

Stiftung für Prävention der AXA

Missachtung des Vortritts am Fussgängerstreifen

Forschungsbericht



31. Januar 2020



Für Ihre Mobilität von morgen

Impressum

Projektverfasser

SWISSTRAFFIC AG
Verkehringenieure
Grauholzstrasse 59
3063 Ittigen

Versionsverzeichnis

Version	Datum	Verfasser	Geprüft von/am	Bemerkung
v 0.9	29.11.2019	BAD	BUA/29.11.2019	Bericht Entwurf
v 1.0	31.01.2020	BAD		Definitive Fassung



Stampfenbachstr. 57
CH-8006 **ZÜRICH**
Tel. 044 200 90 20

Chemin Vermont 10
CH-1006 **LAUSANNE**
Tel. 021 647 47 38

Rue de l'Avenir 11
CH-1950 **SION**
Tel. 027 322 31 11

Bielastrasse 60
CH-3900 **BRIG**
Tel. 027 923 33 23

Worbentalstrasse 32
CH-3063 **ITTIGEN**
Tel. 031 922 11 22

office@swisstraffic.ch
www.swisstraffic.ch

P:\18579 AXA Forschung FGST_ZÜRICH\Project\1-Bericht\20200131_AXA-Forschung FGST.docx



Für Ihre Mobilität von morgen

Inhaltsverzeichnis

Glossar / Abkürzungsverzeichnis	5
0 Zusammenfassung	6
1 Einleitung	7
1.1 Ausgangslage	7
1.2 Aufgabenstellung	7
1.3 Vorgehen (Kurzfassung)	8
2 Forschungsstand	9
3 Methodik	14
3.1 Datenerhebung	14
3.1.1 Erhebungsgerät STOPCAM	14
3.1.2 Wechsel auf Videoerhebung	14
3.1.3 Standorte	15
3.2 Datenverarbeitung	18
4 Auswertung	19
4.1 Schritt 1 – Automatisierte Auswertung	19
4.1.1 Informationen zum Szenario und Definitionen	19
4.1.2 Heatmaps der Bewegungslinien	20
4.1.3 Verteilung der Geschwindigkeiten	21
4.1.4 Verkehrsmengen	22
4.1.5 Heatmaps der PET-Konfliktpunkte	23
4.1.6 Einzeldaten Fahrzeuge und zu Fuss Gehende	24
4.1.7 Konfliktdaten	25
4.1.8 Angaben zu Zeitlücken	26
4.1.9 Sicherheits-Index	27
4.2 Schritt 2 – Detaillierte Analyse	28
4.2.1 Definitionen	28
4.2.2 Ergebnisse	30
5 Resultate	31
5.1 Vergleich der Fussgängerstreifen (automatisierte Auswertung)	31
5.2 Detaillierte Auswertung	31

5.3	Weitere Beobachtungen.....	34
5.4	Unfallauswertung	37
5.5	Fazit	37
6	Verwendung der Ergebnisse.....	39
6.1	Mögliche Gründe für die Missachtung des Vortritts	39
6.2	Andere erkannte Probleme	39
6.3	Verbesserung des Verhaltens.....	40
6.4	Verbesserung der Infrastruktur	40
7	Schlussfolgerungen.....	42
8	Anhang	43
8.1	Literaturverzeichnis	43
8.2	System STOPCAM.....	44
8.3	Untersuchte Fussgängerstreifen	46
8.4	Detailauswertung pro Fussgängerstreifen.....	49
8.5	Unfallauswertung pro Fussgängerstreifen	60

Glossar / Abkürzungsverzeichnis

BFU	Beratungsstelle für Unfallverhütung
BIP	Bruttoinlandprodukt
GIDAS	German In-Depth Accident Study (www.gidas.org)
PET	Post Encroachment Time – die Zeit die zwischen dem Verlassen der gemeinsamen räumlichen Zone durch den ersten Verkehrsteilnehmer und dem Erreichen dieser durch den zweiten Verkehrsteilnehmer vergeht. Eine kurze PET kann ein Hinweis auf eine mögliche Vortrittsmissachtung sein; falls die PET gleich null ist entspricht dies einem Unfall.
TCS	Touring Club Schweiz
TTC	Time to Collision; Zeit bis zum Aufprall – Definiert die Zeit bis zu einem Aufprall, wenn beide Verkehrsteilnehmer Ihren Kurs genau gleich und mit gleicher Geschwindigkeit fortsetzen würden.
SVG	Strassenverkehrsgesetz
VRV	Verkehrsregelverordnung

0 Zusammenfassung

Das Vortrittsverhalten an Fussgängerstreifen gibt auch in der Öffentlichkeit immer wieder zu Diskussionen Anlass. Oft werden querungswillige zu Fuss Gehende von Fahrzeuglenkenden ignoriert oder übersehen. Dies führt regelmässig zu Missverständnissen und gefährlichen Situationen. Aber auch das unvermittelte Betreten des Streifens durch den Fussverkehr ist mit grossen Risiken verbunden.

Die vorliegende Studie soll Angaben zum Unfallrisiko an Fussgängerstreifen liefern, indem die Vortrittsmissachtung aller Verkehrsteilnehmenden beziffert wird.

Grundsätzlich sollen die beiden folgenden Fragen beantwortet werden:

- Wie hoch ist der Anteil der Vortrittsmissachtung seitens Fahrzeuglenkender?
- Wie hoch ist der Anteil des unvermittelten Betretens seitens zu Fuss Gehender?

Mittels Videokameras wurden an 10 ausgewählten Fussgängerstreifen in der Stadt Zürich während jeweils 1 Woche Aufnahmen gemacht. Die Videoaufnahmen wurden automatisiert ausgewertet, um potenzielle Konfliktsituationen zu isolieren. Anschliessend wurden diese Situationen hinsichtlich Vortrittsmissachtung ausgewertet.

Die automatisierte Auswertung zeigt in einem ersten Schritt das vorhandene Risiko pro Fussgängerstreifen, basierend auf dem Verhalten und den gefahrenen Geschwindigkeiten. Hier zeigen sich bereits starke Unterschiede bei den einzelnen Streifen.

Die eigentliche Forschungsfrage konnte nicht wie gewünscht beantwortet werden. Eine komplett automatisierte Auswertung der Videobilder für das Erkennen der Vortrittsmissachtung war aufgrund der Komplexität der Situationen nicht möglich. Eine 'manuelle' Detailauswertung war nötig, um die Situationen korrekt einzuschätzen. So konnten aber auch andere interessante Beobachtungen gemacht werden, die für die Sicherheit am Fussgängerstreifen interessant sind.

Nach Abschluss der Analysen können die folgenden Hauptergebnisse vorgewiesen werden. Insgesamt beträgt das **Verhältnis der Vortrittsmissachtungen** durch Fahrzeuglenkende gegenüber denjenigen durch zu Fuss Gehende **bei 3:1**, wobei in 88 % der Fälle gar keine Vortrittsmissachtung zu verzeichnen war.

Die manuelle Auswertung hat weitere interessante Situationen zu Tage gefördert, die als risikoreich eingestuft werden können und die für die zukünftige Präventionsarbeit von Bedeutung sind und die auch zur Verbesserung der Infrastruktur beigezogen werden können:

- Die Nutzung des Mobiltelefons durch zu Fuss Gehende führt zu einer starken **Ablenkung**
- **Velostreifen** sollten als **Fahrstreifen in gleicher Richtung** betrachtet werden. In der aktuellen Norm VSS-40241 sind sie von dieser Regelung ausgenommen. Das forsche Verhalten einiger Zweiradfahrender führt aber zu einer gewissen Gefährdung am Fussgängerstreifen
- Fussgängerstreifen **in direkter Flucht von Fusswegverbindungen** erzeugen nicht zu unterschätzende Konflikte

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Zu Fuss Gehende haben auf Fussgängerstreifen seit Anfang 1963 Vortritt vor Fahrzeugen (Art. 33 Abs. 2, SVG¹ - Ausnahme Tram), dürfen diesen aber nicht überraschend betreten (Art. 49 Abs. 2 SVG). In den Art. 6 Abs 1 und Art. 47 Abs. 3 VRV² wird das Verhalten bei diesem bedingten Vortrittsrecht ausführlich vorgegeben.

Aufgrund von steigenden Verkehrsleistungen und einer mutmasslichen Unaufmerksamkeit aller Verkehrsteilnehmenden kommt es zwangsläufig zu Missachtungen des Vortritts. Resultiert dies in einem Unfall, so sind die Folgen meist schwer. Personenschäden gibt es sowohl seitens zu Fuss Gehender (bei Kollision mit einem Fahrzeug) als auch seitens Fahrzeuglenkender (Auffahrunfall bei abruptem Stopp oder Kollision beim Ausweichen).

Nebst dem Leid und Leiden der involvierten Personen und derer Angehörigen sind auch die Versicherungsgesellschaften von den Strassenverkehrsunfällen betroffen. Die volkswirtschaftlichen Kosten betragen in der Schweiz – je nach Quelle und Einbezug verschiedener Parameter (v.a. immaterielle Kosten) – zwischen 4 und 14 Milliarden Franken, rund 1-2 % des BIP³.

Das Vortrittsverhalten an Fussgängerstreifen gibt auch in der Öffentlichkeit immer wieder zu Diskussionen Anlass. Oft werden querungswillige zu Fuss Gehende von Fahrzeuglenkenden ignoriert oder übersehen. Dies führt regelmässig zu Missverständnissen und gefährlichen Situationen. Aber auch das unvermittelte Betreten des Streifens durch den Fussverkehr ist mit grossen Risiken verbunden.

In kleineren Schweizer Studien wurde bisher hauptsächlich die Anhaltebereitschaft der Fahrzeuglenkenden untersucht (u.a. von BFU und TCS). Hingegen fehlen Daten zum unvermittelten Betreten der Fahrbahn seitens der zu Fuss Gehenden. Die vorliegende Forschungsarbeit möchte beide Parameter automatisch erheben, um zuverlässigere Aussagen über das Vortrittsverhalten am Fussgängerstreifen machen zu können.

1.2 Aufgabenstellung

Die Studie soll Angaben zum Unfallrisiko an Fussgängerstreifen liefern, indem die Vortrittsmissachtung aller Verkehrsteilnehmenden beziffert wird.

In der Praxis sind diese Ergebnisse einerseits nützlich für die effizientere Nutzung von Kampagnengelder (Sensibilisierung der Verkehrsteilnehmenden). Andererseits kann das Klären der Schuldfrage besser abgestützt werden.

¹ SVG: Strassenverkehrsgesetz vom 19. Dezember 1958

² VRV: Verkehrsregelnverordnung vom 13. November 1962

³ BIP: Bruttoinlandsprodukt; ca. CHF 370 Milliarden im Jahr 2013

Grundsätzlich sollen die beiden folgenden Fragen beantwortet werden:

- Wie hoch ist der Anteil der Vortrittsmissachtung seitens Fahrzeuglenkender?
- Wie hoch ist der Anteil des unvermittelten Betretens seitens zu Fuss Gehender?

1.3 Vorgehen (Kurzfassung)

Mittels HD-Videokameras wurden an 10 ausgewählten Fussgängerstreifen in der Stadt Zürich während jeweils 1 Woche Aufnahmen gemacht. Die Videoaufnahmen wurden automatisiert ausgewertet, um potenzielle Konfliktsituationen zu isolieren. Diese mussten anschliessend händisch hinsichtlich Vortrittsmissachtung ausgewertet werden. Die vollautomatisierte Auswertung konnte aus verschiedenen Gründen nicht erreicht werden.

Das Vorgehen bzw. die Methodik wird in Kapitel 3 näher beschrieben.

2 Forschungsstand

Die nachfolgenden Studien behandeln das Thema Verhalten am Fussgängerstreifen anhand verschiedener Aspekte.

