein- und aussteigenden öV-Passagiere sowie des Fussverkehrs an der Haltestelle des 32er Buses auf Seite Kornhausbrücke am Samstag (links) und Sonntag (rechts)



Die Zahl der ein- und aussteigenden Buspassagiere ist sehr unterschiedlich und verändert sich auch stark über den Tag. Insgesamt steigen von Montag bis Freitag rund 2‘800 Passagiere ein und nur rund 2‘200 Personen aus. Am Samstag beträgt das Verhältnis 2‘300 Ein- zu 1‘800 Aussteigenden und am Sonntag 1‘200 Ein- zu 900 Aussteigenden.

Vor allem steigen am Abend zu Arbeitsschluss wesentlich mehr Passagiere ein als aus, während es am Morgen genau umgekehrt ist, allerdings bei einem sehr viel geringeren Aufkommen. In der Spitzenstunde am Abend besteigen wochentags an dieser Haltestelle rund 350 Personen den Bus, am Morgen sind es nur rund die Hälfte, die ihn verlassen. Während die Zahl der Einsteigenden bis zur Abendspitzenstunde zunimmt, bleibt diejenige der Aussteigenden nach der Morgenspitze in etwa konstant.

Abbildung 54: Aufkommen der Bus-Passagiere an der Haltestelle des 32er Buses (Seite Kornhausbrücke) als Tagesganglinie nach Wochentagen: Einsteiger (links) und Aussteiger (rechts) (Jahresdurchschnittswerte)



Haltestelle des 32er-Buses auf Seiten Langstrasse

An der Haltestelle des 32-er Busses beim Eingang der Langstrasse ist das Verhältnis von Ein- und Aussteigenden pro Tag sehr ausgeglichen (je rund 2‘500 Personen). Am Morgen gibt es eine Spitze der Aussteigenden, am Abend eine fast gleich hohe der Einsteigenden. Das Passagieraufkommen an dieser Stelle sowie an der Tramhaltestelle ist im Anhang 7.3 dargestellt.

Lässt sich von den Passagierzahlen auf das Fussverkehrsaufkommen schliessen?

Stellt sich zum Schluss noch die Frage, ob man die Zahl der Zufussgehenden zukünftig einfach aus den Passiergier-Daten, d.h. der Ein- und Aussteigenden ableiten könnte. Dies scheint kaum möglich, da andere Faktoren, v.a. aus dem Quartier ebenfalls einen Einfluss haben und sich sowohl die Zahl der Passagiere wie auch jene der Zufussgehenden über die Zeit stark verändern kann, zZ.B. aufgrund anderer Nutzungen (Büros oder Lebensmittelläden) oder aufgrund anderer öV-Angebote. Um dies zu prüfen, müsste in einigen Jahren nochmals eine Gesamterhebung des Fussverkehrs gemacht werden, was aber sehr aufwändig wäre. Da zudem das Aufkommen je nach Zählquerschnitt sehr unterschiedlich ist und kaum von einem Zählquerschnitt auf das gesamte Aufkommen geschlossen werden kann, ist auch eine kleinere Erhebung kaum zweckdienlich.

4.3.2 Vergleich mit dem Fahrzeugverkehr (MIV, LKW, Busse & Velos)

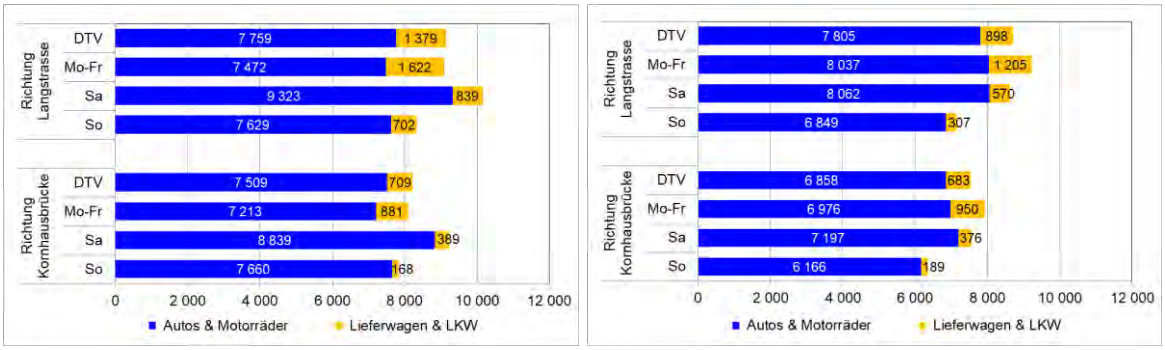
Die Zählung des Fahrzeugverkehrs war kein Ziel des vorliegenden Projekts. Weil aber von zwei Plattformen entsprechende Auswertungen vorliegen, werden die Resultate hier kurz präsentiert. Es handelt sich um nicht kalibrierte Rohdaten der Anbieter, da keine Kontrollzählungen vorgenommen wurden. Die Daten basieren zum einen auf den Auswertungen von Aufnahmen der Kamera an den Fussverkehrs-Querschnitten 4 und 5, die mit der Software von Datafromsky analysiert worden sind und zum zweiten auf den Daten des AI-Sensors von Swisstraffic an den Fussverkehrs-Querschnitten 11 und 12.

Die beiden Zählungen decken damit den Fahrzeugverkehr auf der Kornhausstrasse (von und in Richtung Kornhausbrücke) sowie an der Langstrasse (von und Richtung Eisenbahnunterführung) ab. Die meisten Fahrzeuge passieren beide Zählstellen, es handelt sich also grösstenteils um Doppelzählungen. Nur ein geringer Teil der Fahrzeuge zweigt in Richtung Limmatstrasse ab oder fädelt sich in den jeweiligen Strom ein. Diese Anteile dürften beim Verkehr von der Kornhausbrücke in Richtung Escher-Wyss-Platz etwas grösser sein als von der Langstrasse her Richtung Hauptbahnhof. Die Konstellation hat den Vorteil, dass sich die Grössenordnungen der beiden Zählungen annäherungsweise miteinander vergleichen lassen.

Die beiden Zählungen zeigen beim MIV ein ähnliches Bild. Pro Tag verkehren durchschnittlich zwischen 7‘500 und 9‘100 Motorfahrzeuge (DTV). 90% davon sind Autos und Motorräder, rund 10% Liefer- und Lastwagen. Wie die Abbildung unten zeigt, unterscheiden sich die Werte etwas nach Richtung und Zählstelle.

An Wochentagen (Montag bis Freitag) ist das Aufkommen – im Gegensatz zum Fussverkehr – leicht tiefer als im Durchschnitt aller Tage, die Bandbreite der Schwankung geringer: Es wurden zwischen 7‘900 und 9‘200 Fahrzeuge gezählt, der Anteil der Liefer- und Lastwagen ist mit 12% bis 18% höher als im Durchschnitt aller Tage.

Abbildung 55: Tagesaufkommen von MIV und Lieferwagen/LKW zwischen dem 22. Sept. und 4. Okt. 2019: links: Daten von Swisstraffic, Höhe Langstrasse; rechts: Daten von Datafromsky Höhe Kornhausstrasse *



* Rohdatenwerte der Anbieter; Datafromsky-Werte basieren nur auf einzelnen Tagen, nicht auf der ganzen Erhebungszeit.

Die höchsten Zählwerte werden am Samstag erreicht mit Werten zwischen 7‘600 und 10‘200 Fahrzeugen, der Anteil der Liefer- und Lastwagen beträgt dann nur noch zwischen 5% und 8%.

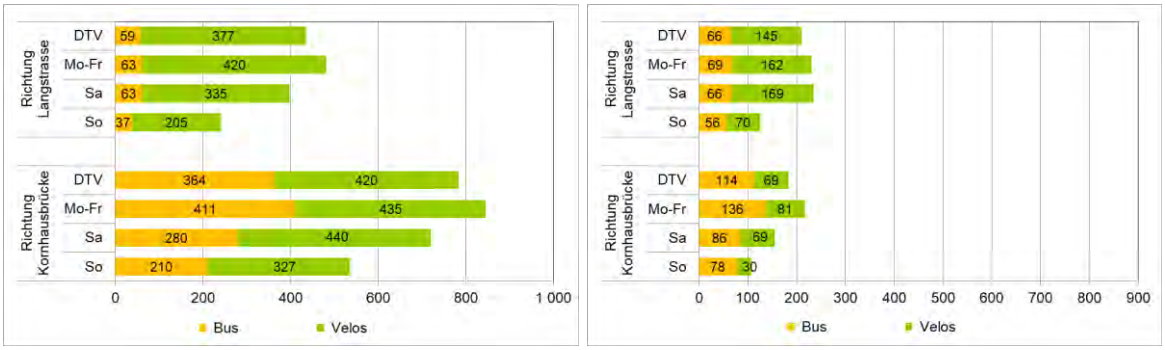
An Sonntagen ist im Gegensatz zum Fussverkehrs das Fahrzeugaufkommen nur geringfügig kleiner als unter der Woche: es wurden zwischen 6‘400 und 8‘300 Fahrzeuge gezählt, der Anteil der LKW’s beträgt mit einer Ausnahme noch 2% bis 4%.

Wie oben geschildert, hatte Datafromsky relativ grosse Probleme, den Fussverkehr richtig zu zählen. Beim Fahrzeugverkehr ist die Erkennungsrate deutlich grösser, wie einzelne Beobachtungen ab Video gezeigt haben. Allerdings gibt es auch hier Tage mit schlechterer Erfassungsqualität, wobei dies nicht systematisch ausgewertet wurde.

Deutlich grössere Streuungen bei den Werten ergeben sich, wenn man die Busse und die Velos betrachtet. Gemäss Fahrplan des ZVV verkehren auf der Linie 32 welche den Limmatplatz bedient 159 Kurse pro Tag in Richtung Holzerhurd (also Richtung Kornhausbrücke) und 162 Kurse in Richtung Strassenverkehrsamt (hier also Richtung Eisenbahnunterführung). Die von den beiden Auswertungsplattformen wiedergegebenen Werte weichen jedoch stark davon ab. In Richtung Langstrasse/Eisenbahnunterführung werden jeweils zwischen 60 und 70 Busse pro Tag gezählt, in der andern Richtung werden vom AI-Sensor 360 Busse als DTV ausgewiesen, bei Datafromsky sind es deren 110. Beide weichen damit stark von den Fahrplanangaben ab. Nun verkehren allerdings auch noch Reisebusse auf dieser Route, v.a. von der Kornhausbrücke Richtung Limmatstrasse, aber genau bei dieser Zählung ist der Wert nicht höher sondern tiefer als erwartet.

Kaum eine Einschätzung ist bei den Velos möglich. Die Erkennungsrate bei Datafromsky war bei kurzen Einblicken nicht sehr hoch, jene beim AI-Sensor lässt sich nicht einschätzen. Zudem sind die Werte an der Langstrasse und der Kornhausstrasse kaum miteinander vergleichbar, da der Veloverkehr sehr kleinräumig unterwegs ist und der Limmatplatz für viele Velofahrende das Ziel darstellt (Einkauf, Restaurantbesuch etc.). Die Werte werden in den beiden folgenden Abbildungen trotz der zahlreichen Unwägbarkeiten dargestellt – der Vollständigkeit halber.

Abbildung 56: Tagesaufkommen von Bussen und Velos zwischen dem 22. Sept. und 4. Okt. 2019: links: Daten von Swisstraffic, Höhe Langstrasse; rechts: Daten von Datafromsky Höhe Kornhausstrasse *



* Rohdatenwerte der Anbieter; Datafromsky-Werte basieren nur auf einzelnen Tagen, nicht auf der ganzen Erhebungszeit.

Ein Vergleich des Aufkommens zwischen den verschiedenen Verkehrsarten, also inklusive des Fussverkehrs, ist nur annäherungsweise möglich, da v.a. beim Fahrzeugverkehr keine vollständigen Daten vorliegen und deren Qualität nur ungenügend eingeschätzt werden kann, v.a. was die Velos angeht.

Insgesamt kann aber davon ausgegangen werden, dass den rund 40‘000 Zufussgehenden grössenordnungsmässig etwa 10‘000 bis 15‘000 Motorfahrzeuge gegenüber stehen. Multipliziert man letztere noch mit einem durchschnittlichen Besetzungsgrad von 1.5 Personen, so ergibt sich ein Personenaufkommen im motorisierten Verkehr von rund 15‘000 bis 22‘500 Personen.

Dazuzuzählen wären noch die NutzerInnen des öffentlichen Verkehrs, die den Limmatplatz als Passagiere in Trams und Bussen queren. Deren Zahl wurde nicht weiter untersucht bzw. berechnet. Für die Ein- und Aussteigenden siehe obiges Kapitel 4.3.1.

5. Beurteilung der eingesetzten Technologien

5.1 Infrarot-Kamera: Nilousense IRview der Universität Lausanne

Im Gegensatz zu einer normalen Videokamera zeichnet die Infrarotkamera keine Bilder im für das Auge sichtbaren Lichtspektrum auf, sondern sie erstellt ein Video von Wärmeunterschieden in der Umgebung. Die aufgezeichneten Bilder werden danach mittels Algorithmen ausgewertet. Dank Infrarot ist man nicht von den Lichtverhältnissen abhängig und Personen sind nicht identifizierbar. Das in der Studie verwendete Produkt ist noch ein Prototyp, das weiterentwickelt wird.