Bartels & Liers (2014) Bewegungsverhalten von Fußgängern im Straßenverkehr

Im ersten Teil der Studie werden vor allem die Bewegungs- und Beschleunigungsgeschwindigkeiten von zu Fuss Gehenden anhand von bereits vorhandener Literatur zusammengefasst und mit der bestehenden GIDAS-Codierung verglichen. Der zweite Teil der Studie fokussiert stärker auf die Bewegungstrajektorien (räumliche Bewegungsmuster) der Personen, welche die Strasse überqueren. Weiter wurde erfasst, wie viele Personen aufgrund von herannahenden Fahrzeugen umkehren oder warten mussten. Die Berechnung von potentiellen TTCs zwischen zu Fuss Gehenden und Fahrzeugen wurden genutzt, um Annahmen betreffend der Lückenakzeptanz der zu Fuss Gehenden zu machen. Die Zeit zwischen dem Betreten der Fahrbahn und einer möglichen Kollision mit einem Fahrzeug, welche die in der Auswertung erfassten 180 zu Fuss Gehenden als akzeptabel erachteten, liegt gemäss Studie bei 4 – 6 Sekunden.

Thomas Schweizer, Christian Thomas & Pascal Regli (2009): Fussverkehr Schweiz - Verhalten am Fussgängerstreifen

Neben einer umfassenden Literaturanalyse zum Verhalten der Verkehrsteilnehmenden am Fussgängerstreifen wurden Aufnahmen mit einem Horizontal-Laserscanner gemacht. Damit sollten gleichzeitig Fahrzeuge und zu Fuss Gehende in Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit erfasst werden. Wegen technischer Probleme konnten allerdings nur Testmessungen vorgenommen werden. Stattdessen wurden mit Videoaufnahmen 1500 Interaktionen zwischen Fahrzeugen und zu Fuss Gehenden an 10 verschiedenen Fussgängerstreifen ausgewertet. Dabei wurde insbesondere der positive Effekt von Fussgängerschutzinseln auf das Verhalten der zu Fuss Gehenden nachgewiesen. Zusätzlich wurde mit einer Versuchsperson eine Testreihe zur Anhaltequote der Fahrzeuge durchgeführt.

Thomas Schweizer, Tonja Zürcher, Viktor Altherr, Rolf Steiner, Johannes Zoth (2008): Markierte Fussgängerschutzinseln; Evaluation der Veränderungen im Verhalten von Zufussgehenden und Fahrzeuglenkenden

Diese Studie befasst sich mit dem Einfluss von markierten Fussgängerschutzinseln. Dieser Typ von Schutzinsel ist für Strassenbreiten von 7.5 m konzipiert. Im Gegensatz zu gebauten Mittelinseln, die auf breiteren Strassen eingesetzt werden und eine Breite von bis zu 2.5 m aufweisen, ist eine markierte Fussgängerschutzinsel lediglich 1.5 m breit. Zur Untersuchung wurden an drei verschiedenen Standorten Vorher-/Nachher-Analysen anhand von Videoaufzeichnungen gemacht. Zudem wurde auch an einem Referenzstreifen mit gebauter Schutzinsel Aufnahmen gemacht. Die Aufzeichnungen wurden anschliessend quantitativ ausgewertet. Es zeigt sich, dass die markierten Mittelinseln auf alle gemessenen Faktoren einen positiven Einfluss haben. Die Mittelinsel hat einen

bündelnden Einfluss auf die Kreuzungswege der zu Fuss Gehenden. Zudem queren sie die Strasse eher in einem rechten Winkel als ohne Mittelinsel. Auch die Anhaltequote der Fahrzeuge und das Sicherheitsempfinden der zu Fuss Gehenden verbessert sich gegenüber der Situation ohne Schutzinsel. Die Referenzwerte des Fussgängerstreifens mit gebauter Mittelinsel sind aber nach wie vor besser als die des Übergangs mit markierter Insel.

Faktenblatt Querungsstellen (BFU, 2009)

Dieses Papier gibt einen allgemeinen Überblick über die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Sicherheit der zu Fuss Gehenden bei Querungsstellen. Die meisten Unfälle zwischen motorisiertem Individualverkehr und zu Fuss Gehenden ereignen sich demnach an Querungsstellen, also an Orten, wo sich Fahr- und Fussverkehr dieselbe Verkehrsfläche teilen. Als wichtige Risikofaktoren auf Seite der zu Fuss Gehenden werden vor allem hohes Alter, männliches Geschlecht und soziale Schicht genannt. Neben diesen nicht-veränderbaren Eigenschaften, liessen sich gemäss Studie jedoch beispielsweise das Verhalten von Kindern an Querungsstellen durch vermehrte Schulungsprogramme verbessern.

In Bezug auf die Infrastruktur wird vor allem eine unvollständige oder fehlende Netzplanung als Risikoquelle beschrieben, was dazu führt, dass die bevorzugten Wege der zu Fuss Gehenden nicht mit der baulichen Realität übereinstimmen.

Leah L. Thompson, Frederick P. Rivara, Rajiv C. Ayyagari, Beth E Ebel (2012) Impact of technological distraction on pedestrian crossing behaviour : an observational study

Diese Studie besagt, dass fast ein Drittel der Personen, die einen Fussgängerstreifen überqueren, dabei eine ablenkende Handlung ausführen. Als solche wurde von den Autoren Musikhören, Textnachrichten Schreiben, oder Telefonieren bezeichnet. Die Resultate ergaben, dass kurznachrichtenschreibende Passanten im Schnitt 18 % länger zum Überqueren der Strasse benötigten und fast eine viermal so hohe Wahrscheinlichkeit aufwiesen, «mindestens eine unsichere Querungsverhaltensart» (Rotlicht missachten, Strasse diagonal überqueren etc.) zu zeigen. Für die Studie wurden etwas mehr als 1000 Querungsvorgänge an verschiedenen Orten in Seattle, WA ausgewertet.

Schützenhofer A. / Krainz D. 1997. Anhaltebereitschaft telefonierender Pkw-Lenker an Zebrastreifen

Für diese Studie wurde an verschiedenen Fussgängerstreifen in Graz die Anhaltebereitschaft gemessen. Es wurde unterschieden zwischen Fahrzeuglenkenden, die gerade mit einem Mobiltelefon telefonierten und solchen, die dies nicht taten. Zwischen diesen beiden Gruppen wurde ein signifikanter Unterschied in der Anhaltebereitschaft festgestellt. Bei den nicht-telefonierenden Fahrzeuglenkenden betrug diese 40,4 %, bei den telefonierenden lediglich 26,9 %. Als Ursache für diese Differenz vermuten die Autoren, dass die telefonierenden Fahrzeuglenkenden durch das Gespräch abgelenkt werden und die zu Fuss Gehenden somit übersehen, oder dass sie durch das

Telefon in Ihrer Hand überfordert sind, ihr Fahrzeug rechtzeitig abzubremsen, bzw. zu schalten. Ferner wird auch in Betracht gezogen, dass die Bereitschaft, zu Fuss Gehenden beim Queren der Strasse den Vortritt zu gewähren, von Fahrzeuglenkenden, die am Steuer telefonieren, generell tiefer liegt

Traffic Safety at Pedestrian Zebra Crossings (2007)

Diese Studie ist Teil eines Langzeitforschungsprojekts der finnischen Regierung zur Erhöhung der Verkehrssicherheit. Dazu wurden die Unfallrisiken für zu Fuss Gehende in Helsinki ausgewertet und mit anderen Städten in Schweden und Norwegen verglichen. Die gesetzlichen Bestimmungen betreffend Vortrittsregeln und Signalisation an Fussgängerüberwegen und deren Geschichte in verschiedenen europäischen Ländern werden miteinander verglichen.

Faktenblatt Vortrittsmissachtung innerorts (BFU, 2010)

Laut einer Studie der BFU sind 35 % aller schweren Personenschäden innerorts auf Vortrittsmissachtungen zurückzuführen. Diese Erkenntnis basiert auf den Daten der Verkehrsunfallstatistik der Jahre 1999 – 2009. In der detaillierten Analyse wird auf den auffallend hohen Schweregrad der Personenschäden hingewiesen, die bei Unfällen durch Vortrittsmissachtung von PW-Lenkenden an Fussgängerstreifen hervorgerufen wurden. Bei einem Drittel dieser Unfälle ist von einem schweren Personenschaden die Rede. Die Faktoren Nässe und Dunkelheit werden ebenfalls hervorgehoben. Des Weiteren ist festzuhalten, dass es sich bei den Opfern zu einem Grossteil um Senioren handelt.

Chiellino U et al. (2010), Was können Fahrassistenzsysteme leisten?

Laut diesem Referat an der Tagung für Sicherheit durch Fahrassistenzsysteme wird die psychologische Unfallursachenanalyse behandelt. Ein Unfall kann demzufolge in fünf verschiedene Prozessschritte eingeteilt werden (Informationszugang, Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung, Zielsetzungsfehler und Handlung). Über 40 % der Unfälle können auf eine mangelnde Informationsaufnahme zurückgeführt werden. Diese entsteht durch Ablenkung im Fahrzeug oder im Verkehrsraum, durch zu niedrige Aktivierung, durch Legung eines falschen Aufmerksamkeitsfokus oder durch eine falsche Identifizierung durch Überforderung.

Kettwich, C. (2014): Ablenkung im Strassenverkehr und deren Einfluss auf das Fahrverhalten

In Kettwichts Dissertation wird untersucht, welche Art der Ablenkung den grössten Einfluss auf das Fahrverhalten im Strassenverkehr hat. Untersucht wird der Einfluss von visuellen, kognitiven wie auch haptischen Ablenkungen. Hierbei stellt sich heraus, dass die visuelle Ablenkung den grössten Effekt hat, da das Fahren vorwiegend vom visuellen Sinn abhängt.

Chiellino U. et al. (2015): Ablenkung beim Autofahren. Eine überschätzte Gefahr?

In dieser Studie wurden die Auswirkungen von verschiedenen Ablenkungen während der Autofahrt untersucht. Probanden mussten einen abgegrenzten Parcours abfahren, während welchem sie angewiesen wurden, verschiedene Aufgaben zu lösen (Trinken, Brillenetui suchen, Adresse ins Navigationsgerät eintippen, etc). Bei der Auswertung der Testfahrten wurde das Augenmerk auf das Fahrverhalten, die Biosignale, die Hirnaktivität, die Herzaktivität und die Blickbewegungen des Fahrzeuglenkenden gelegt. Als Resultat ist ersichtlich, dass alle zu bewältigenden Aufgaben signifikante Auswirkungen auf das Blick- und Fahrverhalten der Probanden geführt hatten. Dieses Resultat ist vom Geschlecht sowie dem Alter unabhängig. Nicht nur augenscheinliche Ablenkungen – wie die Eingabe einer Adresse ins Navigationssystem – sondern auch harmlos geglaubte Tätigkeiten wie Trinken haben einen klar ablenkenden Charakter.

Laureshyn A., De Ceunynck T., Kalrsson C., Svensson Å., Daniels S. (2017) : Auf der Suche nach dem Schweregrad von Verkehrereignissen: Erweitertes Delta-V als Indikator für Verkehrskonflikte

T₂-Verfahren: Die Nähe einer Kollision messen

Time-to-Collision (TTC) ist eines der am häufigsten angewendeten Verfahren bei Verkehrskonfliktstudien. Sie ist definiert als die Zeit bis eine Kollision zwischen zwei Objekten eintreten würde, wenn sie ihren derzeitigen Kurs mit ihrer gleichen Geschwindigkeit fortsetzen. Es handelt sich um einen Prognosewert (ex ante).

Passieren zwei Verkehrsteilnehmende die Konfliktzone mit einem Zeitunterschied, so kann die Post-encroachment time (PET – «Nachbeobachtungszeit») anwendbar sein. Dabei handelt es sich um die Zeitspanne zwischen dem ersten Verkehrsteilnehmenden, der die Konfliktzone verlässt und dem Zweiten, welcher diese gerade erreicht. Beträgt dieser Zeitunterschied null, bedeutet dies das Ereignis eines Unfalls. Hier handelt es sich um eine nachträgliche Betrachtung (ex post).

TTC reicht allerdings nicht aus, um kritische Situationen wie Beinaheunfälle zu erkennen, da bei Begegnungen ohne Kollisionskurs durchaus Unfallpotential besteht (beispielsweise durch eine geringfügige Änderung der Spur). Die Beziehung zwischen zwei Verkehrsteilnehmenden kann schnell zwischen einem «Kollisionskursereignis» zu einem «Nicht-Kollisionskursereignis» wechseln und umgekehrt. Dazu benötigt es ein Tool, das beide Ereignisse betrachtet und einen lückenlosen Übergang dazwischen ermöglicht.

Das Verfahren T_2 beschreibt die erwartete Zeit in welcher der zweite Verkehrsteilnehmende am Konfliktpunkt bei unveränderter Geschwindigkeit und «geplanten» Fahrkursen ankommt. Wenn dabei ein Kollisionskurs entsteht, entspricht T_2 der TTC. In allen anderen Fällen (wenn es keine Kollision gibt und eine gewisse Zeitspanne vorherrscht) zeigt T_2 die maximale Reaktionszeit für Ausweichmanöver an und mildert damit die Schwere dieses Vorfalls. Je kleiner der T_2 -Wert ist, desto kürzer ist auch die Zeitspanne zwischen den beiden Verkehrsteilnehmenden. Da bei grossen T_2 -Werten keine Kollision eintritt, empfiehlt es sich, diesen Wert für die Messung zu begrenzen. Der T_2 -Wert ist eine Variable, welche für jeden Zeitpunkt berechnet werden kann, sofern sich beide Verkehrsteilnehmenden auf die gemeinsame Konfliktzone zubewegen.

Sofern es zu keiner Kollision kam (da der erste Verkehrsteilnehmende die Konfliktzone schon verlies), hat der T_2 -Wert die gleiche Bedeutung wie der PET-Wert. Dabei zeigt er den Moment auf, in welchem die beiden Verkehrsteilnehmenden sich am nächsten waren.

Delta-V-Verfahren: Die Konsequenzen eines Unfalls messen

Delta-V bezieht sich beim Zusammenhang mit Strassenunfällen auf die Geschwindigkeitsänderung, die der Verkehrsteilnehmende während eines Unfalls erfährt. Eine schnelle Änderung der Geschwindigkeit und der Richtung impliziert grosse Kräfte auf den anderen Verkehrsteilnehmende, was grosse Auswirkungen auf den anderen Verkehrsteilnehmenden haben kann (z. B. Personenschaden).

Das Delta-V-Verfahren berücksichtigt dabei auch Eigenschaften der Verkehrsteilnehmenden. Stösst ein leichtes Objekt mit einem schweren Objekt zusammen, prallt das leichte daran ab, während das schwere in seiner Geschwindigkeit eher unverändert bleibt.

Die Beziehung zwischen dem Delta-V-Wert und der Wahrscheinlichkeit einer (schweren) Verletzung kann mittels einer Regressionskurve dargestellt werden (Delta-V = 1 = aufgetretener Unfall).

Es ist möglich, eine Rekonstruktion der Vor-, Während- und Nachkollisionsphase durchzuführen, welche auf Nachweisen der Fahrspuren nach der Kollision und weiteren Informationen (z. B. Fahrzeugspezifikationen) beruhen. Eine Berechnung der Delta-V-Werte, welche die Fahrzeuge bei einem Zusammenstoss erfahren, können mit dem Impulserhaltungsprinzip berechnet werden.

Fazit der Literaturlauswertung

Die oben erwähnten Studien befassen sich einerseits mit dem Vortrittsverhalten des Fahrverkehrs und andererseits mit Ablenkung am Steuer und als Fussgänger. Eine allfällige Vortrittsmissachtung seitens Fussgänger wurde nicht spezifisch untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass eine tiefe Anhaltequote auch mit einem gewissen Unfallrisiko verbunden ist. Betroffen von Unfällen sind häufig Senioren.

Die Ablenkung von Fahrzeuglenkenden lässt die Anhaltequote deutlich sinken. Im Gegenzug wurde auch bei den zu Fuss Gehenden eine hohe Ablenkung festgestellt, vor allem durch Telefonieren.

Bei der Analyse von Beinaheunfällen zeigen die Werte TTC und PET lediglich einen Teil des möglichen Problems, da damit der Gewichts- und Geschwindigkeitsunterschied zwischen Fahrzeugen und zu Fuss Gehenden nicht berücksichtigt.

3 Methodik

Die Datengrundlage für die vorliegende Studie wurde mit eigenen Erhebungen und Analysen generiert.

3.1 Datenerhebung

3.1.1 Erhebungsgerät STOPCAM

Ursprünglich war vorgesehen, die Datenerhebung mit dem Kontrollsystem namens «STOPCAM» der französischen Firma AFS2R vorzunehmen (vgl. Anhang 8.1). Dieses System wird in Frankreich eingesetzt, um Verfehlungen bei Stopp-Regelungen und bei Fussgängerstreifen zu erkennen und zu ahnden (vgl. Forschungsantrag und Anhang 8.2).

Trotz anfänglicher Beteuerungen seitens Hersteller, das System sei in der Lage, Verfehlungen sowohl seitens Fahrzeuglenkenden sowie seitens Fussverkehr festzustellen, wurde nach ersten Tests klar, dass dies nicht automatisiert möglich war. Das System zieht für die Prüfung der einzelnen Fälle einen hohen manuellen Aufwand nach sich, der nicht mit den vorgesehenen Mitteln abzudecken war. Ausserdem wäre lediglich ein einziges Erhebungssystem zur Verfügung gestanden, was parallele Aufnahmen verunmöglichte und den Erhebungszeitraum wesentlich verlängert hätte. Dies ginge zulasten der Vergleichbarkeit der Übergänge (Wetter, Events, ...).

3.1.2 Wechsel auf Videoerhebung

Aus den oben beschriebenen Gründen haben wir uns nach Absprache mit der Kontaktperson der Auftraggeberin dazu entschlossen, die Datenerhebung auf eine klassische Videoanalyse abzuändern. Mithilfe von eigenen Videokamera-Systemen konnten mehrere Fussgängerstreifen gleichzeitig ausgerüstet werden. Die FullHD-Kameras wurden, auf Teleskopstangen montiert, in einer Höhe von ca. 6 – 8 m so platziert, dass der Fussgängerstreifen und die Zufahrtsstrecke im Bild abgedeckt waren.

Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt die Testinstallation in der Hönggerstrasse, die für eine erste Validierung der Methode eingesetzt wurde. Bei diesem ersten Test wurden zudem Beobachtungskameras eingesetzt, um feststellen zu können, ob auch die Kamera allein zu Veränderungen des Fahrverhaltens führt (z.B. anhand Bremslichter, auch wenn kein Fussverkehr sichtbar war).




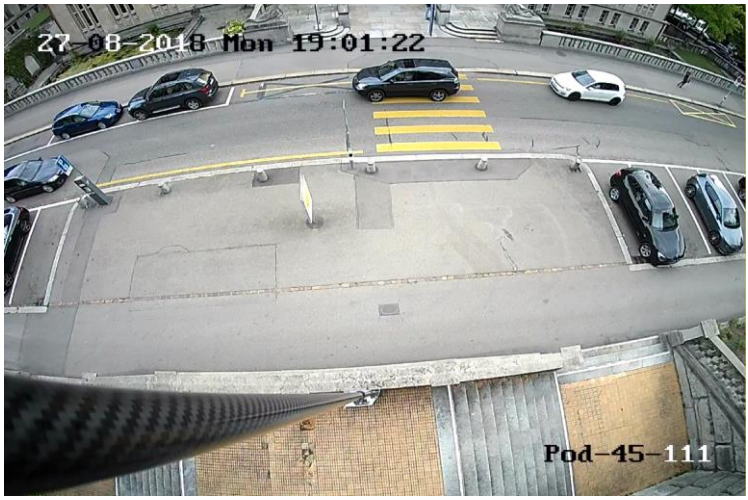

Abbildung 1 Testinstallation der Kamera in der Höggerstrasse; Gesamtansicht (links) und Anordnung des Steuergeräts am Boden (rechts)

3.1.3 Standorte

Die Standorte wurden in Zusammenarbeit mit der Stadt Zürich (Dienstabteilung Verkehr) ausgewählt. Kriterien waren vor allem eine hohe Frequentierung sowie eine gewisse problembehaftete Situation im Netz. So konnte in kurzer Zeit eine hohe Zahl an potenziellen Konfliktsituationen erhoben werden, was an einem schwach frequentierten Streifen im ländlichen Gebiet weniger gut möglich gewesen wäre. Damit leidet sicher die Repräsentativität der Ergebnisse ein wenig hinsichtlich Vergleich Stadt/Land, aber die Risikoexposition ist in der Stadt auch ungleich höher.

Die nachfolgend gezeigten sieben Standorte wurden im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit erhoben. Insgesamt konnten an diesen Standorten 8 Konfliktstellen zwischen Fuss- und Fahrverkehr analysiert werden. Der Mix an Standorten erlaubte das Untersuchen verschiedener Querungstypen (mit/ohne Mittelinsel) mit oder ohne öffentlichen Verkehr (Tram auf offener Strecke oder bei Haltestelle).

Nachfolgend werden die verschiedenen Aufnahmeorte gezeigt, mit Angabe des Querungstyps und der spezifischen Standortmerkmale. Zusätzliche Angaben und Koordinaten sind im Anhang 8.3 zu finden.

01	Hönggerstrasse 41 Beide Fahrrichtungen FGS ohne Mittelinsel und ohne ÖV	
02	Karl-Schmid-Strasse 4 Beide Fahrrichtungen FGS ohne Mittelinsel in Tempo-30-Zone	
03	Mühlegasse 9 Beide Fahrrichtungen FGS ohne Mittelinsel und ohne ÖV; in Nähe von Lichtsignalanlage	

<p>04</p>	<p>Winterthurerstrasse 4 Richtung Winterthur</p> <p>FGS über 1 Fahrspur bei Tramhaltestelle</p>	
<p>05</p>	<p>Hardstrasse 89 Beide Fahrrichtungen</p> <p>FGS mit Mittelinsel über insgesamt 3 Fahrspuren (davon 1 Busspur)</p>	
<p>06</p>	<p>Weinbergstrasse 29/1 Richtung Winterthur</p> <p>FGS mit Mittelinsel, Tram auf offener Strecke</p>	

10	Weinbergstrasse 29/2 Richtung Central FGS mit Mittelinsel, Tram auf offener Strecke	
----	--	--

3.2 Datenverarbeitung

Die Videodateien wurden der Firma Brisk Synergies (Kanada) zur automatisierten Bearbeitung übergeben. Das Team von Brisk Synergies ist spezialisiert darauf, von Videobildern automatisiert einzelne Verkehrsteilnehmende zu erkennen, zu kategorisieren und deren Verhalten aufzuzeichnen (Geschwindigkeit, Fahrweg etc.). Auf Basis der sog. «Trajectories» (Fahr- bzw. Laufwege) werden potenzielle Kollisionspunkte und die PET definiert. Diese Zeitdauer wird jeweils als erste Grundlage für die Bestimmung möglicher risikoreicher Situationen verwendet. Dabei gilt:

- $PET \leq 10$ s: Dieser Wert wird als Expositionsgrösse genommen. In diesem Zeitrahmen sind Interaktionen zwischen Fahrzeugen und zu Fuss Gehenden möglich. Ist die Zeit grösser, ist davon auszugehen, dass kein Konflikt stattfinden kann.
- $3 \text{ s} < PET \leq 5$ s: In dieser Zeitspanne sind Konflikte möglich, aber nicht wahrscheinlich. Diese Situationen werden entsprechend berücksichtigt, aber nicht speziell beurteilt.
- $PET \leq 3$ s: In diesem Zeitrahmen sind Konflikte möglich und auch wahrscheinlich. Diese Situationen werden näher betrachtet und einzeln ausgewertet.