Installation

- Installation an einem Pfosten in ca. 2.5m Höhe
- Grösse: das Gerät ist relativ klein: 220 x 135 x 105 mm
- Gewicht: 975 Gramm leicht inkl. Batterie
- Maximale Erfassungsbreite für einen Sensor beträgt 12m
- Installation erfolgt durch den Anbieter und dauert 20-30 Minuten
- Je nach Situation ist eine Leiter erforderlich
- Energieversorgung durch Batterie, keine externe Stromversorgung notwendig
- Installationsaufwand: gering

Betrieb, Durchführung der Zählung

- Speicherung: auf einer Micro-SD-Karte; je nach Aufkommen muss sie alle 5-7 Tage ausgelesen werden.
- Batterie: bei dauernder Aufnahme hält sie maximal 3 Tage, bei Bewegungsaktivierung 1-2 Wochen.
- Vandalismusgefahr: leicht erhöht, da relativ niedrige Montagehöhe; das Gerät ist aber relativ klein und sticht dadurch nicht besonders stark hervor.
- Das Gerät ist grundsätzlich multimodal ausgelegt, das heisst, es kann neben den Zufussgehenden auch verschiedene Fahrzeugkategorien inkl. Velo erfassen. Dies funktioniert gemäss Anbieter allerdings noch nicht optimal. Am Limmatplatz wurde nur die Zahl der FussgängerInnen ausgewertet.
- Technische Ausfälle/Erfassungslücken: während der 14 Einsatztage fiel das Gerät an den beiden Zählorten an zwei bzw. vier Tagen ganz sowie an drei bzw. vier weiteren Tagen teilweise aus (jeweils zwischen 9 bis 12 Stunden). Insgesamt war das Zählgerät also in rund der Hälfte der Zeit von Erfassungslücken betroffen.
- Zählgenauigkeit: Das Gerät weist noch diverse Fehlzählungen auf, die im vorliegenden Projekt relativ unsystematisch aufgetreten sind. Mögliche Gründe für die Abweichungen sind: Überdeckungen bei hohem Aufkommen, ein Hintergrundrauschen bei niedrigen Temperaturunterschieden und „Verlust“ der Personen beim Tracking.
- Die Richtungen werden getrennt erfasst, die Genauigkeit ist allerdings schwankend.
- Eine Kontrollzählung ist erforderlich, um Fehler bei der Einrichtung oder von unerwünschten Fremdeinflüssen festzustellen.

Datenbereinigung und Auswertung der Zählung

- Die Daten werden nicht online übertragen und sind deshalb erst nach der Auswertung sichtbar.
- Die Daten werden auf einem Server der Universität Lausanne ausgewertet und als Viertelstundenwerte geliefert.
- Bei lückenlos vorhandenen Daten ist der Aufwand für die Datenauswertung vergleichbar mit anderen Technologien.

Kosten

- Miete pro Gerät: Fr. 570 (pauschal) für zwei Wochen inkl. Auswertung und Installation
- Kosten für die Benutzung der Datenplattform: inklusive
- Kauf des Geräts: Fr. 1‘580 (ohne Installationszubehör)
- Auswertung: Fr. 0.40 pro Stunde

Fazit

- Das Gerät ist gut und flexibel in verschiedenen Situationen nutzbar und bietet mit der multimodalen Erfassung eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten. Dies gilt insbesondere auch für Erhebungen an Fussgängerstreifen.
- Das Gerät eignet sich gut für temporäre Zählungen, aber (noch) nicht für Dauerzählungen.
- Die Erfassungsausfälle sind das grössere Problem als die Erfassungsgenauigkeit.
- Im Vergleich zu einer normalen Videokamera hat die Wärmebildkamera Vorteile bezüglich des Datenschutzes.
- Beim getesteten Gerät handelt es sich um einen Prototypen. Wenn die Zuverlässigkeits-Probleme ausgeräumt, die Erkennungssoftware verbessert und die Batteriekapazität erhöht worden sind – daran arbeitet der Anbieter gemäss eigenen Angaben –, hat das Gerät ein grosses Potenzial für einfache, multimodale temporäre Zählungen. Genau ein solches Gerät fehlt zurzeit noch auf dem Markt und wird viele Bedürfnisse abdecken können.
- Ab 2021 soll ein neuer Auswertungsalgorithmus erhältlich sein, ab 2022 auch eine Auswertung vor Ort mit einem Computermodul, das mit dem existierenden Gerät kompatibel ist.

5.2 Passiv-Infrarot-Sensor: PyroBox-Compact von Eco-Counter

Die Pyrobox Compact der Firma EcoCounter basiert auf passiver Infrarot-Technologie. Dabei erfassen wärmeempfindliche Sensoren jede Person, die am Gerät vorbeikommt. Das Gerät deckt Distanzen zwischen 4 und 15 Metern ab und misst richtungsgetrennt. Die Technologie ist datenschutztechnisch unproblematisch, kann aber Fuss- und Veloverkehr nicht unterscheiden (hierzu ist eine Zusatzinstallation erforderlich).

Installation

- Installation an einem Pfosten oder an einer ebenen Fläche mit einer Metallplatte
- Befestigung mit einem Edelstahlband mit diebstahlsicherer Klemmung
- Gewicht: 2.7 kg
- Abmessung: 195 x 110 x 275 mm
- Installation kann durch eine Person erfolgen, 20-30 Minuten
- keine technischen Hilfsmittel erforderlich
- bei der Installation ist darauf zu achten, dass keine Motorfahrzeuge erfasst werden
- Energieversorgung durch Batterie (hält 2 Jahre), keine externe Stromversorgung notwendig
- Installationsaufwand: gering

Betrieb, Durchführung der Zählung

- Die beiden eingesetzten Geräte funktionierten während der Erhebungszeit einwandfrei
- Vandalismusgefahr ist wegen geringer Montagehöhe vorhanden; Beschädigungen kommen aber im urbanen Raum sehr selten vor, am ehesten wird einmal ein Sensor z.B. mit einem Sticker oder einem Zigarettenstummel verdeckt oder das Gerät wird verdreht.
- Während der 2 Wochen Erhebungszeit kam es zu keinen Erfassungslücken.
- Die Erfassungsgenauigkeit kann mittels der Software Eco-Link (auf Mobiltelefon, Tablets etc.) direkt vor Ort überprüft werden.
- Die Daten werden täglich online übertragen und sind über die Datenplattform Eco-Visio direkt einsehbar.

- Eine Unterscheidung Velo und Fussgängern ist nicht möglich, d.h. Velos werden als Fussgänger erfasst.
- Die Richtungen werden getrennt erfasst.
- Das Gerät weist eine systembedingte Unterzählung auf: durch die horizontale Positionierung wird bei zwei oder mehr nebeneinandergehenden oder sich vor dem Zählgerät kreuzenden Personen jeweils nur eine erfasst. Da der Fehler systematisch ist, kann er kalibriert werden. Dazu ist aber eine ausführliche Kontrollzählung erforderlich.
- Nicht- oder Mehrfacherfassung einer Person durch Verweilen im Messbereich. Dies ist insbesondere – wie in diesem Projekt – bei einer Zählung auf einer Mittelinsel zu beachten, an der die Personen auf die Durchfahrt eines Trams warten. Die Unterzählung fiel durch diese Situation deutlich höher als normal aus, was mittels eines entsprechend angepassten Hochrechnungsfaktors kompensiert wurde.
- Längere Kontrollzählungen bei unterschiedlich hohem Aufkommen sind zwingend erforderlich.

Datenbereinigung und Auswertung der Zählung

- Die Daten sind auf einem Server der Firma Eco-Counter gespeichert.
- Auf der Datenplattform Eco-Visio sind direkt tabellarische und grafische Auswertungen möglich.
- Die Daten können von Eco-Visio in verschiedenen Formaten exportiert werden.
- Die Daten müssen mit den Werten der Kontrollzählung zwingend kalibriert werden.
- Es kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die kalibrierten Werte zuverlässig und genügend genau sind.
- Ausser der zwingenden Kalibration ist der Aufwand für die Datenauswertung vergleichbar mit anderen Technologien.

Kosten

- Miete beim Anbieter: pro Gerät € 400 pro Woche, € 850 pro Monat.
- Im vorliegenden Projekt konnten die beiden Geräte der Dienstabteilung Verkehr (DAV) der Stadt Zürich verwendet werden.
- Kosten für die Benutzung der Datenplattform: € 300 pro Jahr und Gerät. Zusatzdienstleistungen wie z.B. Wetterdaten kosten extra.
- Kauf des Geräts: €. 3‘000 bei einer Erfassungsbreite von 4m mit Richtungstrennung; € 3‘950 für Gerät mit Erfassungsbreiten von je 4m und 15m inkl. Richtungstrennung.

Fazit

- Das Gerät ist einfach installierbar und dank der integrierten Stromversorgung mobil und flexibel einsetzbar. Es ist sowohl für temporäre Zählungen wie für Dauererhebungen gut geeignet.
- Bei der Installation ist zu beachten, dass ein Standort gewählt wird, von dem aus keine Motorfahrzeuge mitgezählt werden können. Deshalb ist ein Einsatz an Fussgängerstreifen nur an Orten mit einer Mittelinsel möglich. Generell zur Erfassung der PassantInnen-Frequenzen an Zebrastreifen ist das Gerät nicht geeignet.
- Aufgrund der systembedingten Unterzählung ist eine Kontrollzählung absolut notwendig. Wird das Gerät längerfristig am gleichen Ort eingesetzt, ist das dann notwendig, wenn man die effektive Menge wissen will. Geht es nur um den Verlauf, ist dies nicht zwingend notwendig, denn der systematische Fehler bleibt über die Zeit gleich.
- Das Gerät bewährt sich seit vielen Jahren im Einsatz von Fussgängerzählungen. Es war in diesem Test neben dem zweiten EcoCounter-Gerät (Citix-3D) auch das einzige, das während der Erhebungszeit keinen einzigen Aussetzer und entsprechend auch keine Erfassungslücken hatte.
- Ein neues, deutlich kleineres Modell ist zurzeit in der Testphase. Es soll auch mehr Flexibilität bei der Übertragung erlauben (4x pro Tag bis Echtzeit).

5.3 Optische Kamera: Scout von Miovision

Das Zählgerät „Scout“ der Firma Miovision besteht aus einem Teleskopmast mit einer Videokamera, einem Kontrollmodul (mit dem SD-Speicher und der Elektronik) sowie einem Akku-Paket. Der Teleskopmast ist auf bis zu 6 Meter ausziehbar, die Kamera weist einen Sichtwinkel 120 Grad auf. Das für den mobilen Einsatz konzipierte Gerät kann von den Anwendern selber installiert werden. Die Videoaufnahmen werden anschliessend auf die Website von Miovision hinaufgeladen und dort ausgezählt.

Installation

- Der Teleskopmast mit der Kamera wird üblicherweise an einem Kandelaber festgebunden und mit dem Kontrollmodul und dem Akku stabilisiert. Im vorliegenden Fall wurde das Gerät auf dem Dach der Tramhaltestelle montiert und der Teleskopmast nur ca. 1.2 m hoch ausgefahren.
- Die Installationshöhe lag so bei rund 5 Metern, der Teleskopmast selber ist bis 6 m ausziehbar.
- Gewicht: Teleskopmast & Kamera: 8.2 kg, Kontrolleinheit: 10.9 kg, Zusatzbatterie: 13.8 kg.
- Abmessung Kontrolleinheit: 30 x 33 x 30 cm, Teleskopmast: eingefahren: 137 x 36 x 20 cm ausgefahren: 600x 36 x 20 cm.
- Die maximale Erfassungsreichweite beträgt 38 Meter.
- Je nach Umgebung ist allenfalls auf eine erhöhte Vandalismusgefahr zu achten.
- Das Gerät ist mit einem Akku ausgestattet und braucht keine externe Stromzufuhr; im vorliegenden Fall haben wir das Gerät jedoch direkt am Strom angeschlossen.
- Normalerweise kann das Gerät von einer Person allein aufgestellt werden; im Projekt am Limmatplatz waren jedoch zwei Personen notwendig, um das Gerät mit einer Hebebühne auf das Dach zu bringen.
- Ohne Vorbereitung des Stromanschlusses beträgt die Zeit für die Installation und das Einrichten rund ¾ Stunden.
- Für die Installation waren zahlreiche Vorabklärungen und Bewilligungen notwendig (z.B. von den VBZ), um auf das Dach gelangen, dann bedurfte es diverser Vorbereitungen (Hebebühne, Strom aufs Dach bringen etc.) unter Berücksichtigung entsprechender Sicherheitsauflagen wegen der Nähe zu den Fahrleitungen.
- Installationsaufwand: normalerweise mittel; im vorliegenden Fall sehr hoch.

Durchführung der Zählung

- Das Gerät funktionierte während der Erhebungszeit zuverlässig und einwandfrei.
- Aufgrund der Montagehöhe bestand keine Vandalismusgefahr; steht der Teleskopmast jedoch auf dem Boden ist eine gewisse Vandalismusgefahr vorhanden, v.a. bei Nacht.
- Die Erhebung erfolgte zu Testzwecken mit zwei unterschiedlichen Bildqualitäten. Mit der höheren Kompressionsrate, mit der Platz auf der Speicherkarte gespart werden kann, beträgt die Aufnahmedauer auf dem 32 GB-Chip rund 6 Tage, bei der geringeren Kompressionsrate und damit höheren Bildqualität sind es dagegen nur 48-72 Stunden. Insgesamt wurden 45 Stunden mit hoher sowie 2 mal 6 Tage mit niedriger Auflösung aufgezeichnet. Zum Austausch des Chips musste zwei Mal mit einer Leiter auf das Tramhaltestellendach gestiegen werden.
- Das Gerät bzw. die Auswertungssoftware kann verschiedene Verkehrsarten unterscheiden, im vorliegenden Projekt wurde nur die Zahl der FussgängerInnen ausgewertet.
- Die Richtungen können getrennt ausgewertet und daraus auch Stromdiagramme erstellt werden.
- Eine Kontrollzählung kann direkt ab Video erfolgen; dies ist zur Prüfung v.a. bei schwierigen Sichtbedingungen bzw. hohem Aufkommen angezeigt, um die Genauigkeit abschätzen zu können.

Datenbereinigung und Auswertung der Zählung

- Das Videomaterial wird auf einen Server von Miovision hinaufgeladen und bestimmt, nach welchen Kriterien ausgewertet wird. Im vorliegenden Fall wurde eine so genannte „Junction-Analyse“ durchgeführt.
- Zuerst wurden Tests von kurzzeitigen Aufnahmen bei unterschiedlichen äusseren Bedingungen (Nacht, Regen, starke Schatten) vorgenommen und anschliessend 7 repräsentative Tage bestimmt. Dies weil eine Auswertung der vollen zwei Wochen sehr teuer gewesen wäre.
- Wenn das Video ausgewertet ist, können die Daten nach unterschiedlich aufbereiteten Intervallen (1, 5, 10, 15, 30 oder 60 Minuten) und in verschiedenen Formaten u.a. als CSV- oder Excel-File bzw. als pdf exportiert werden. Die Daten sind nach Richtung aufbereitet und es wird ein Flussdiagramm ausgegeben, das ebenfalls heruntergeladen werden kann.
- Die Zählgenauigkeit und Datenqualität hängt von der Video-Auflösung ab und wird durch die Plattform eingeschätzt. Im vorliegenden Fall wurden selbst die Aufnahmen mit höherer Kompressionsrate mit 5 Sternen bewertet, also der höchstmöglichen Qualitätsstufe. Dafür wird eine Genauigkeit von 5% (ab 50 Personen pro Viertelstunde) garantiert. Bei Gruppen ist die Genauigkeit geringer, ebenso wenn die Videoqualität schlechter ist und mit entsprechend weniger Sternen bewertet wird.
- Gemäss Miovision werden 12% jedes Videos manuell kontrollgezählt und die Genauigkeit verifiziert. Die Genauigkeit ist entsprechend auch sehr hoch. Einzig bei sehr starken Schatten-Licht-Kontrasten zur Mittagszeit war die Auswertung weniger genau.
- Trotz der allgemein hohen Genauigkeit (bei guter Videoauflösung) wird empfohlen, bei speziellen Lichtverhältnissen eine Kontrollzählung durchzuführen. Diese kann der Einfachheit halber ab Video erfolgen.
- Der Aufwand für die Datenauswertung ist vergleichbar mit anderen Technologien.

Kosten

- Im vorliegenden Projekt wurde das Gerät von der Stadt Luzern kostenlos zur Verfügung gestellt.
- Installationseinrichtung, Stromanschluss und Hebebühne: ca. Fr. 3‘550 (mit Hebebühne). Diese Kosten fielen insgesamt, also zusammen mit der Installation des Citix-3D-Kamera auf dem anderen Tramhaltestellendach an.
- Einen Preis für die Gerätemiete gibt der Hersteller nicht bekannt; bei Interesse ist dort individuell nachzufragen.
- Eine so genannte „Junction-Analyse“ wie sie am Limmatplatz vorgenommen wurde, kostet € 12.60 pro Stunde. Das macht pro Tag etwas über € 300 Euro. Eine einfache bidirektionale Analyse z.B. an einem Fussgängerstreifen kostet € 8.40 pro Stunde
- Die Analyse bei der ebenfalls getesteten Auswertungsplattform Datafromsky kostet € 4.20 pro Stunde. Die ersten 5 Minuten jedes Videos können gratis analysiert werden.
- Kauf des Geräts: € 4'000 bis € 5‘000 je nach Konfiguration.
- Auswertungskosten unterscheiden sich stark je nach Typ der Analyse.

Fazit

- Das Gerät ist für einen temporären und mobilen Einsatz konzipiert. Es eignet sich nicht für Langzeitzählungen.
- Die Installation geht relativ einfach und schnell. Sie kann von einer Person allein vorgenommen werden. In der vorliegenden Situation mit einer Montage auf dem Tramhaltestellendach war die Installation jedoch überdurchschnittlich aufwändig.
- Die Videoaufzeichnung hat während der Erhebungsphase einwandfrei und zuverlässig funktioniert, die Datenqualität ist auch bei tiefer Auflösung mit wenigen Ausnahmen gut. Problematisch sind vor allem starke Lichtkontraste (Schatten-Sonne). Sofern der Erfassungsbereich gut ausgeleuchtet ist, sind auch Nachtaufnahmen und solche bei schlechtem Wetter gut auswertbar und die Datenqualität hoch.

- Bei hoher Kompressionsrate lässt sich die Kamera problemlos über ca. 6 Tage am Stück betreiben. Je nach Umgebung ist allerdings auf mögliche Vandalismusgefahr zu achten.
- Der Vorteil der Kamera liegt in ihrem breiten Erfassungsbereich (120 Grad) und einer Sichtweite für Zufussgehende von bis zu 38 Metern. Sie kann bei Bedarf auch Verkehrsmittelübergreifend eingesetzt werden.
- Die Anschaffungskosten des Geräts liegen im vertretbaren Bereich, v.a. wenn man bedenkt, dass die Kamera multifunktional eingesetzt werden kann (Zählung/Beobachtung verschiedener Verkehrsmittel an unterschiedlichen Standorten)
- Demgegenüber sind die Auswertungskosten hoch. Für eine Kurzzeitzählung ist das kein Problem und immer noch kosteneffizient, hingegen wird es für eine längere Zählung von mehr als 24 Stunden schon sehr teuer.
- Die alternative Auswertungsplattform Datafromsky erlaubt zwar sehr flexible Auswertungen und bietet dafür viele Gestaltungsmöglichkeiten. Sie ist allerdings sehr ungenau und die Fehler scheinen nicht systematisch. Sie kommt derzeit für die Zählung von komplexeren Fussverkehrs-Situationen nicht in Frage, trotz des deutlich geringeren Auswertungspreises als bei Miovision.
- Das Gerät Scout Miovision ist sehr gut geeignet, um das Fussverkehrsaufkommen an einem Zebrastreifen zu zählen und bietet auch die Möglichkeit, weitere Verkehrsteilnehmende gleichzeitig mit zu erfassen. Allerdings ist dies wegen der hohen Auswertungskosten zeitlich nur beschränkt möglich und sinnvoll.

5.4 3D-Kamera: Citix-3D von Eco-Counter

Das System Citix-3D arbeitet mit einer dreidimensionalen Sensor-Technologie, die neben einem optischen Kamerabild, das temporär zugeschaltet werden kann, auch im Infrarotbereich arbeitet. Das Gerät enthält zudem einen eingebauten Analysealgorithmus, so dass keine Bilder, sondern nur die ausgezählten Resultate gespeichert werden, was datenschutzrechtlich wichtig ist. Aufgrund des Wärmebildes funktioniert das Gerät im Gegensatz zu einer normalen Kamera auch in völliger Dunkelheit oder unter widrigen Wetterbedingungen. Im System ist zwar auch ein „Verfolgungs“-Algorithmus („Tracking“) enthalten, der jedoch noch nicht auswertbar ist.

Installation

- Installation an einem stabilen Kandelaber oder einer gut belastbaren Mauerverankerung. Die Installation muss sturmsicher sein.
- Die Installationshöhe muss zwischen 5 und 7 m betragen.
- Gewicht: 19.5 kg
- Abmessung: 1200 x 205 x 110 mm
- Die maximale Erfassungsreichweite beträgt 12 Metern.
- Das Gerät braucht eine externe Stromzufuhr.
- Für die Installation sind 2 Personen und eine Hebebühne notwendig; im vorliegenden Fall, um auf das Dach der Tramhaltestelle zu gelangen.
- Ohne Vorbereitung des Stromanschlusses beträgt die Zeit für die Installation und das Einrichten mindestens 1.5 Stunden.
- Das Einrichten der Zählinie erfolgte via Telefon- und Internetverbindung aus der Eco-Counter-Zentrale in Lannion (F) durch eine Fachperson.
- Installationsaufwand: hoch

Betrieb, Durchführung der Zählung

- Das Gerät funktionierte während der Erhebungszeit zuverlässig und einwandfrei.
- Aufgrund der Montagehöhe besteht keine Vandalismusgefahr; das Gerät ist gross und wird von den Passanten wahrgenommen.

- Die Erfassungsgenauigkeit kann mittels der eingebauten Software via Wifi direkt vor Ort überprüft werden. Zum Teil ergibt sich aber eine starke Zeitverzögerung, was die Überprüfung erschweren oder gar verunmöglichen kann.
- Die Daten werden täglich online übertragen und sind über die Datenplattform Eco-Visio direkt einsehbar.
- Das Gerät kann verschiedene Verkehrsarten separat erfassen, im vorliegenden Projekt wurden nur die Zahl der FussgängerInnen erfasst und ausgewertet.
- Die Richtungen werden getrennt erfasst.
- Die Definition und Einrichtung der Zähllinie ist nicht ganz einfach, um auszuschliessen, dass allenfalls auch andere Verkehrsteilnehmende als FussgängerInnen gezählt werden. Die Zähllinie lag zudem quer zum Gerät – optimaler wäre eine Ausrichtung längs des Geräts also in Fortsetzung der Geräteausrichtung. Erfahrungen andernorts (siehe Bericht Luzern) zeigen, dass eine direkt über Kopf erfolgende Zählung die besten Resultate liefert.
- Eine Kontrollzählung ist erforderlich, um Fehler beim Einrichten der Zähllinie oder von unerwünschten Fremdeinflüssen festzustellen.

Datenbereinigung und Auswertung der Zählung

- Die Daten sind auf einem Server der Firma Eco-Counter gespeichert.
- Auf der Datenplattform Eco-Visio sind direkt tabellarische und grafische Auswertungen möglich.
- Die Daten können von Eco-Visio in verschiedenen Formaten exportiert werden.
- Die Zählgenauigkeit und Datenqualität ist hoch, trotzdem wird eine Kontrollzählung empfohlen.
- Der Aufwand für die Datenauswertung ist vergleichbar mit anderen Technologien.

Kosten

- Miete des Geräts: € 1‘500 für 2 Wochen
- Unterstützung & Kalibrierung via Telefon und Internet gratis; vor Ort-Service € 980.
- Installationseinrichtung, Stromanschluss und Hebebühne: ca. Fr. 3‘550 (mit Hebebühne). Diese Kosten fielen insgesamt, also zusammen mit der Installation der Scout Miovisions-Kamera auf dem anderen Tramhaltestellendach an.
- Kosten für die Benutzung der Datenplattform: € 300 pro Jahr und Gerät. Zusatzdienstleistungen wie z.B. Wetterdaten kosten extra.
- Kauf des Geräts: € 8‘400

Fazit

- Das Gerät hat während der Erhebungsphase einwandfrei und zuverlässig funktioniert, die Datenqualität ist gut. Es kann bei Bedarf auch Verkehrsmittelübergreifend eingesetzt werden.
- Mit knapp 20 kg ist das Gerät schwer und gross und entsprechend schwierig bzw. aufwändig zu installieren (sturmsichere Verankerung etc.)
- Mit 12 Metern ist die Reichweite für Zählungen beschränkt. Mehrere Fussgängerstreifen sind so kaum auf einmal erfassbar, was die Einsatzmöglichkeiten einengt.
- Das Gerät ist nicht für temporäre Zählungen geeignet und auch nicht dafür gedacht.
- Die Anschaffungskosten des Geräts sind relativ hoch, der Aufwand für das Datenmanagement ist im Vergleich zu anderen Anbietern eher moderat.
- Das Gerät kann zwar grundsätzlich an Zebrastreifen eingesetzt werden, ist aber aufgrund von Grösse, Gewicht und beschränkter Reichweite selbst für eine Dauerzählung vermutlich nur an einer beschränkten Zahl von Orten einsetzbar.
- Eine kleinere und vor allem leichtere Geräteversion (5 kg) ist gemäss Anbieter zurzeit in Entwicklung.

5.5 3D-Kamera mit integrierter Auswertung: AI-Sensor von Swisstraffic

Beim AI-Sensor von Swisstraffic handelt es sich um eine 3D-Kamera, bei der die Auswertungssoftware („Artificial Intelligence“) direkt im Gerät integriert ist. Dies erlaubt eine Auswertung vor Ort in Echtzeit. Es werden entsprechend keine Bilder, sondern nur die ausgewerteten Daten gespeichert und übertragen. Deshalb bietet der Sensor datenschutztechnisch keine Probleme.