Der PET-Wert allein ist allerdings noch kein präziser Gradmesser für die Sicherheit der Querungsstelle. So ist es beispielsweise ein ganz anderes Risiko, ob zuerst das Fahrzeug oder zuerst die zu Fuss gehende Person den potenziellen Konfliktpunkt betritt. Wenn zum Beispiel ein Jogger gleich hinter einem Fahrzeug quert, kann die PET rund 1 s betragen. Dies wird gemeinhin nicht als grosses Unfallrisiko betrachtet. Die Situation ist selbstverständlich eine andere, wenn der Jogger noch vor einem sich rasch nähernden Fahrzeug quert.

Aus diesem Grund wurde von Brisk auch ein Risiko-Faktor berechnet, der auf dem Delta-V Verfahren basiert. Dieser beruht auf der Forschung von Laureshyn, de Ceunynck, Karlsson, Svensson und Daniels (vgl. Kapitel 2) und berücksichtigt auch die Geschwindigkeit der beteiligten Fahrzeuge und Personen an der potenziellen Unfallstelle. Je höher der Risiko-Faktor, umso gefährlicher die Situation.

4 Auswertung

Die Auswertung wurde in zwei Schritten durchgeführt. Zuerst wurden die Videoaufnahmen automatisiert ausgewertet, um den PET-Wert und den Risiko-Faktor zu bestimmen. Gleichzeitig konnten damit auch die Verkehrsmengen bestimmt werden, die gefahrenen Geschwindigkeiten der Fahrzeuge und die potenziellen Konfliktpunkte.

In einem zweiten Schritt wurden anschliessend die als riskant eingestuft Situationen (PET unter 3 s oder hoher Risiko-Faktor) im Detail betrachtet. Dazu dienten die von Brisk gelieferten Video-Ausschnitte, die für jede der erwähnten Situationen zur Verfügung stand. So konnte der Hergang des potenziellen Konflikts angeschaut und analysiert werden.

4.1 Schritt 1 – Automatisierte Auswertung

Die automatisierte Auswertung dient vor allem dazu, Daten zur allgemeinen Situation zu erfassen, sowie die potenziell risikobehafteten Situationen herauszufiltern. Dies war notwendig, um nicht die gesamte Aufnahmedauer von knapp einer Woche pro Standort komplett anschauen zu müssen.

Die automatisierte Auswertung lieferte die nachfolgend gezeigten Ergebnisse für die untersuchten Streifen, gezeigt am Beispiel der Karl-Schmid-Strasse in Fahrtrichtung Künstlergasse. Diese Ergebnisse sind in einer Excel-Datei pro Fussgängerstreifen zusammengefasst.

4.1.1 Informationen zum Szenario und Definitionen

Im ersten Reiter werden die wichtigsten Informationen über Standort, Szenario und Definitionen zusammengefasst.

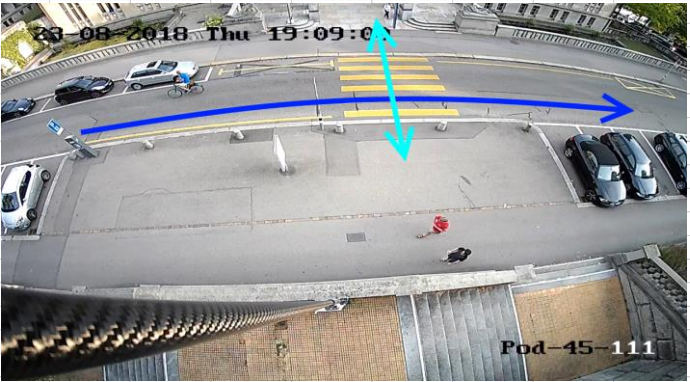
ALLGEMEINE INFORMATIONEN	BILD SZENARIO
Projekt-Name: Switzerland	
Szenario-Bezeichnung: Fahrzeug-Fussgänger-Konflikt 1	
Ort: Karl-Schmid-Strasse 4	
GPS Koordinaten:	
Zeitraum: Total Stunden: 105.9	
DEFINITIONEN	
Verkehrsteilnehmer 1 (RU1): Fahrzeug	
Verkehrsteilnehmer 2 (RU2): Fussgänger	
PET_a1: Anzahl Konflikte mit (PET <= 1s), wenn RU1 zuerst quert	
PET_a2: Anzahl Konflikte mit (PET <= 1s), wenn RU2 zuerst quert	
PET_b1: Anzahl Konflikte mit (1s < PET <= 3s), wenn RU1 zuerst quert	
PET_b2: Anzahl Konflikte mit (1s < PET <= 3s), wenn RU2 zuerst quert	
PET_c1: Anzahl Konflikte mit (3s < PET <= 5s), wenn RU1 zuerst quert	
PET_c2: Anzahl Konflikte mit (3s < PET <= 5s), wenn RU2 zuerst quert	
PET_z: Anzahl Konflikte mit (PET <= 10s); wird als Expositionszeit verwendet	
TTC_a: Anzahl Konflikte mit (TTC <= 1s)	
TTC_b: Anzahl Konflikte mit (1s < TTC <= 3s)	
TTC_c: Anzahl Konflikte mit (3s < TTC <= 5s)	
TTC_z: Anzahl Konflikte mit (TTC <= 10s); wird als Expositionszeit verwendet	

Abbildung 2 Generelle Informationen zum untersuchten Szenario und Definitionen

4.1.2 Heatmaps der Bewegungslinien

Die bevorzugten Fahr- und Gehlinien sind hier auf einer Grafik zusammengefasst. Der Farbverlauf von dunkelblau (sehr wenig Bewegungen) über türkis, gelb und orange zu rot (sehr viele Bewegungen) zeigen die Häufigkeit der benutzen Flächen. Diese Grafik zeigt, ob gewisse Abweichungen zum normalen Verhalten vorhanden sind. Im vorliegenden Fall ist auf Abbildung 4 erkennbar, dass der Fussgängerstreifen die Querungen zwar stark bündelt (orange und rote Fläche), aber auch, dass relativ viele Querungen ausserhalb der Markierung erfolgen (türkise und blaue Flächen).

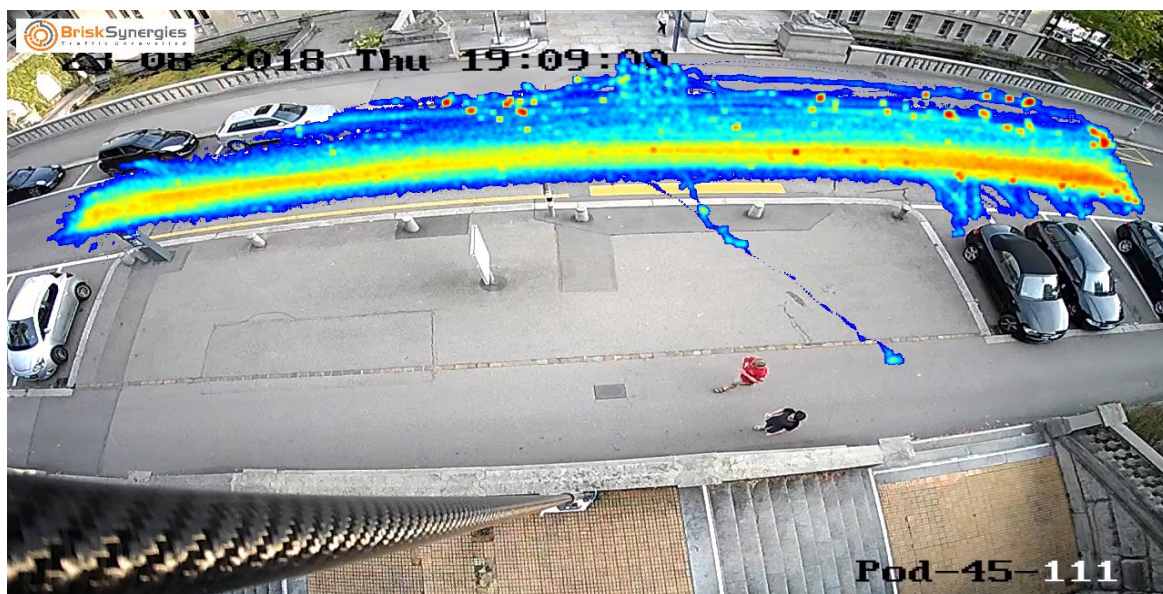


Abbildung 3 Heatmap der Fahrzeugbewegungen

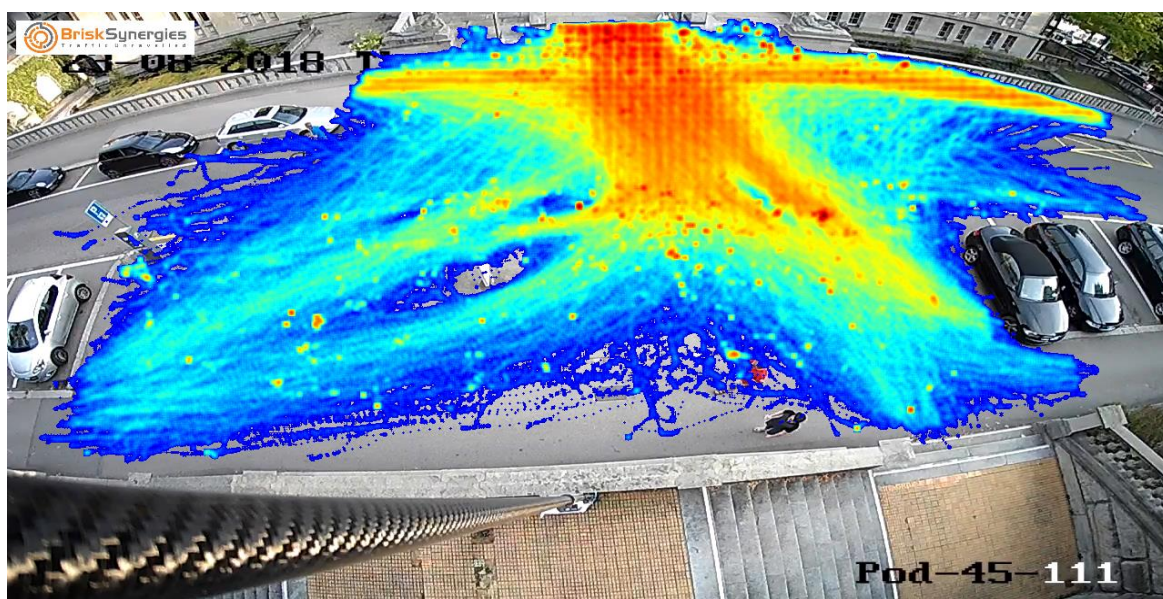


Abbildung 4 Heatmap der Fussgänger-Bewegungen

4.1.3 Verteilung der Geschwindigkeiten

Die gefahrene Geschwindigkeit der Fahrzeuge (Abbildung 5) beeinflusst das Risiko massgeblich. Bei tiefer Geschwindigkeit der Fahrzeuge sind Aufmerksamkeit und Reaktionsmöglichkeit erhöht. Ausserdem sind die Auswirkungen im Falle eines Unfalls weniger gravierend. Anhand der Angaben kann die massgebliche gefahrene Geschwindigkeit (üblicherweise V_{85}) berechnet bzw. abgeschätzt werden. Im vorliegenden Fall liegt sie bei knapp 37 km/h, was für eine Tempo-30-Zone eher hoch ist.

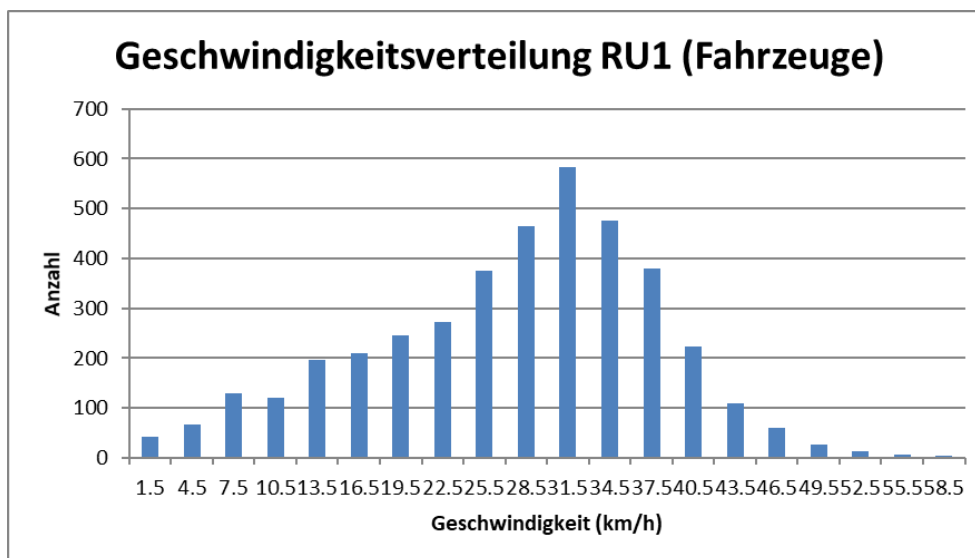


Abbildung 5 Geschwindigkeitsverteilung der Fahrzeuge

Die Geschwindigkeit der zu Fuss Gehenden (Abbildung 6) ist weniger relevant, kann aber je nach Situation interessante Zusatzinformationen bieten (z.B. auf-den-Bus-Rennen etc.).

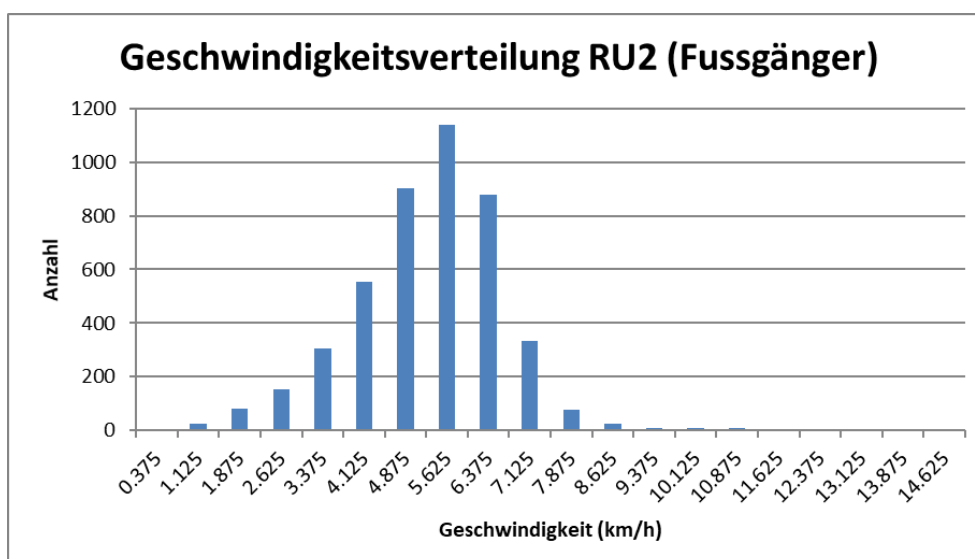


Abbildung 6 Geschwindigkeitsverteilung des Fussverkehrs

4.1.4 Verkehrsmengen

Die Anzahl von Fahrzeugen und zu Fuss Gehenden gibt einen Hinweis auf die Risikoexposition (Abbildung 7). Ausserdem zeigt die Tagesganglinie, zu welchen Zeiten die Verkehrsteilnehmenden unterwegs sind. Im vorliegenden Fall sind zwischenzeitlich viel mehr zu Fuss Gehende (rote Linie) unterwegs als Fahrzeuge (blaue Linie).

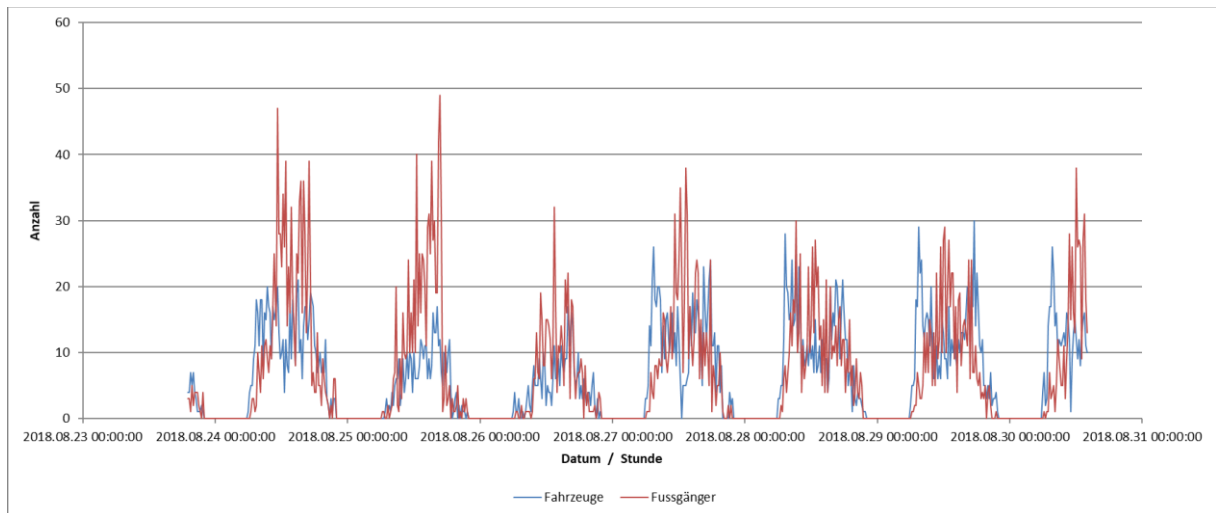


Abbildung 7 Ganglinie der Verkehrsmengen (Fahrzeuge in blau, zu Fuss Gehende in rot)

Zudem wird in einer Tabelle (Tabelle 1) die Gesamtanzahl der erhobenen Fahrzeuge und zu Fuss Gehenden, sowie der verschiedenen Konfliktsituationen zusammengefasst.

	Fahrzeuge	Fussgänge	PET_a1	PET_a2	PET_b1	PET_b2	PET_c1	PET_c2	PET_z
Anzahl total	4006	4506	1	0	60	59	113	154	674
Anzahl pro Stunde	37.8	42.5	0.01	0	0.57	0.56	1.07	1.45	6.36
Total Stunden	105.9								

Tabelle 1 Zusammenfassung der Anzahl Objekte und der potenziell gefährlichen Situationen (gemäss Definition aus Abschnitt 4.1.1)

- PET_a1: Anzahl Konflikte mit ($PET \leq 1s$), wenn RU1 zuerst quert
- PET_a2: Anzahl Konflikte mit ($PET \leq 1s$), wenn RU2 zuerst quert
- PET_b1: Anzahl Konflikte mit ($1s < PET \leq 3s$), wenn RU1 zuerst quert
- PET_b2: Anzahl Konflikte mit ($1s < PET \leq 3s$), wenn RU2 zuerst quert
- PET_c1: Anzahl Konflikte mit ($3s < PET \leq 5s$), wenn RU1 zuerst quert
- PET_c2: Anzahl Konflikte mit ($3s < PET \leq 5s$), wenn RU2 zuerst quert
- PET_z: Anzahl Konflikte mit ($PET \leq 10s$); wird als Expositionswert verwendet

4.1.5 Heatmaps der PET-Konfliktpunkte

In diesen Heatmaps werden die potenziellen Konfliktpunkte gezeigt, die je nach PET-Kategorie (vgl. Abschnitte 3.2 und 4.1.1) aufgetreten sind. Auch hier gilt die gleiche Farbverteilung wie bei den Bewegungslinien weiter oben: blau sind einzelne Punkte, rot sind Anhäufungen.

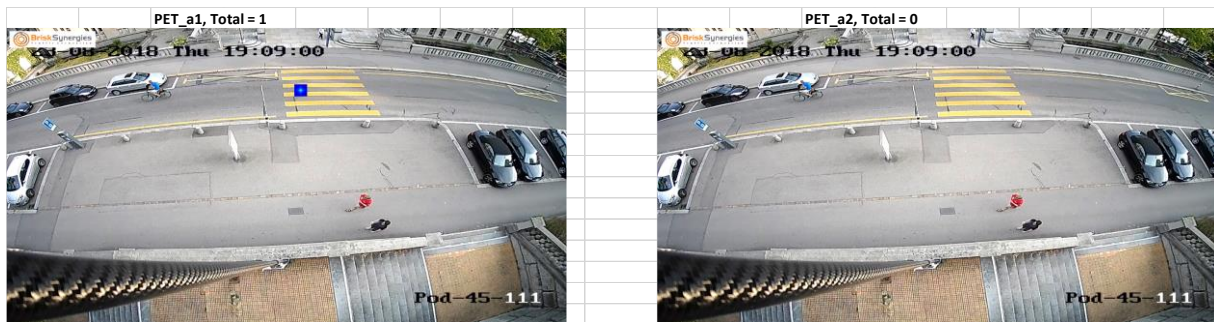


Abbildung 8 Heatmaps der PET-Konfliktpunkte mit ($PET \leq 1s$); linke Seite: Fahrzeuge zuerst, rechte Seite: Fussgänger zuerst

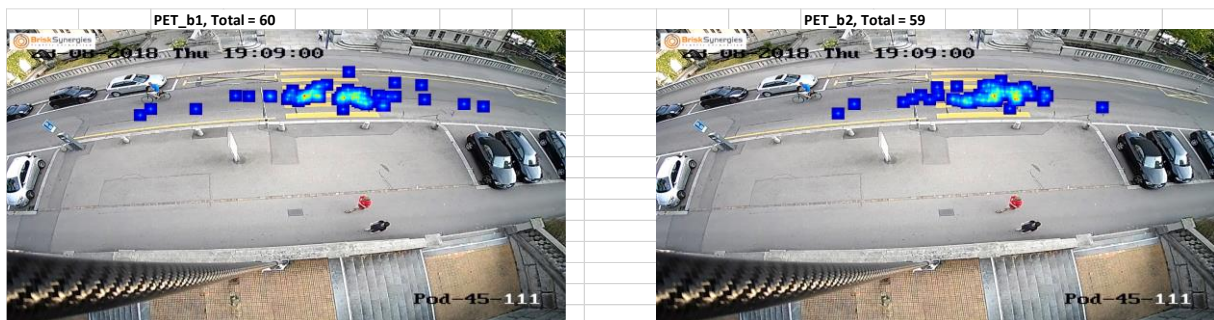


Abbildung 9 Heatmaps der PET-Konfliktpunkte mit ($1s < PET \leq 3s$); linke Seite: Fahrzeuge zuerst, rechte Seite: Fussgänger zuerst

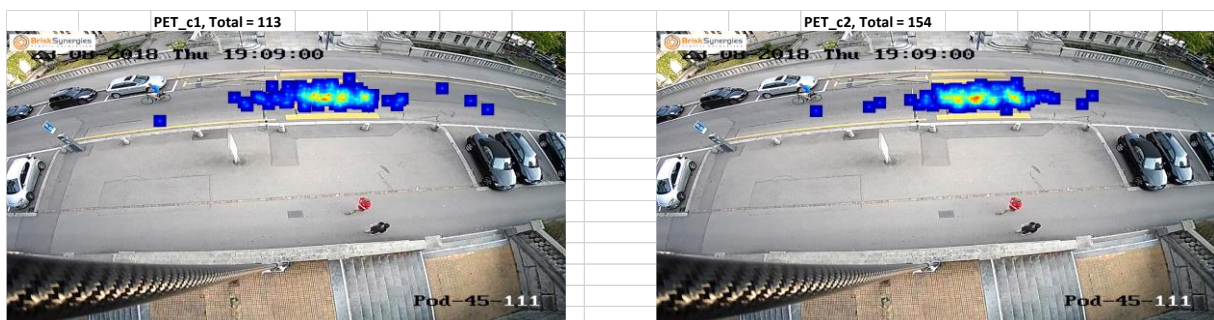


Abbildung 10 Heatmaps der PET-Konfliktpunkte mit ($3s < PET \leq 5s$); linke Seite: Fahrzeuge zuerst, rechte Seite: Fussgänger zuerst

Die Abbildungen 8 bis 10 stellen die Daten der Tabelle 1 grafisch dar, bzw. zeigen, wo genau sich die potenziellen Konfliktpunkte befinden. Es wurde lediglich eine Situation mit $PET \leq 1$ erfasst. Diese wird in Abbildung 8 links gezeigt (Fahrzeug fuhr zuerst durch).