Installation

- Installation an einem Kandelaber oder – wie im vorliegenden Fall – an einer Balkonbrüstung.
- Die Installationshöhe beträgt zwischen 3.5 und 8 Meter; in diesem Projekt bei rund 7-8 Meter.
- Gewicht: 1.5 kg, Batteriekasten ca. 9 kg
- Abmessung: 250 x 220 x 130 mm (ohne Halterung)
- Die maximale Erfassungsreichweite beträgt gemäss Anbieter 30 Metern; im vorliegenden Fall war die Reichweite aber deutlich geringer.
- Das Gerät braucht eine externe Stromzufuhr 24/7 oder Nachtstrom mit Batterie (diese hält 2 Tage).
- Die Installation ist relativ einfach und kann von einer Person vorgenommen werden. Je nach Standort ist eine Leiter oder Hebebühne notwendig.
- Ohne Vorbereitung des Stromanschlusses beträgt die Zeit für die Installation rund 30 Minuten pro Sensor plus ca. 30 Minuten für die Kalibrierung der Zählzonen, -linien.
- Installationsaufwand: mittel

Betrieb, Durchführung der Zählung

- Das Gerät funktionierte während der Erhebungszeit mit einer Ausnahme (Ausfall von 13 Stunden) einwandfrei.
- Aufgrund der Montagehöhe besteht keine Vandalismusgefahr.
- Die Daten wurden am Schluss der Erhebung als Viertelstundenwerte richtungsgetrennt zugestellt. Der Anbieter verfügt auch über eine Datenplattform. Sie wurde hier aber nicht benutzt bzw. angeboten.
- Das Gerät kann verschiedene Verkehrsarten separat erfassen; vom Anbieter wurden auch die gezählten Fahrzeuge (Autos, Motorräder, LKW, Lieferwagen und Busse) zur Verfügung gestellt, von uns aber nur summarisch ausgewertet.
- Die Richtungen werden getrennt erfasst.
- Eigentlich war vorgesehen, mit dem AI-Sensor alle Zählquerschnitte 11 bis 14 abzudecken. Im Nachhinein hat sich jedoch herausgestellt, dass dies nicht möglich ist, weil die Reichweite zum entfernten Fussgängerstreifen (Querschnitt 14) zu gross war (ca. 30 Meter). Dank einer zusätzlich montierten optischen Kamera konnten aber einige Tage auch für diesen Querschnitt ausgewertet werden.
- Eine Kontrollzählung ist zur Prüfung der Daten nützlich, auch um allfällige Fremdeinflüsse oder einzelne unplausible Werte nachvollziehbar zu machen.

Datenbereinigung und Auswertung der Zählung

- Die Daten werden auf einem Server der Firma Swisstraffic gespeichert.
- Im vorliegenden Fall wurden die Daten am Schluss der Erhebung als Excel-File auf Viertelstundenbasis zur Verfügung gestellt. Der Anbieter betreibt aber auch eine Datenplattform.
- Eine Prüfung der Daten empfiehlt sich zur Qualitätssicherung (z.B. Datumsformate, fehlende und unplausible Werte etc.).
- Die Zählgenauigkeit des AI-Sensors ist hoch, trotzdem wird eine Kontrollzählung empfohlen. Die optische Kamera und Auswertungssoftware liefert eine deutlich schlechtere Qualität.
- Der Aufwand für die Datenauswertung ist vergleichbar mit anderen Technologien.

Kosten (ohne MwSt.)

- Miete des Geräts für 30 Tage: Fr. 1‘700 (inkl. 15% Forschungsrabatt)
- Begehung, Installation, Kalibrierung, Initialisierung Softwareplattform Fr. 2‘550 (inkl. 15% Forschungsrabatt)
- Gesamtaufwand: Fr. 4‘250
- Kosten Benutzung der Datenplattform: Keine, die Werte wurden als Excel-File geliefert, was im Preis inbegriffen war.
- Kauf des Geräts: Fr. 4‘100
- Kosten Datenmanagement: Fr. 660 / Jahr

Fazit

- Es lässt sich relativ einfach montieren und ist dank seines Gewichts und seiner Grösse flexibel einsetzbar. Es braucht jedoch einen Stromanschluss oder einen Akku, der mit ca. 9 kg Gewicht deutlich schwerer ist als das Gerät.
- Die Reichweite des Geräts beträgt nach Angaben des Anbieters rund 30 Meter. Im vorliegenden Fall war die Erfassungsreichweite geringer.
- Das Gerät hat mit einer Ausnahme (Ausfall von 13 Stunden) während der Erhebungsphase soweit gut funktioniert. In einigen wenigen Stunden resultierten unplausible Werte. Der Grund dafür ist nicht bekannt.
- Die Daten wurden als Excel-Files als 15-Minuten-Intervalle. Sie wiesen aber z.T. Unzulänglichkeiten (Zeit im UTC-Format, fehlende Werte etc.). Eine sorgfältige Qualitätskontrolle der gelieferten Daten ist deshalb angezeigt.
- Das Gerät ist vor allem für permanente Zählungen gedacht und weniger für temporäre. Es kann Verkehrsmittelübergreifend eingesetzt werden.
- Die Anschaffungskosten des Geräts sind vergleichbar mit anderen Geräten. Im Zeitraum seit der Offertstellung für dieses Projekt ist der Gerätepreis deutlich gesunken.
- Die Kosten für das Datenmanagement erscheinen im Vergleich zu anderen Anbietern eher überdurchschnittlich.
- Das Gerät ist für eine (permanente) Zählung an Fussgängerstreifen gut geeignet. Temporäre Zählungen sind möglich.
- Zurzeit werden die Personen- und Objekterkennung im Hinblick auf eine bessere Ziel-Quellverfolgung der Zufussgehenden und Velofahrenden verbessert.

5.6 Zusammenfassender Vergleich der verschiedenen Systeme

In der nachfolgenden Übersicht – Abbildung 57 – werden die verschiedenen Zählsysteme und ihre Charakteristika miteinander verglichen.

Abbildung 57: Übersicht und Charakteristika der untersuchten Zählgeräte

	Infrarot-Kamera (Wärmebildkamera)	**Passives Infrarot**	**Video-Kamera**	**3D-Kamera**	**Kamera mit integrierter Auswertungs-software**
Hersteller/Anbieter	Universität Lausanne ab 2021: Nilousense: https://nilousense.ch	EcoCounter https://www.eco-compteur.com/de	Miovision Technologies https://miovision.com	EcoCounter https://www.eco-compteur.com/de	SWISSTRAFFIC https://swisstraffic.ch
Produktname	Nilousense IRview	Pyro-Box Compact	Miovision Scout	Citix-3D	swiss AI-Sensor (LTE, LoRa)
Gewicht - Gerät, - Batterie, - Zubehör	0.975 kg	2.7 kg	Teleskopmast & Kamera: 8.2 kg Kontrolleinheit inkl. interne Batterie:10.9 kg Power Pack (Zusatzbatterie): 13.8 kg	19.5 kg	Quader von 1,5 kg Stromanschluss oder Batteriekasten ca. 9 kg
Abmessungen	220 x 135 x 105 mm Abmessungen neues Gerät ab 2021: 240 x 135 x 120 mm	195 x 110 x 275 mm	Kontrolleinheit:30 x 33 x 30 cm Teleskopmast: eingefahren: 137 x 36 x 20 cm ausgefahren: 600 x 36 x 20 cm	1200 x 205 x 110 mm	Quader von 250 mm x 220 mm x 130 mm ohne die Halterung
Empfohlene Installationshöhe Gerät (Bereich)	2.5 m	0.8 m	6 m mit Teleskopmast	5 – 7 m	3.5 – 8 m
Reichweite (für zuverlässige Daten-erfassung des Fussverkehrs)	Max. 12 m	1 – 15 m	Bis 38 m	Max. 12 m	Max. 30 m
Stromzufuhr Betriebsdauer Batterie	Interne Batterie (hält bei dauernder Aufnahme max. 3 Tage, bei Bewegungsaktivierung 1-2 Wochen)	Interne Batterie (hält ca. 2 Jahre)	Interne Batterie Standard Akkulaufzeit: 72 Std. Aufnahme Akkulaufzeit mit Power Pack: 168 Std. Aufnahme; Standby: 8 Wochen	Stromanschluss notwendig	Stromanschluss 24/7 oder Nachtstrom mit Batterie (Batterie hält 2 Tage) Stromversorgung: 7-32V DC od. 85-264V AC Energieverbrauch: 13 Watt (Spitze 19 Watt)
Geräteinstallation durch Anbieter oder durch Anwender	Beides möglich	Anwender	Anwender	AW Anwender	Anwender
Einrichten und kalibrieren durch Anbie-ter oder durch Anwender	Beides möglich	Anwender	Anwender	Anbieter	Anwender
Installationsdauer inkl. einrichten und kalibrieren	0.5 h	0.25 h	10-15 Minuten	2h (ohne Installation Stromanschluss)	30 min pro Sensor ca. 30min für Kalibrierung Zählzonen / Linien
Speicherort der Daten	Micro-SD-Karte, Übertragung mit speziellem Datentransfer-Programm	Im Gerät; Daten werden jede Nacht an Ser-ver des Anbieters übermittelt	Lokal auf SD-Karte; 2 Slots à max. 32 GB = 14 Tage Video bei niedrigster Auflösung	Im Gerät; Daten werden alle 15 Min. an Ser-ver des Anbieters übermittelt	Daten werden in Echtzeit auf Cloudserver des Anbieters oder via API auf Kundenserver übermittelt
Eignung Zähldauer - projektbezogen (temporär) - periodisch (wiederkehrend temporär) - permanent	Temporär (projektbezogen/periodisch)	Projektbezogen (temporär) Periodisch Permanent	Temporär (projektbezogen/periodisch)	Permanent	Permanent & temporär
Kosten Gerät (exkl. MwSt.)	CHF 1'580	€ 3'000.00 bis 4 m Erfassungsbreite: € 3'600 bis 15 m Erfassungsbreite: € 4'550 mit 2 Sensoren je bis 15 m Erfassungsbreite (Montage in Wegmitte)	Standard Hardware, Software und Kun-densupport: je nach Konfiguration € 4.000 - € 5.000 zusätzlich projektbezogene Auswertungs-kosten je nach Studienart	€ 8'400.00	CHF 4100
Kosten Zubehör / Beschreibung Zube-hör (exkl. MwSt.)			Power Pack inkl. 32 GB SD-Karte: € 750 Dreibein Stativ: € 1000		CHF 190 / LoRa-Modul CHF 1200-2200 verschiedene Bttr-Packs
Miete Gerät inkl. Zubehör pro Monat (exkl. MwSt.)	CHF 420	€ 850	n.v.	€ 1'400	nur als Dienstleistung
Kosten für Installation durch Anbieter (exkl. MwSt.)	Nach Aufwand (CHF 120 / Std.)	–	n.v.	Euro 980.00 (nur Unterstützung & Kalibrierung, Monta-ge wird selber vorgenommen)	Auf Anfrage
Kosten Datenmanagement (exkl. MwSt.)	CHF 0.40/h beim Kauf des Geräts sind 800 h Auswertung inbegriffen (Zähldauer von ca. 1 Monat) Bei Miete Auswertung inbegriffen	€ 300 / Jahr und pro Gerät	Software zum Datenmanagement beim Kauf von Hardware inkludiert. Projektbezo-gene Auswertungen je nach Studienart, z.B. Zebrastreifen bidirektional: € 8.40 / h Junction-Analyse (z.B. für mehrarmigen Zebrastreifen): € 12.60 / h.	€ 300 / Jahr und pro Gerät	CHF 660 / Jahr
Beabsichtigte Weiterentwicklung der Geräte	2021: Neuer Auswertungsalgorithmus 2022: Auswertung vor Ort mit Computer-Modul (kompatibel mit existierendem Gerät)	Neues kleineres Modell mit mehr Flexibilität bei der Übertragung (4x Pro Tag bis Echt-zeit möglich)	–	Leichteres System mit ca. 5 kg	Personen-/Objekterkennung für FG- und Velo-OD
Neue Geräte voraussichtlich auf dem Markt ab	Revidierte Hardware ab 2021 auf dem Markt (aktuelle Hardware ist ein Prototyp)	Okt 2020	–	Ende 2021	Oktober 2020

6. Schlussbemerkungen

6.1 Eignung der einzelnen Technologien und Zählgeräte

Grundsätzlich können alle in diesem Pilotprojekt geprüften Technologien und eingesetzten Geräte zur Zählung von FussgängerInnen eingesetzt werden.

Für eine Zählung an Fussgängerstreifen eignen sich einige Geräte jedoch nur eingeschränkt:

- Die **Wärmebild-Kamera Nilousense IRview der Universität Lausanne** ist ein vielversprechendes Produkt für künftige temporäre Zählungen, erfüllt im Moment aber die notwendigen Anforderungen noch nicht. Die Erkennungsrate der Zufussgehenden und die Betriebszuverlässigkeit sind die derzeitigen Schwachpunkte. Das Gerät hat aber ein grosses Potenzial für einfache, mobile und multimodal ausgerichtete Zählungen.
- Die **Pyrobox Compact von EcoCounter mit dem Passiv-Infrarot-Sensor** ist nur an Zebrastreifen mit einer Mittelinsel einsetzbar. Da liefert das Gerät gute Resultate, sofern nicht Autos unmittelbar im Sensorbereich vorbeifahren. Es ist schnell installiert und relativ pflegeleicht. Es benötigt aber längere Kontrollzählungen zur korrekten Kalibrierung. Für eine Zählung an Fussgängerstreifen ohne Mittelinsel kommt das Gerät nicht in Frage.
- Die **optische Kamera Scout von Miovision** ist das zurzeit bestgeeignete Gerät für eine temporäre Zählung an Fussgängerstreifen. Miovision Scout erlaubt einen flexiblen Einsatz an vielen Orten. Die Akku- und Speicherkapazitäten sind zwar beschränkt, aber innerhalb von 2 bis 7 Tagen lassen sich meist bereits gute Aussagen zum Fussverkehrsaufkommen machen. Zudem kann das Gerät auch für die Zählung der übrigen Verkehrsmittel eingesetzt werden. Die Auswertungen sind bei fast allen Wetterlagen und äusseren Umständen sehr genau. Allerdings sind die Auswertungen auch relativ teuer. Die Auswertungsplattform lässt sich auch mit Videos von anderen Kameras nutzen.
- Die **Citix-3D-Kamera von EcoCounter** eignet sich grundsätzlich für eine permanente Zählung eines einzelnen, nahegelegenen Zebrastreifens. Es liefert genaue Resultate und arbeitet zuverlässig. Aufgrund der Gerätegrösse und des Gewichts ist es aber notwendig einen guten Standort zu finden. Da die Reichweite zudem auf 12 Meter beschränkt ist, ist der Einsatzbereich limitiert. Für eine temporäre Zählung eignet sich das Gerät nicht.
- Die **3D-Kamera mit integrierter Auswertung AI-Sensor von Swisstraffic** ist leicht und relativ einfach montierbar, braucht jedoch Strom oder einen Akku. Für eine permanente Erhebung an Zebrastreifen eignet sich das Gerät gut und liefert genaue Resultate. Auch temporäre Messungen sind möglich. Die Zuverlässigkeit der Daten muss regelmässig geprüft werden.

6.2 Empfehlung an die Stadt Zürich und alle an, die an Fussgängerstreifen-Zählungen interessiert sind

Die Stadt Zürich sucht ein Gerät, mit dem sie die Frequenzen an möglichst vielen Fussgängerstreifen mit möglichst geringfügigem Aufwand erheben kann. Für solch temporäre Erhebungen eignet sich das System Miovision Scout am besten. Es wird deshalb empfohlen, dass die Stadt dieses System einsetzt und mit den Anbietern eine Vereinbarung für günstige Auswertungskonditionen aushandelt. Denn die Auswertungen können ins Geld gehen.

Sollte an bestimmten Orten eine permanente Installation erwünscht sein, wird beim derzeitigen Stand des Wissens der AI-Sensor von Swisstraffic empfohlen. Der Anbieter verspricht zudem in Zukunft noch bessere Quell-/Ziel-Auswertungssoftware, was für Analysen interessant sein kann. Von Vorteil ist, dass mit dem Gerät multimodale Erhebungen möglich sind. Zugleich ist es wichtig, dass eine verlässliche Qualitätssicherung mit eingebaut wird.

Da sich technisch zurzeit viel entwickelt, dürfte es interessant sein, auch die Infrarot-Kamera Nilousense IRview der Universität Lausanne und die neue Version der Citix-3D-Kamera weiter im Auge zu behalten. Das gilt natürlich für das gesamte Spektrum der technologischen Entwicklung.

Die Option, aus Passagier-Daten der öffentlichen Verkehrsbetriebe (VBZ) auf das Fussverkehrsaufkommen zu schliessen, liess sich am Limmatplatz nicht umsetzen. Die Fussgängerströme sind zu komplex und das Aufkommen ist von zu vielen anderen Faktoren mit Bezug zu den angrenzenden Quartieren abhängig (Einkauf, Freizeit etc.), so dass diese Frage allenfalls an einem einfacheren Beispiel nochmals geprüft werden müsste. Eine belastbare Korrelation dürfte sich aber auch da nur an einzelnen Orten ergeben.

Die inhaltlichen Fragen nach dem Bedarf einer Schutzinsel oder nach flächigen Querungen sind aus diesem Projekt nicht direkt ableitbar. Vielmehr wären aufgrund der Zählungen und weiterer Analysen solche Schlussfolgerungen dann erst zu ziehen.

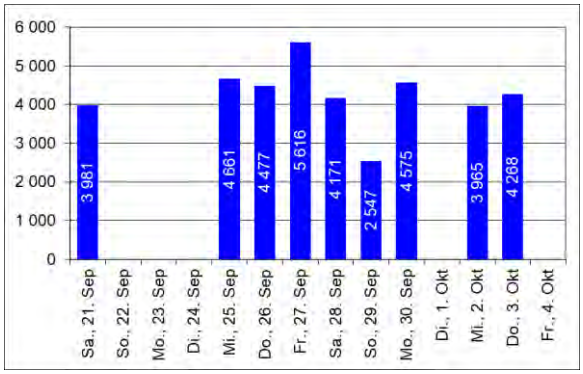
7. Anhang

7.1 Tagesaufkommen über alle Erhebungstage nach Zählquerschnitt

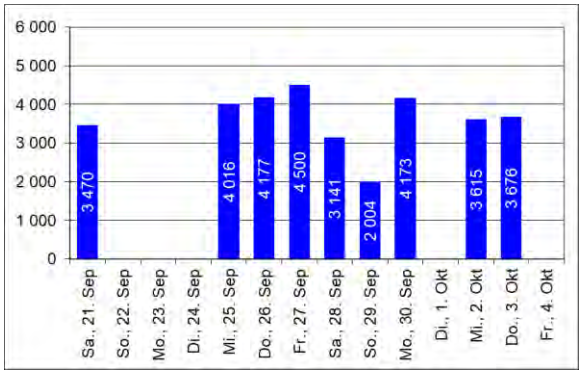
Die folgenden Darstellungen zeigen das durchschnittliche Fussverkehrsaufkommen pro Tag über die Erhebungszeit von Samstag, 21. September bis und mit Freitag, 4. Oktober 2019 nach einzelnen Zählquerschnitten.

Abbildung 58: Durchschnittliches Tagesaufkommen über die Erhebungstage: 21. Sept. bis 4. Okt. 2019

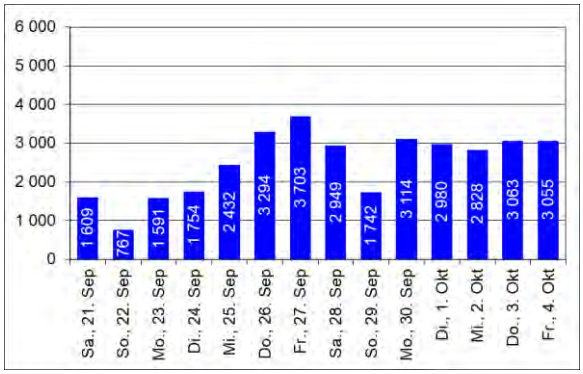
Querschnitt 1: Caffetteria-Mittelinsel



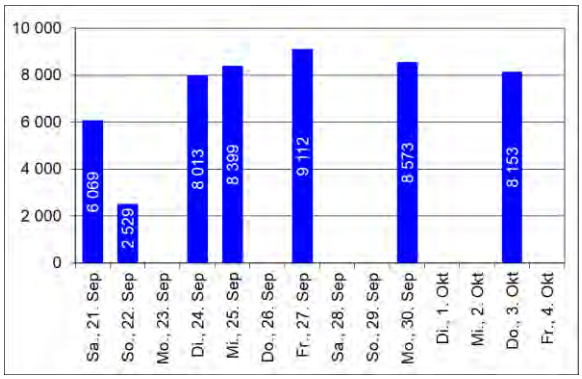
Querschnitt 2: Mittelinsel-Tramhaltestelle



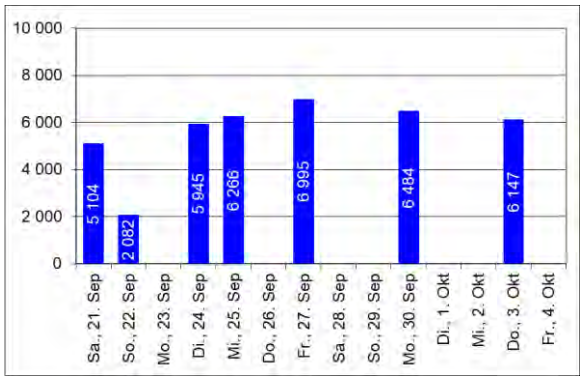
Querschnitt 3: Post (Mittelinsel) – Pizzeria



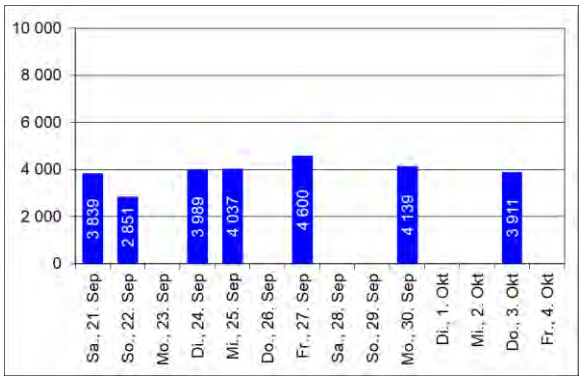
Querschnitt 4: Bushaltestelle (Mittelinsel-Bus)



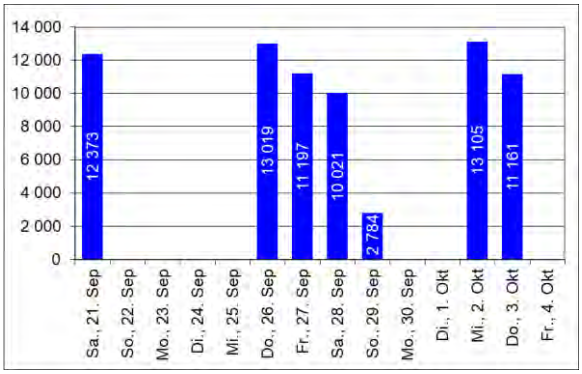
Querschnitt 5: Migros (Mittelinsel-Migros)



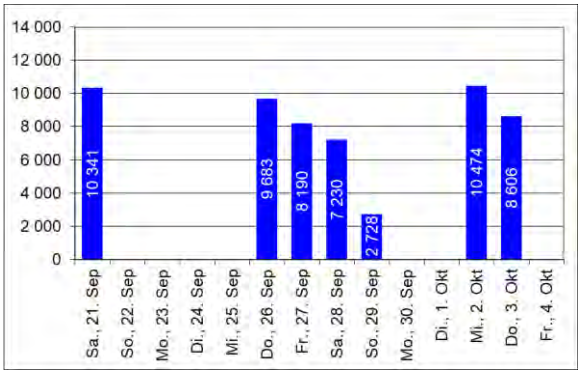
Querschnitt 6: Tramhaltestelle (Mittelinsel-Tram-HS)



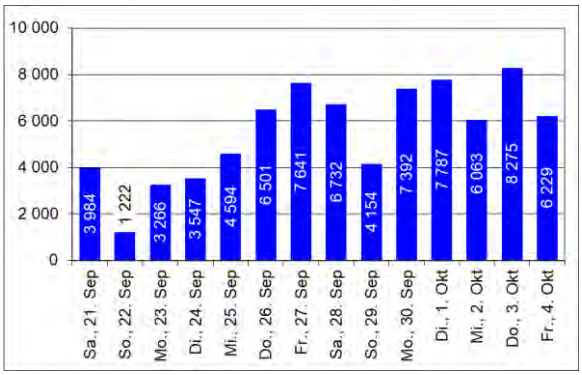
Querschnitt 7: Übergang Migros-Mittelinsel



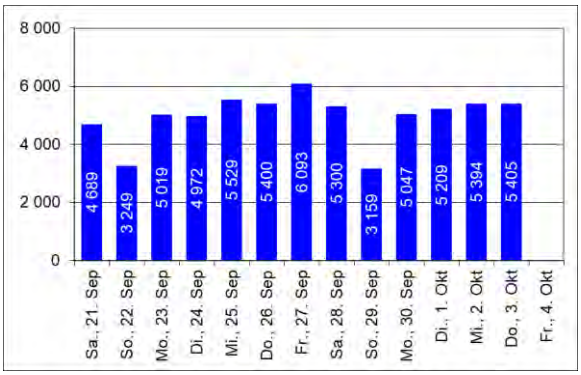
Querschnitt 8: Mittelinsel-Tram-HS vor Migros