Die Abbildung 9 zeigt die potenziellen Konfliktsituationen mit einer PET zwischen 1 und 3 Sekunden. Bei 60 Situationen (linkes Bild) fuhr zuerst das Fahrzeug durch, bei 59 (rechtes Bild) kamen zuerst die zu Fuss Gehenden vorbei.

In Abbildung 10 werden schliesslich die potenziellen Konfliktsituationen mit einer PET zwischen 3 und 5 Sekunden gezeigt. In 113 Fällen fuhr zuerst das Fahrzeug durch (linkes Bild), in 154 Fällen waren zuerst die zu Fuss Gehenden unterwegs (rechtes Bild).

4.1.6 Einzeldaten Fahrzeuge und zu Fuss Gehende

Für alle Fahrzeuge und zu Fuss Gehende sind Einzeldaten vorhanden (Tabelle 2). Diese Daten zeigen die Uhrzeit des Auftretens (erstmal und letztmal im Bildausschnitt erfasst), geben Angaben zum Geschwindigkeitsverhalten (Durchschnittsgeschwindigkeit V_{50} , Median der Geschwindigkeit, sowie die 15- und 85-Perzentile der Geschwindigkeit V_{15} resp. V_{85}) und auch zum Fahrzeugtyp. Wobei festgehalten werden muss, dass die Unterscheidung zwischen Motorrädern und Fahrrädern aufgrund der Ähnlichkeiten nicht in allen Fällen korrekt ist.

Erstmals erfasst	Letztmals erfasst	V50	V-Median	V15	V85	Fahrzeugtyp
2018.08.23 19:10:00	2018.08.23 19:10:04	30.86	30.08	23.95	41.23	car
2018.08.23 19:10:36	2018.08.23 19:10:45	13.99	11.94	8.55	22.27	car
2018.08.23 19:11:05	2018.08.23 19:11:12	19.09	18.49	9.98	28.38	car
2018.08.23 19:14:47	2018.08.23 19:14:51	33.56	31.82	26.44	43.34	car
2018.08.23 19:16:15	2018.08.23 19:16:16	42.27	47.64	30.85	47.64	car
2018.08.23 19:24:55	2018.08.23 19:25:00	24.59	23.92	10.83	39.25	car
2018.08.23 19:27:59	2018.08.23 19:28:02	26.4	29.76	15.92	31.56	car
2018.08.23 19:28:01	2018.08.23 19:28:04	21.95	20.12	12.36	31.35	car
2018.08.23 19:32:35	2018.08.23 19:32:39	31.13	30.1	23.91	42.69	car
2018.08.23 19:33:03	2018.08.23 19:33:06	40.3	37.51	29.37	53.8	car
2018.08.23 19:33:37	2018.08.23 19:33:38	32.59	33.15	31.29	33.15	motorcycle
2018.08.23 19:33:38	2018.08.23 19:33:39	26.45	24.54	24.54	32.18	motorcycle
2018.08.23 19:38:12	2018.08.23 19:38:17	23	23.71	11.72	35.42	car
2018.08.23 19:41:19	2018.08.23 19:41:51	4.15	3.86	1.08	7.41	car

Tabelle 2 *Registrierte Einzeldaten der Fahrzeuge (Auszug)*

4.1.7 Konfliktdaten

Für jeden potenziellen Konflikt werden ebenfalls Einzeldaten gespeichert. Die wichtigsten Angaben sind der PET-Wert und der Risiko-Parameter (die ersten beiden Spalten). Ausserdem werden die Geschwindigkeiten beim potenziellen Konfliktpunkt gezeigt («RU1 V-Konflikt» für Fahrzeuge, «RU2 V-Konflikt» für zu Fuss Gehende). Falls vorhanden, wird der Name der Videodatei angegeben, die für diesen Konfliktfall isoliert wurde (jeweils 10 s; letzte beiden Spalten).

PET	Risiko	Datum Zeit	RU zuerst	X-Koordinate	Y-Koordinate	RU1 Objekt	RU1 V-Median	RU1 V15	RU1 V85	RU1 V-Konflikt
1	44.12157	2018.08.25 10:05:37	1	34.26365588	25.67096285	car	35.37	27.14	47.96	49.17
1.3	46.37187	2018.08.30 12:30:11	2	31.61948571	26.63796857	motorcycle	30.38	24.73	34.41	30.33
1.4	45.56169	2018.08.30 12:30:11	2	30.04268793	27.09371728	motorcycle	30.38	24.73	34.41	30.33
1.4	18.88303	2018.08.27 18:38:30	1	35.04132711	24.92319623	car	26.12	18.86	36.56	36.95
1.5	10.14507	2018.08.24 12:27:00	1	29.43650308	25.40359182	car	1.95	0.44	9.21	20.25
1.5	11.96052	2018.08.24 10:56:38	1	19.73350894	28.02351956	car	32.71	24.97	45.16	26.05
1.5	11.73912	2018.08.28 08:30:57	1	28.29401218	25.58170912	motorcycle	20.62	10.99	30.69	30.69
1.6	35.15066	2018.08.28 12:01:22	2	36.35380088	24.60476353	car	36.32	25.88	47.53	16.18
1.6	11.46719	2018.08.24 10:56:38	1	21.37683659	27.87001378	car	32.71	24.97	45.16	32.71
1.6	11.78555	2018.08.27 17:19:33	1	34.36375518	24.38665193	motorcycle	32.37	22.8	40.21	40.69
1.6	16.99681	2018.08.24 13:50:44	1	33.96443717	25.142268	car	38.83	30.97	52.8	57.28
1.7	21.8346	2018.08.29 17:14:45	2	31.08520895	26.01923444	motorcycle	20.85	0.34	28.96	2.33
1.7	10.70568	2018.08.28 15:41:07	1	33.56303802	25.36566888	car	29.77	21.24	40.41	39.49
1.8	33.46871	2018.08.28 12:01:22	2	35.16551691	24.92741237	car	36.32	25.88	47.53	16.18
1.8	9.109962	2018.08.29 15:28:04	1	31.2785504	25.81037607	car	31.15	22.01	43.37	43.6

RU2 Objekt	RU2 V-Median	RU2 V15	RU2 V85	RU2 V-Konflikt	Name PET Konflikt Video	Name Risiko Konflikt Video
pedestrian	6.28	2.69	7.89	7.75	1.00_49.17_7.75_1535191536	44.12_1.00_49.17_7.75_1535191536
pedestrian	5.08	3.68	6.64	5.28	1.30_30.33_5.28_1535632210	46.37_1.30_30.33_5.28_1535632210
pedestrian	5.13	2.84	5.86	5.86	1.40_30.33_5.86_1535632210	45.56_1.40_30.33_5.86_1535632210
pedestrian	6.03	4.79	6.79	5.78	1.40_36.95_5.78_1535395109	N/A
pedestrian	5.51	3.84	7.97	3.32	1.50_20.25_3.32_1535113620	N/A
pedestrian	3.63	0.33	5	3.47	1.50_26.05_3.47_1535108198	N/A
pedestrian	5.56	0.72	7.34	2.96	1.50_30.69_2.96_1535445057	N/A
pedestrian	4.88	3.46	6.28	8.61	1.60_16.18_8.61_1535457681	35.15_1.60_16.18_8.61_1535457681
pedestrian	1	0.16	5.24	3.16	1.60_32.71_3.16_1535108198	N/A
pedestrian	5.42	5.13	6.05	5.38	1.60_40.69_5.38_1535390373	N/A
pedestrian	6.02	5.53	6.93	6.13	1.60_57.28_6.13_1535118643	N/A
pedestrian	6.68	6.04	7.33	6.22	1.70_2.33_6.22_1535562885	21.83_1.70_2.33_6.22_1535562885
pedestrian	4.49	2.67	5.88	6.78	1.70_39.49_6.78_1535470866	N/A
pedestrian	4.91	3.88	7.13	8.7	1.80_16.18_8.7_1535457681	33.47_1.80_16.18_8.7_1535457681
pedestrian	5.47	4.89	6.73	6.79	1.80_43.6_6.79_1535556483	N/A

Tabelle 3 Einzeldaten der Konfliktsituationen (oben: allgemeine Infos und Fahrzeugdaten; unten: Fussgängerdaten und Video-Ausschnitte)

RU1 V-Median:	Median-Geschwindigkeit des Fahrzeugs (RU1)
RU1 V15:	15%-Perzentil der Geschwindigkeit des Fahrzeugs (V₁₅)
RU1 V85:	85%-Perzentil der Geschwindigkeit des Fahrzeugs (V₈₅)
RU1 V-Konflikt:	Geschwindigkeit des Fahrzeugs beim Konfliktpunkt
RU2 V-Median:	Median-Geschwindigkeit des Fussgängers (RU2)
RU2 V15:	15%-Perzentil der Geschwindigkeit des Fussgängers (V₁₅)
RU2 V85:	85%-Perzentil der Geschwindigkeit des Fussgängers (V₈₅)
RU2 V-Konflikt:	Geschwindigkeit des Fussgängers beim Konfliktpunkt

4.1.8 Angaben zu Zeitlücken

Zeitlücken können Hinweise auf risikoreiches Verhalten geben. Sind beispielsweise Zeitlücken zwischen zu Fuss Gehenden kurz, so kann bei den wartenden Fahrzeuglenkenden der Druck steigen, jede noch so kleine Lücke auszunutzen. Im vorliegenden Beispiel sind die Zeitlücken beim fahrenden Verkehr eher hoch (Abbildung 11). Fast die Hälfte der Fahrzeuge hat eine Zeitlücke zum Vorgänger von 50 Sekunden und mehr. Bei den zu Fuss Gehenden sind die Zeitlücken kürzer (Abbildung 12), die Hälfte hat hier Zeitlücken von rund 20 Sekunden. Dies liegt daran, dass der Fussverkehr tendenziell konzentriert an gewissen Stunden des Tages auftritt, während die Verteilung der Fahrzeuge sich über mehr Stunden erstreckt.