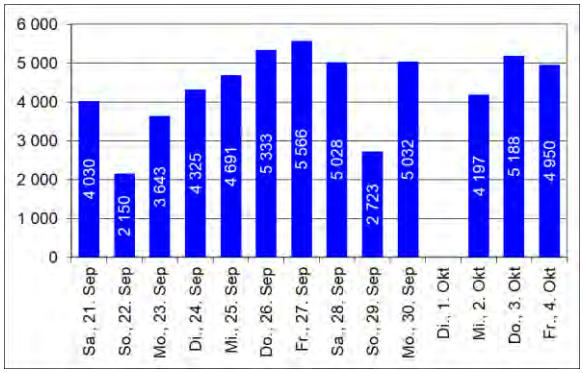
Querschnitt 9: Migros (Mittelinsel) - D-Vino



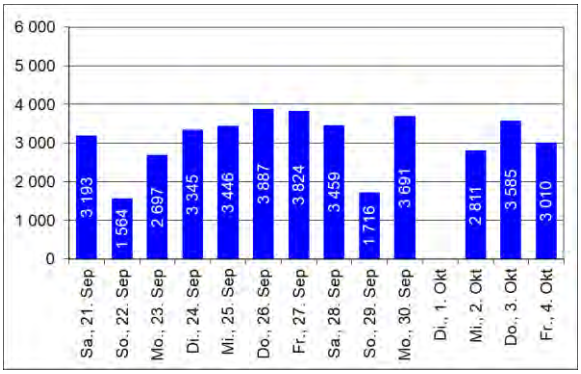
Querschnitt 10: Traminsel - Bus 33/D-Vino



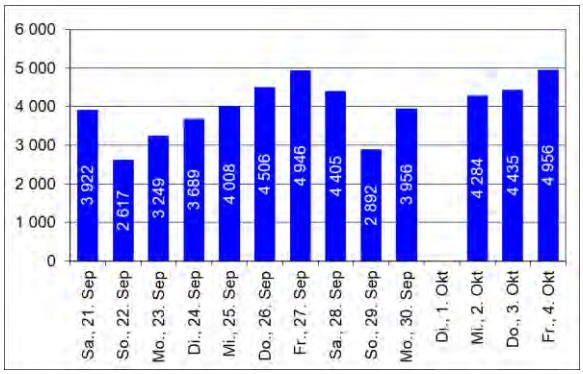
Querschnitt 11: West (Langstrasse-Mittelinsel)



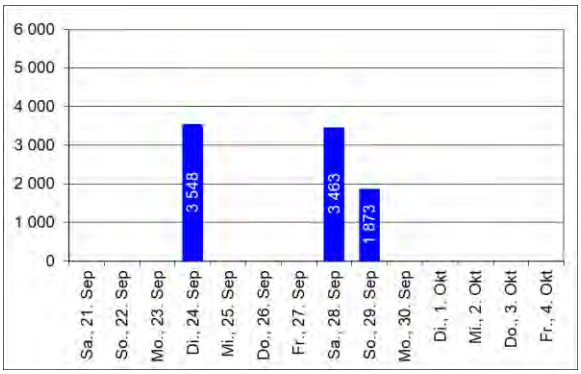
Querschnitt 12: Ost (Langstrasse-Mittelinsel)



Querschnitt 13: Nord (Tramhaltestelle-Mittelinsel)



Querschnitt 14: Zugang Tramhaltestelle von Kiosk



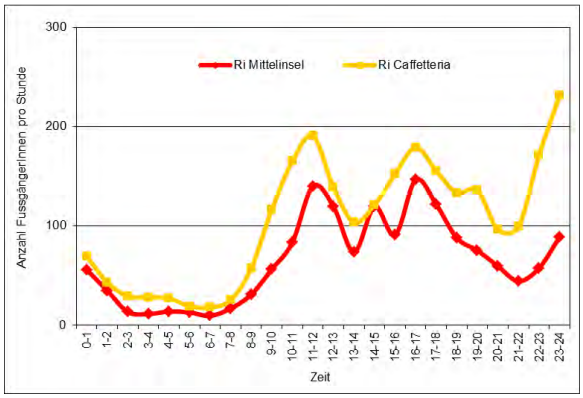
7.2 Tagesganglinien nach Querschnitten und Richtung am Samstag und Sonntag

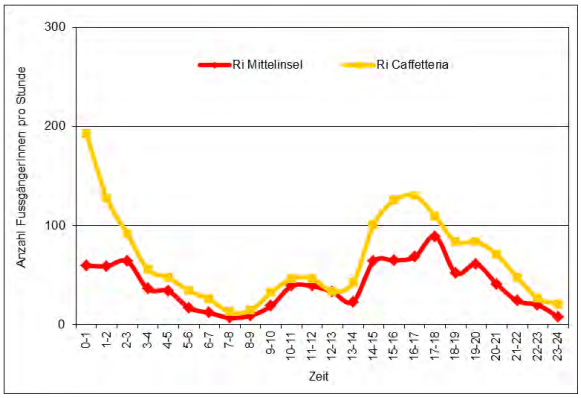
Die folgenden Darstellungen zeigen die Tagesganglinien nach Richtungen an den Samstagen (links) und den Sonntagen nach Zählquerschnitten. Zur besseren Übersicht sind die Abbildungen nach Bereichen gruppiert.

7.2.1 Bereich Südost: Zählquerschnitte 1-3

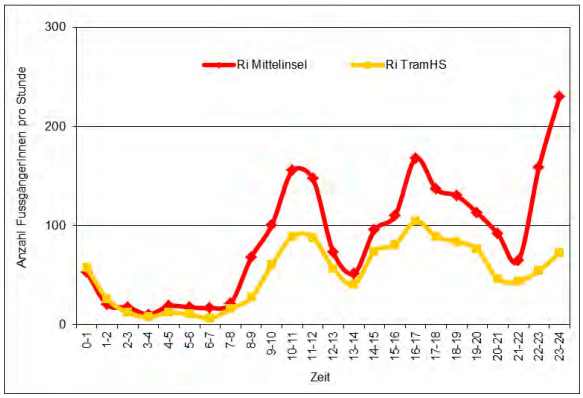
Abbildung 59: Tagesganglinien nach Richtungen Bereich Südost an Samstagen (links) und Sonntagen (rechts)

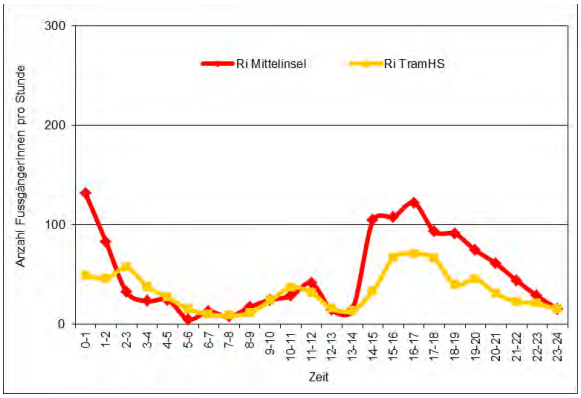
Zählquerschnitt 1: Übergang von der Caffetteria/Post zur Mittelinsel bzw. umgekehrt



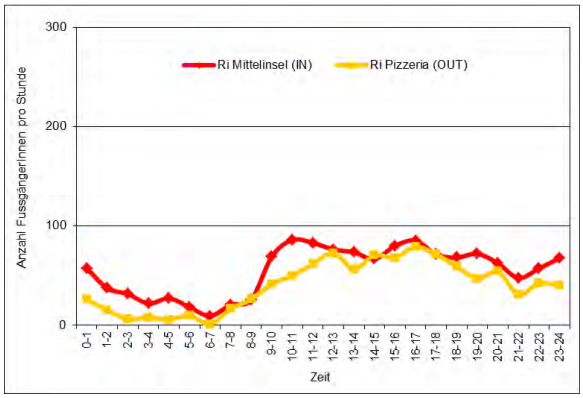


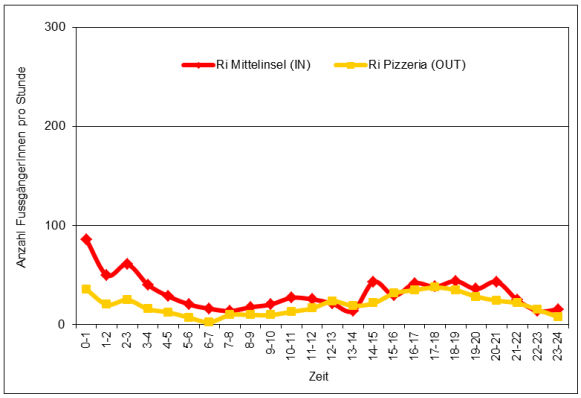
Zählquerschnitt 2: Übergang von der Mittelinsel zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt





Zählquerschnitt 3: Übergang von der Pizzeria zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt

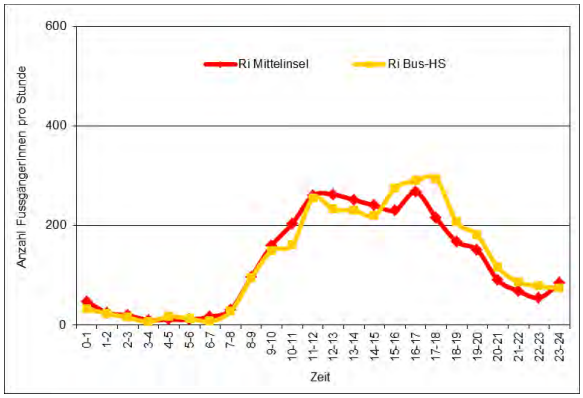


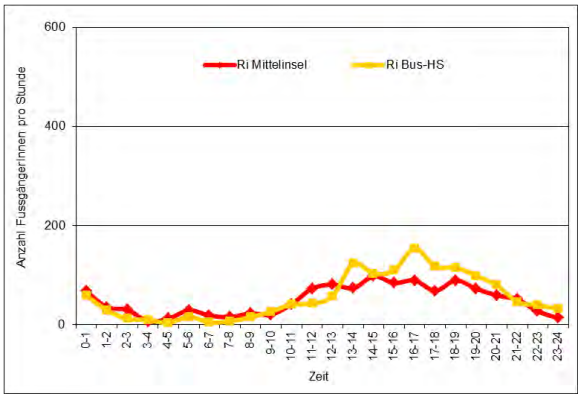


7.2.2 Bereich Nordost: Zählquerschnitte 4-6

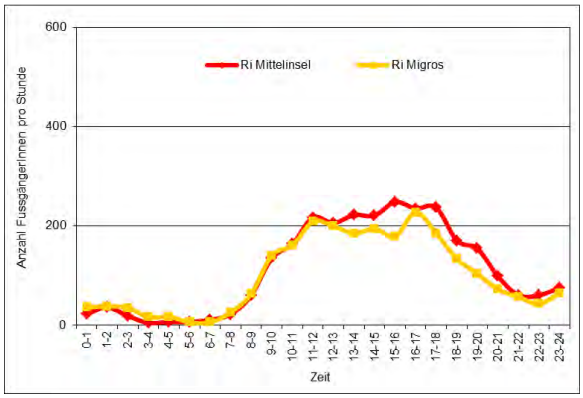
Abbildung 60: Tagesganglinien nach Richtungen Bereich Nordost an Samstagen (links) und Sonntagen (rechts)

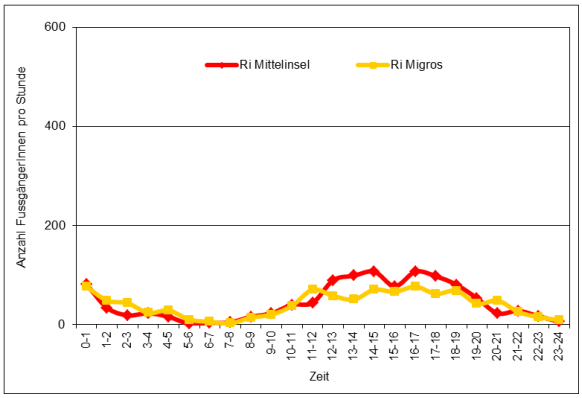
Zählquerschnitt 4: Übergang von der Mittelinsel zur Bushaltestelle bzw. umgekehrt



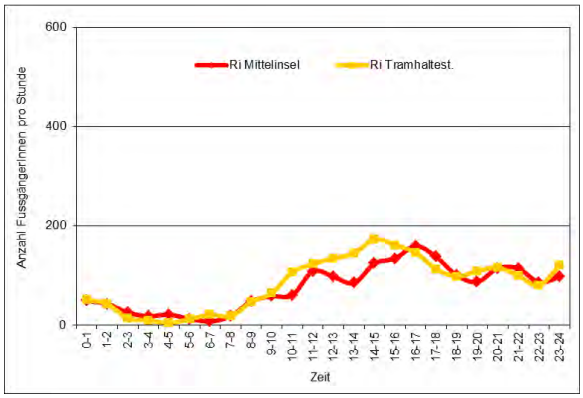


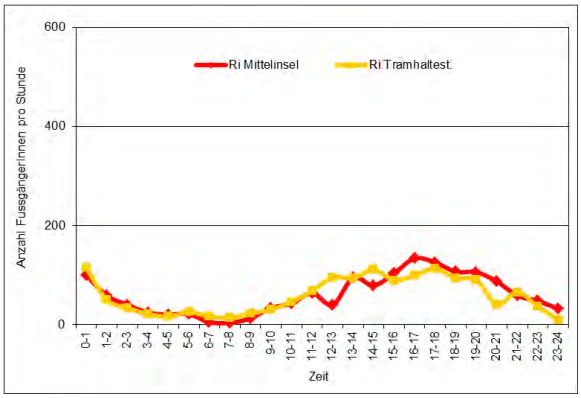
Zählquerschnitt 5: Übergang von der Mittelinsel zur Migros bzw. umgekehrt