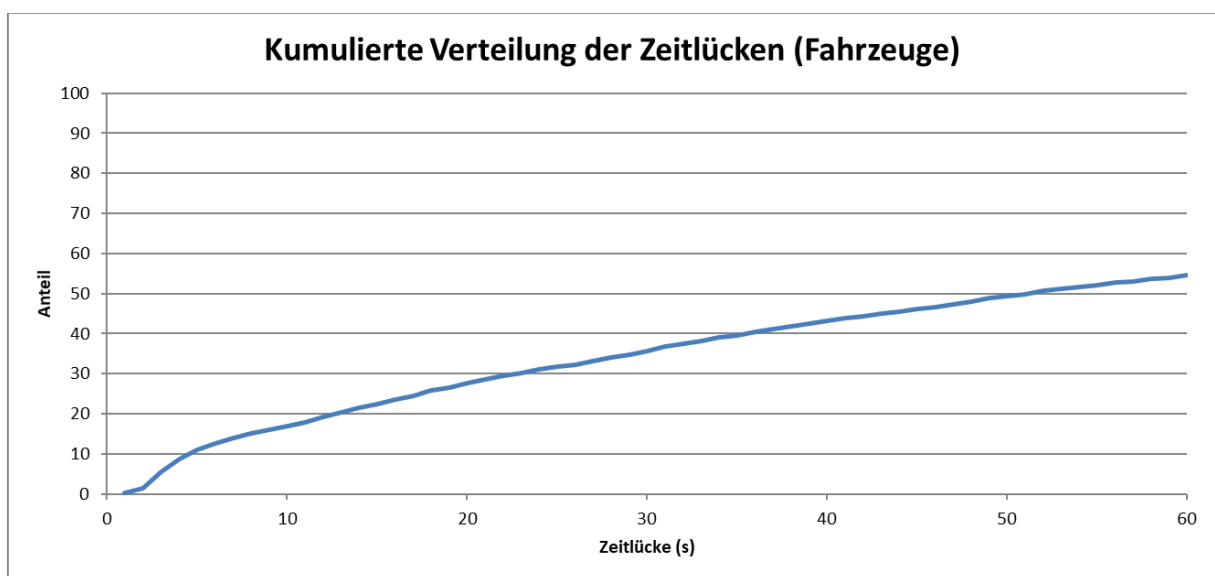


Abbildung 11 Zeitlücken des fahrenden Verkehrs

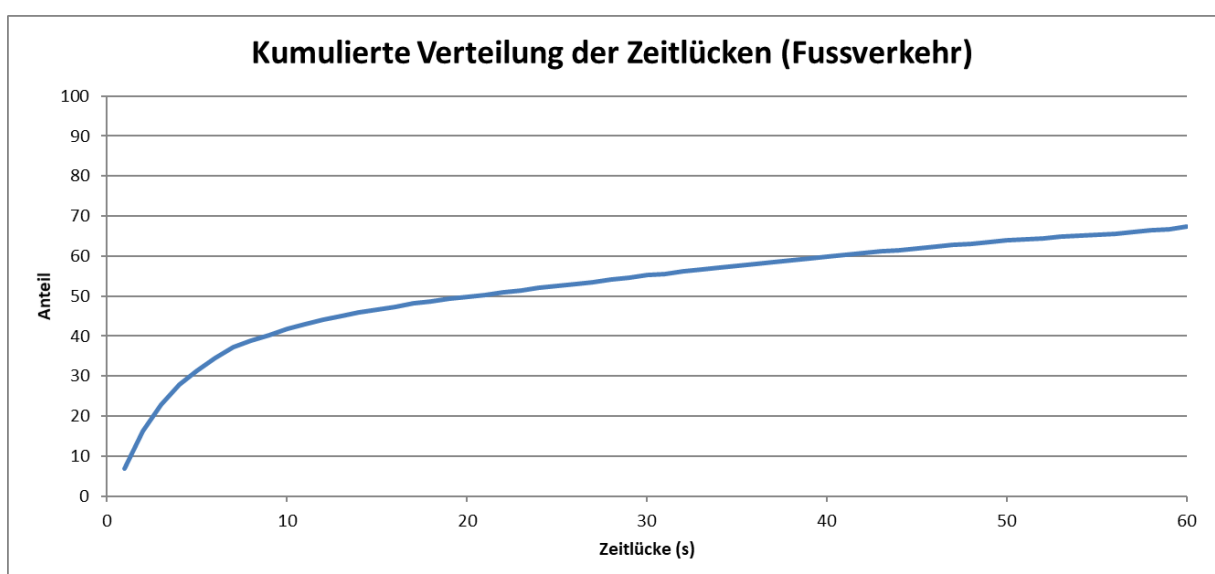


Abbildung 12 Zeitlücken des Fussverkehrs

4.1.9 Sicherheits-Index

Zuletzt wird der berechnete Sicherheits-Index gezeigt (Abbildung 13). Dieser fasst das Ergebnis des Risiko-Parameters zusammen. Je höher der Sicherheits-Index, umso weniger risikobehaftet sind die potenziellen Konflikte. Als Gesamtwert wird die Anzahl der Konfliktfälle mit PET ≤ 10 s angenommen (vgl. Abschnitte 3.2 und 4.1.4). Im vorliegenden Beispiel sind rund 30 % der Fälle ohne Risiko.

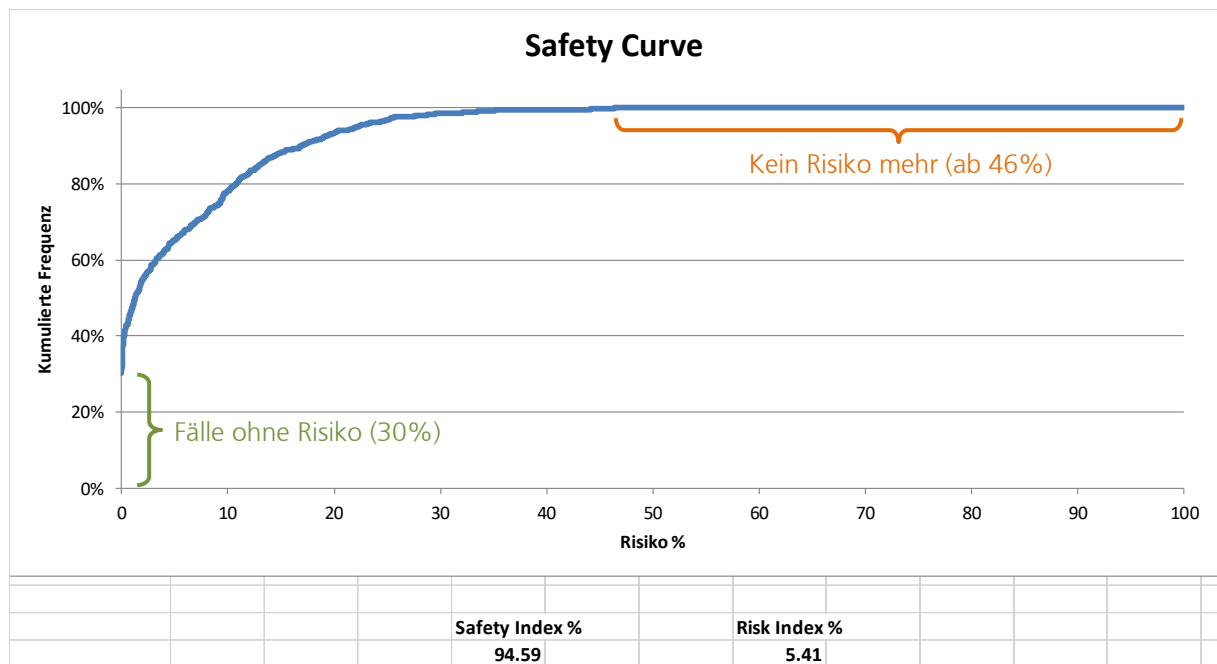


Abbildung 13 Sicherheits-Kurve und Sicherheits-Index (Der Risiko-Index ist der Komplementärwert zum Sicherheits-Index)

Je flacher die Kurve und tiefer der «Startwert», umso mehr Risiko besteht an diesem Standort. Als Beispiel für eine solche Situation dient die Kurve der Weinbergstrasse, Fahrtrichtung Winterthur (Abbildung 14).

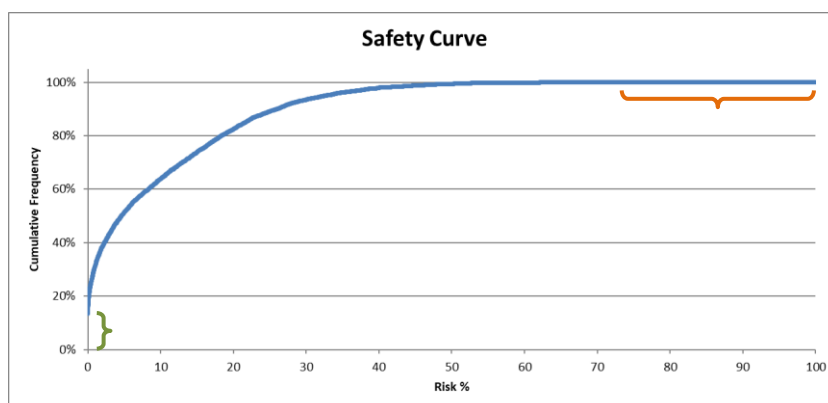


Abbildung 14 Sicherheits-Kurve des Fussgängerstreifens Weinbergstrasse, Fahrtrichtung Winterthur (15% Fälle ohne Risiko, kein Risiko mehr ab 72%)

Zu guter Letzt wird auch noch die Heatmap der risikoreichen Situationen dargestellt. Einzelne Punkte werden dunkelblau dargestellt, bei einer grossen Häufung wird der Bereich rot. Abbildung 15 zeigt, dass die meisten risikoreichen Situationen auf dem Fussgängerstreifen passieren.

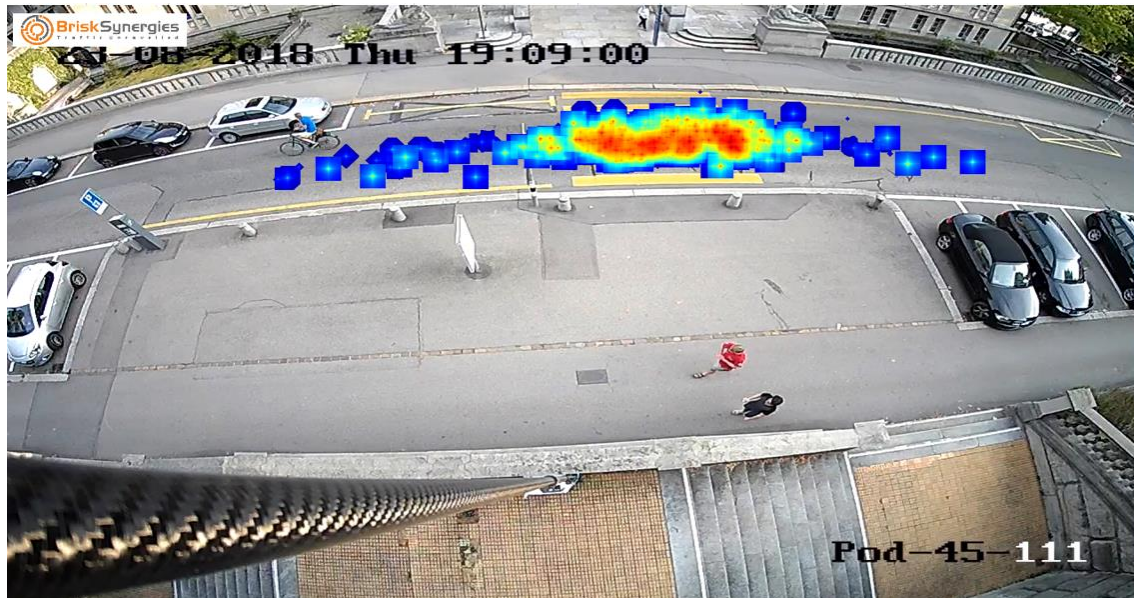


Abbildung 15 Heatmap der risikoreichen Situationen (nach Risiko-Faktor)

4.2 Schritt 2 – Detaillierte Analyse

Aufgrund der automatisierten Auswertung kann somit eine Rangliste der untersuchten Streifen erstellt werden, mindestens was das objektive Risiko betrifft. Es sollte aber ursprünglich untersucht werden, wie hoch die Missachtungsquote des konditionellen Vortritts durch Fahrzeuglenkende und durch zu Fuss Gehende ist. Hierfür mussten die Videos der potenziellen Konfliktsituationen einzeln angeschaut werden (vgl. Abschnitt 0). Der erste Schritt der Analyse bildete somit den Filter für den zweiten Schritt, um nicht die gesamten Videoaufnahmen betrachten zu müssen.