Zählquerschnitt 6: Übergang von der Mittelinsel zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt

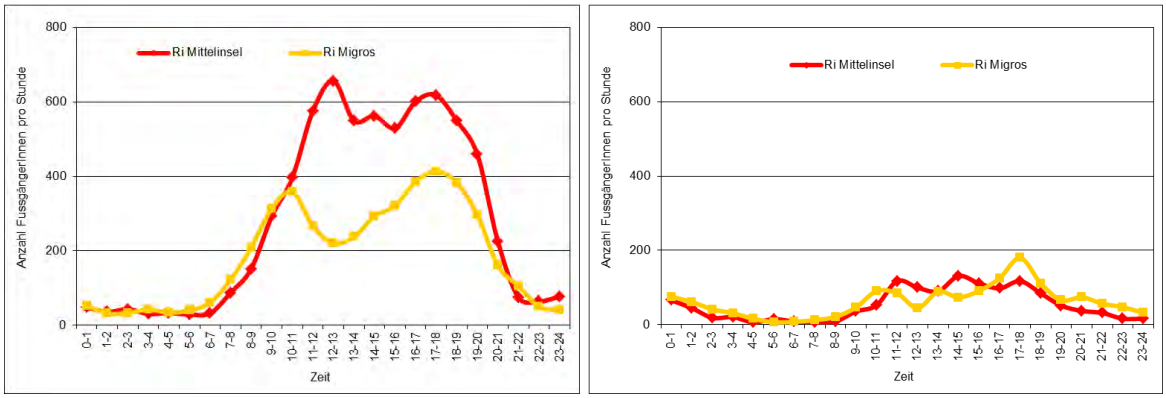




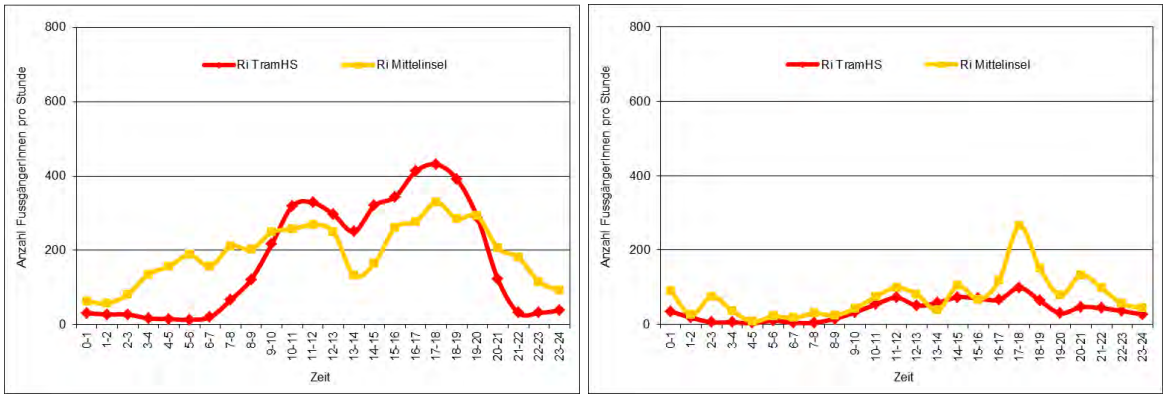
7.2.3 Bereich Nordwest: Zählquerschnitte 7-10

Abbildung 61: Tagesganglinien nach Richtungen Bereich Nordwest an Samstagen (links) und Sonntagen (rechts)

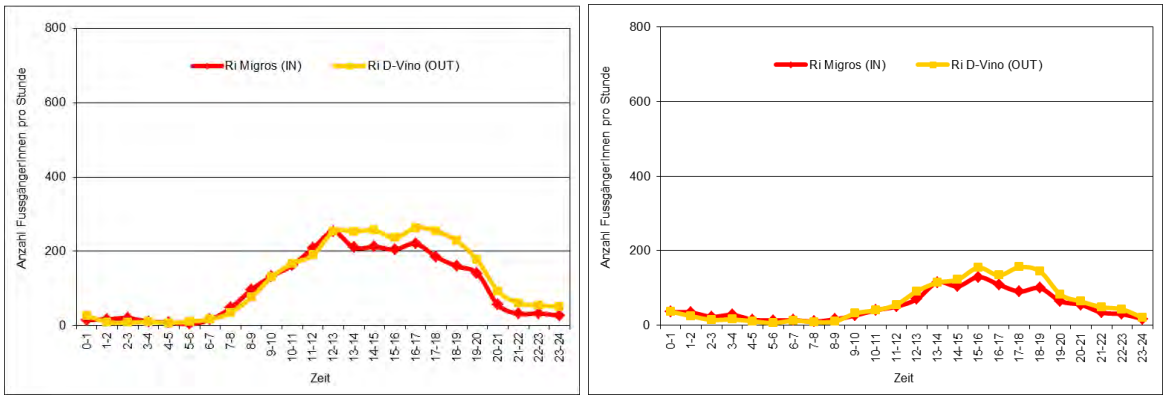
Zählquerschnitt 7: Übergang von der Migros zur Mittelinsel bzw. umgekehrt



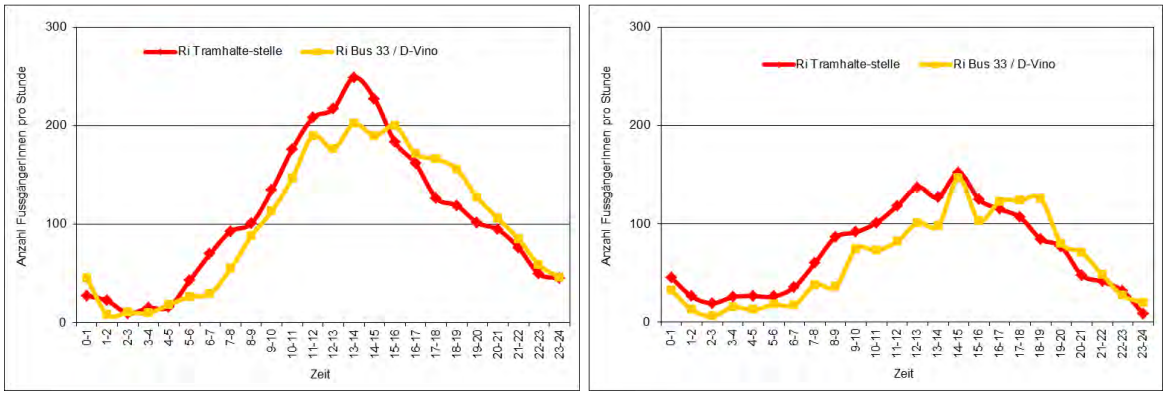
Zählquerschnitt 8: Übergang von der Mittelinsel zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



Zählquerschnitt 9: Übergang von der Bushaltestelle/D-Vino zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



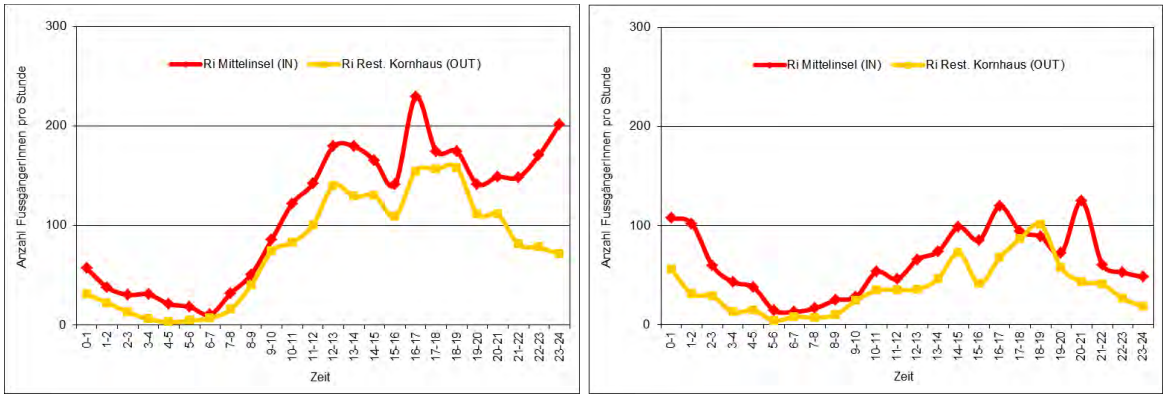
Zählquerschnitt 10: Übergang von der Bushaltestelle/D-Vino zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



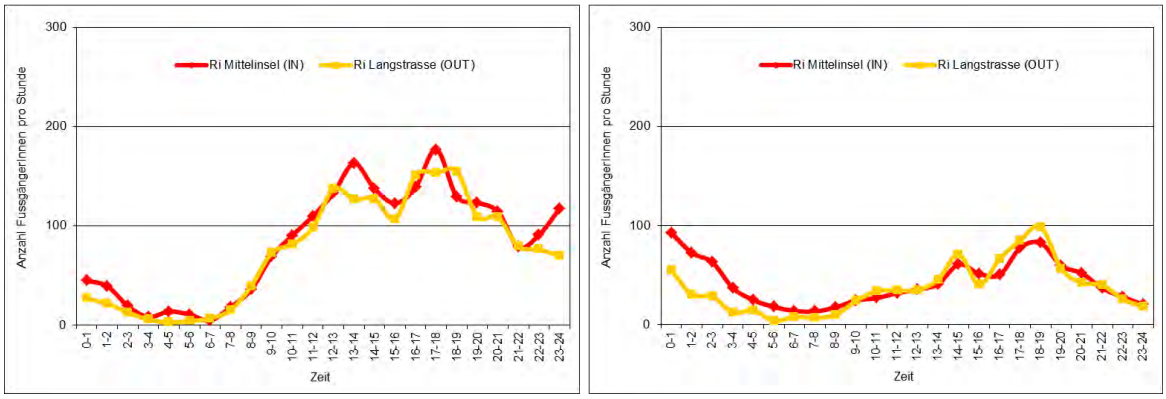
7.2.4 Bereich Südwest: Zählquerschnitte 11-14

Abbildung 62: Tagesganglinien nach Richtungen Bereich Südwest an Samstagen (links) und Sonntagen (rechts)

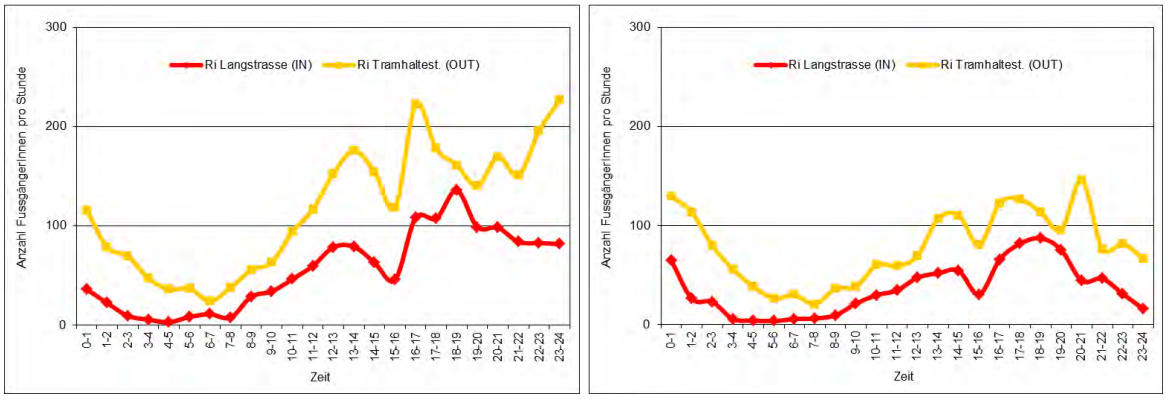
Zählquerschnitt 11: Übergang vom Restaurant Kornhaus zur Mittelinsel bzw. umgekehrt



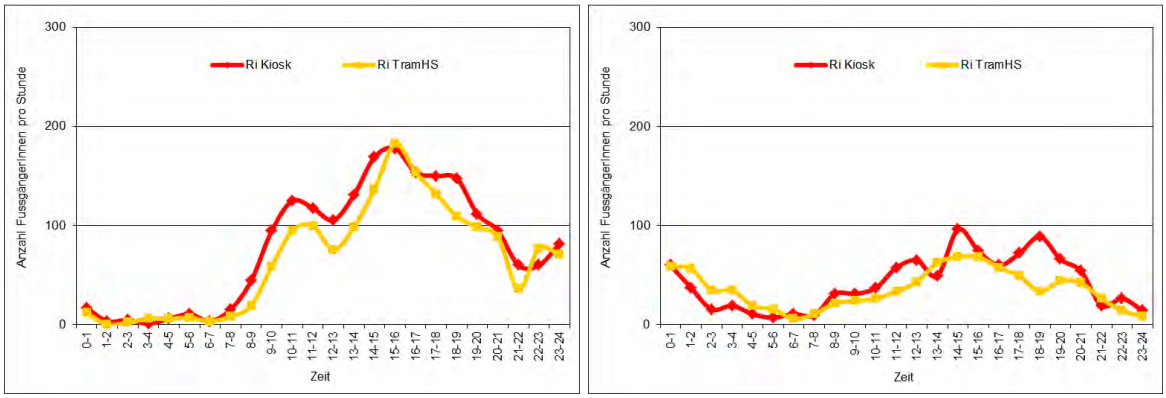
Zählquerschnitt 12: Übergang von der Mittelinsel zum Kiosk bzw. umgekehrt



Zählquerschnitt 13: Zugang von der Mittelinsel zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt (ohne Strassenquerung)



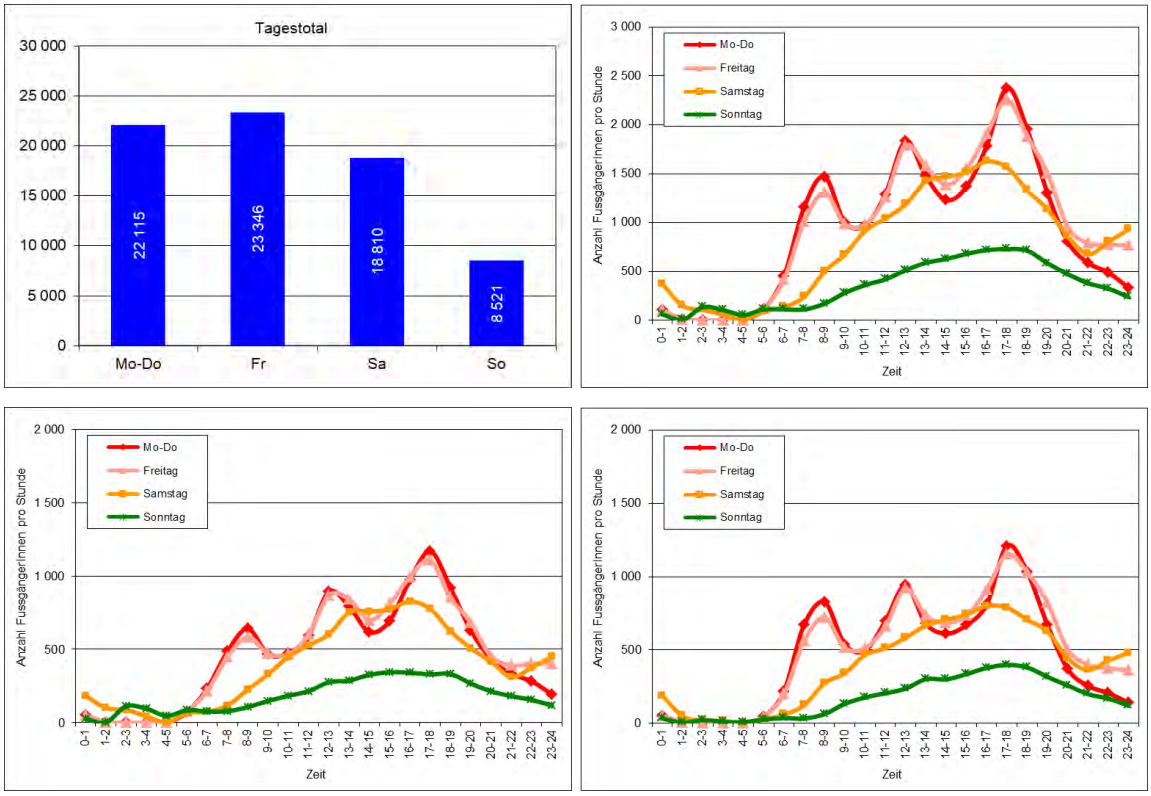
Zählquerschnitt 14: Übergang vom Kiosk zur Tramhaltestelle bzw. umgekehrt



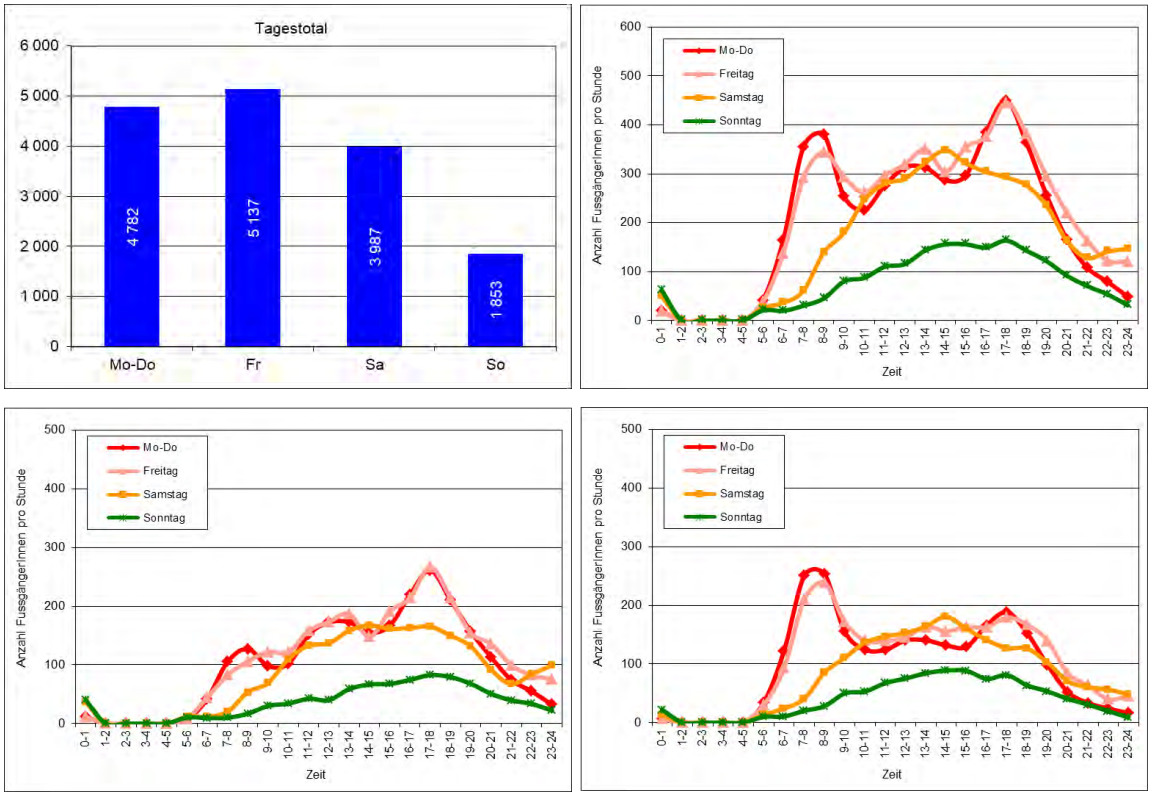
7.3 Passagiere des öffentlichen Verkehrs

Abbildung 63: Aufkommen öV-Passagiere an den Haltestellen des Limmatplatzes: **Ein- und Aussteiger zusammen** (obere Zeile) nach Wochentagen links und als Tagesganglinie rechts sowie nach **Ein- und Aussteiger getrennt** (untere Zeile): Einsteigende links, Aussteigende rechts; Jahresdurchschnittswerte

Tramhaltestelle



Haltestelle Bus Nr. 32 (Süd: Eingang Langstrasse) (Achtung: andere Skalen als obige Darstellung)



7.4 Projektbeschrieb der Forschung

Pestalozzi & Stäheli Umwelt Mobilität Verkehr

Fussverkehr Schweiz
Mobilité piétonne Suisse
Mobilità pedonale Svizzera

Daniel Sauter
Urban Mobility Research

Forschungsprojekt SVI 2017/009:
Empfehlungen zur Zählung des Fussverkehrs

Projektbeschrieb

Problemstellung
Fussverkehrsdaten können auf allen Ebenen zweckdienlich in die Planung des Fussverkehrs einbezogen werden: Modellierung, Projektierung, Unterhalt und Controlling. Die technische Entwicklung der letzten Jahre hat Fussgängerzählungen vereinfacht und bezahlbar gemacht, wobei sich die Instrumente und Methoden z.T. ergänzen und zugleich auch immer mehr überlagern. In der Praxis bildet eine evidenzbasierte Planung des Fussverkehrs jedoch weiterhin die Ausnahme. Grund dafür sind folgende Schwierigkeiten:

- Flexibles Bewegungsverhalten von Fussgängern, das Erhebung z.T. anspruchsvoller macht als bei anderen Verkehrsmitteln
- Wenige Standards zur Erhebung und Nutzung von Fussverkehrsdaten
- Fragmentierte, projektbezogene Datengrundlage
- Systematische, permanente Erhebung des Fussverkehrs erst im Aufbau
- Komplexe technologische Entwicklungen im Bereich der Zählsysteme

Projektziel
Das Forschungsprojekt SVI 2017/009 adressiert dieses Probleme und zeigt auf, wie die Planung des Fussverkehrs anhand von Zähldaten evidenzbasierter erfolgen kann. Ziel ist es, praxisorientierte Hinweise für die konkrete Vorbereitung, Durchführung und Aufbereitung von Zählungen zu erarbeiten.

Forschungsfokus
Es besteht ausgewiesener Forschungsbedarf zu den auf dem Markt verfügbaren Technologien, zu Erhebungsorten und erforderlicher Zählstellendichte sowie zur Art und Weise, wie die Daten in die Planung einfliessen können.
Dazu werden Grundlagen für verschiedene Planungsphasen (übergeordnete Planung, Detailplanung, Monitoring) und Anwendungsbereiche (Modellierung, Projektierung von Anlagen, Wirkungsanalysen) erarbeitet. Weiter wird eine Übersicht über geeignete Erhebungstechnologien und deren Anwendungsbereiche erstellt.

Der räumliche Fokus des Forschungsprojektes liegt dabei auf öffentlichen Räumen im Siedlungsgebiet und den Schnittstellen des öffentlichen Verkehrs. Es werden heute marktfähige Technologien betrachtet und Grundlagen für Bedürfnisse auf allen Ebenen (Bund, Kantone, Agglomerationen, Städte und Gemeinden) erarbeitet.

Vorgehen

Das Forschungsprojekt SVI 2017/009 gliedert sich in drei Phasen:
In Phase 1 werden relevante Planungsfragen und der Datenbedarf eruiert, verfügbare Technologien systematisch zusammengestellt, vorhandene Daten und Projekte evaluiert und eine Synthese erstellt.
In Phase 2.1 werden **Piloterhebungen** mit interessierten Partnern durchgeführt. Dabei wird anhand ausgewählter Praxistests die Handhabbarkeit konkreter Fragestellungen möglichst mit unterschiedlichen Technologien vergleichend getestet. Ziel ist die Beantwortung offener Fragen und die systematische Sammlung von Erfahrungen zu konkreten Anwendungen. Die Erhebung soll zugleich auch für die Partner-Orte nützlich sein.
In Phase 2.2 werden mittels grösserer Datenbestände Erkenntnisse (z. B. Hochrechnungsfaktoren, Ganglinien nach Siedlungstypologie und Wegzwecken, der Wettereinfluss) überprüft und aktualisiert. Ziel ist es, Empfehlungen zur Verknüpfung verschiedener Datenquellen und zur Aufarbeitung von Zählungen zu formulieren.
Phase 3 beinhaltet die Erarbeitung des Forschungsberichtes, der den aktuellen Stand der Forschung zusammenfasst, neue Erkenntnisse zeigt und Empfehlungen für die Vorbereitung, Durchführung und Aufbereitung von Fussverkehrszählungen formuliert.

Nutzen

Das Forschungsprojekt SVI 2017/009 mit den darin eingeschlossenen praxisorientierten Empfehlungen soll die Hürden für Erhebungen des Fussverkehrs senken und zwar auf zwei Arten. Einerseits können folgende Resultate direkt in der planerischen Praxis verwendet werden:

- Hilfestellung zur Vorbereitung, Durchführung und Aufbereitung von Erhebungen
- Technologie-Übersicht und spezifische Eignung in der Planungspraxis
- Übersicht zur Verwendung und Kombination von verfügbaren Datensätzen

Andererseits wird mit der Veröffentlichung des Forschungsberichts eine breite Gruppe von Fachleuten in Verwaltung, Planung und der Wirtschaft für Bedeutung und Nutzen der Erhebungen des Fussverkehrs sensibilisiert. Das Forschungsprojekt SVI 2017 leistet so einen Beitrag dazu, die Planung des Fussverkehrs evidenzbasierter zu gestalten.

Forschungsteam

Pestalozzi & Stäheli GmbH – Umwelt, Mobilität, Verkehr

Christian Pestalozzi, Projektleitung, dipl. Ing. ETH/SIA, Verkehrsingenieur SVI
Andreas Stäheli, dipl. Bauing. FH, Verkehrsingenieur SVI, Raumplaner NDS/FH
Vera Conrad, dipl. Ing. Raumplanung, Dr.-Ing.
Matthias Mahler, BA Geografie

Fussverkehr Schweiz

Thomas Schweizer, dipl. Geograf, Verkehrsingenieur SVI
Dominik Bucheli, dipl. Geograf

Urban Mobility Research

Daniel Sauter, lic. phil. I, Soziologe, Büroinhaber