4.2.1 Definitionen

Das Bestimmen der Vortrittsmissachtung erwies sich als nicht trivial, denn die Situation konnte aufgrund der Videoaufnahmen nicht immer komplett erfasst werden. So sind die Annäherungsgeschwindigkeiten und allfällige Blickkontakte oder Handzeichen nur bedingt bestimmbar. Das Missachten des Vortritts durch Fahrzeuglenkende ist relativ klar: Wenn zu Fuss Gehende bereits auf dem Streifen sind oder am Strassenrand warten und das Fahrzeug trotz ausreichender Distanz nicht hält, ist dies eine Missachtung des Vortritts.

Das Missachten des Vortritts durch zu Fuss Gehende ist schwieriger zu definieren. Wir haben uns für eine Definition entschieden, die mehr oder weniger unabhängig ist von der gefahrenen Geschwindigkeit: Betritt eine Fussgängerin oder ein Fussgänger den Streifen, wenn sich das Fahrzeug bei freiem Verkehr innerhalb der halben Anhaltedistanz (nach signalisierter Geschwindigkeit) befindet, ist dies eine Missachtung des Vortritts seitens Fussverkehr. Als Grundlage hierfür wurde die

Anhaltesichtweite S_A der VSS-Norm 40090b (Abb. 2) verwendet. Halbiert sind dies bei 50 km/h rund 25 m und bei 30 km/h rund 12 m.

Nachfolgend werden Beispiele von den Standorten Mühlegasse und Winterthurerstrasse gezeigt, um diese Definitionen zu illustrieren.



Abbildung 16 Vortrittsmissachtung durch Fahrradfahrer (kurvt um Fussgänger herum)

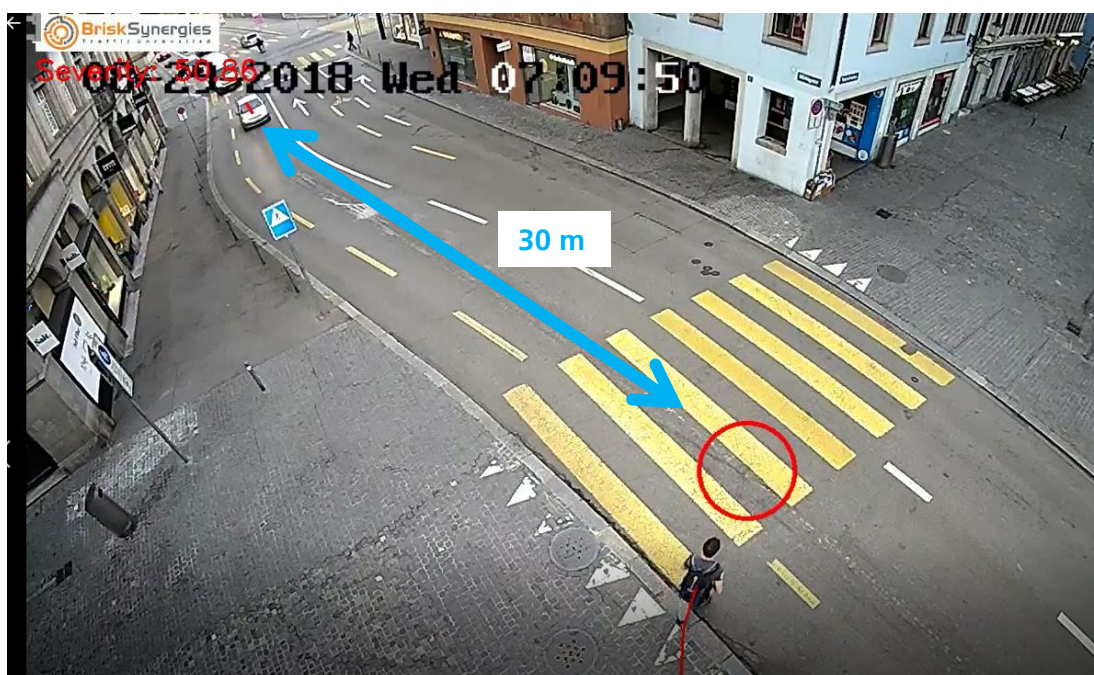


Abbildung 17 Normale Situation ohne Vortrittsmissachtung (Distanz ausreichend)



Abbildung 18 Vortrittsmissachtung durch Fussgänger (Distanz sehr kurz, nur 20% der Anhaltedistanz)

4.2.2 Ergebnisse

Von den elf Konfliktstellen wurden acht im Detail untersucht. Dies einerseits, weil sich der Aufwand für diese Detailbetrachtung als sehr hoch erwies und andererseits, weil bei drei der Fussgängerstreifen für eine Fahrtrichtung nur ein limitierter Bildausschnitt zur Verfügung stand. Hier konnte keine aussagekräftige Detail-Analyse vorgenommen werden, da die sich nähernden Fahrzeuge nicht früh genug im Blickfeld waren. Die Ergebnisse werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

5 Resultate

5.1 Vergleich der Fussgängerstreifen (automatisierte Auswertung)

Die folgende Tabelle zeigt die Rangliste der untersuchten Fussgängerstreifen anhand des automatisch berechneten Sicherheits-Faktors:

Rang	Streifen / Richtung	Sicherheits-Faktor
1	Mühlegasse / Limmatquai	96.1
2	Mühlegasse / Seilergraben	95.2
	Hardstrasse / Wipkingen	95.2
4	Hardstrasse / Sihlfeld	94.8
5	Karl-Schmid-Strasse / Künstlergasse	94.6
6	Winterthurerstrasse	94.5
7	Karl-Schmid-Strasse / Rämistrasse	94.2
8	Hönggerstrasse / Zentrum	92.6
9	Hönggerstrasse / Wipkingen	92.5
10	Weinbergstrasse / Central	92.2
11	Weinbergstrasse / Winterthur	90.5

Tabelle 4 Sicherheits-Rangliste der untersuchten Fussgängerstreifen

Die Rangliste zeigt, dass die Fahrtrichtung nur einen sehr geringen Einfluss auf das Ergebnis hat. Der Sicherheits-Faktor ist für einen Standort jeweils sehr ähnlich.

5.2 Detaillierte Auswertung

Eine vollständig automatisierte Einschätzung der Situation, wie ursprünglich vorgesehen, war auch mit der Videoauswertung nicht vollständig möglich. Die potenziell gefährlichen Situationen mussten 'von Hand' ausgewertet werden.

Diese Auswertung zeigt, dass im Durchschnitt bei rund 12 % der Situationen Vortrittsmissachtungen vorkommen. Diese finden eher durch den fahrenden Verkehr statt (9 %). Aber auch zu Fuss Gehende missachten den Vortritt (3 %), wobei dies unter anderem auch an der Definition dieser Missachtung liegt (halbe Anhaltedistanz, ohne Einbezug der effektiv gefahrenen Geschwindigkeit).

Der gewichtete Mittelwert mit Bezug auf die Anzahl zu Fuss Gehender beträgt:

- **2.9 % Vortrittsmissachtung durch den Fussverkehr**, sowie
- **9.0 % Vortrittsmissachtung durch den fahrenden Verkehr**

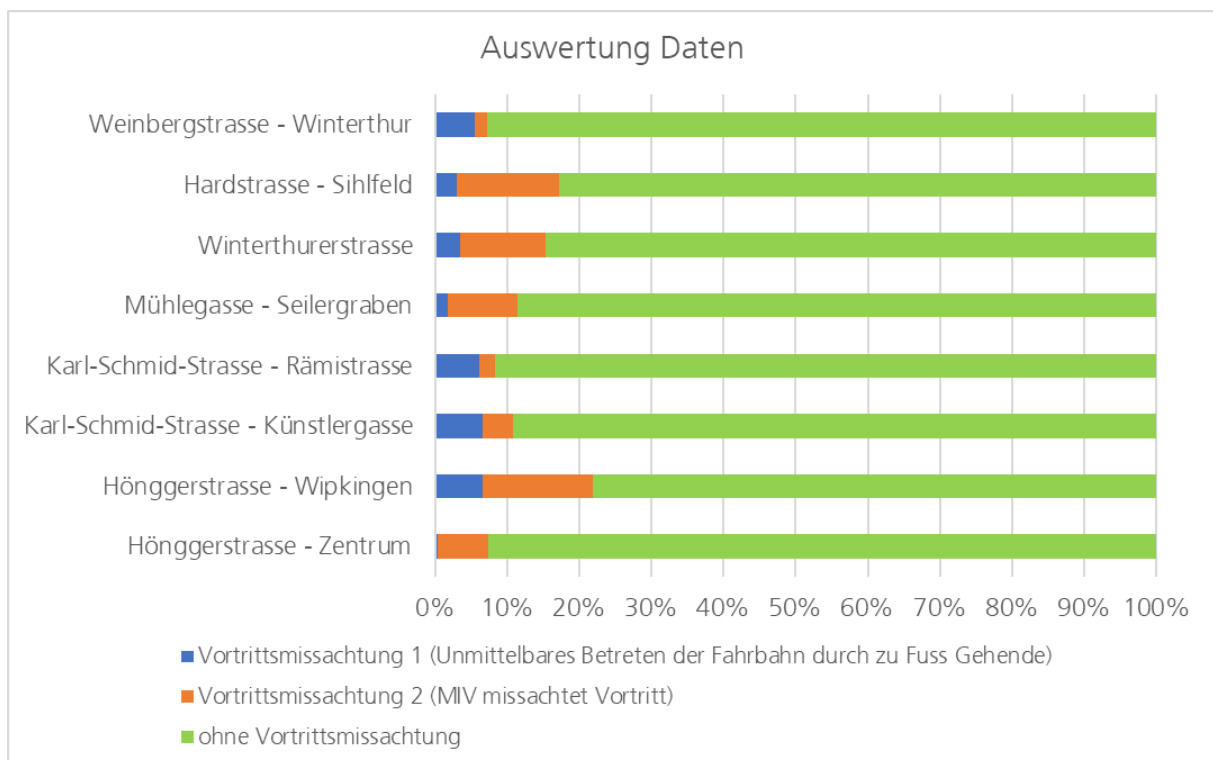


Abbildung 19 Beobachtete Vortrittsmissachtungen

Anhand der ausgewerteten Daten lässt sich erkennen, dass es bei den untersuchten Fussgängerstreifen grundsätzlich eher zu einer Vortrittsmissachtung durch den fahrenden Verkehr kommt als umgekehrt. Nichtsdestotrotz sind auch Missachtungen durch den Fussverkehr zu erkennen.

Die Beobachtungen der Videoaufnahmen zeigen zudem, dass eine nicht unerhebliche Anzahl der Vortrittsmissachtungen durch Zweiradfahrende (Motorräder und Fahrräder) begangen wird. Dies beispielsweise, wenn sie rechts an wartenden oder langsam fahrenden Fahrzeugen vorbeifahren oder mit relativ hoher Geschwindigkeit kurz vor oder hinter querenden zu Fuss Gehenden durchfahren können.

Die folgenden Tabellen 5 bis 7 zeigen die Rangierung der untersuchten Fussgängerstreifen hinsichtlich des Anteils an Vortrittsmissachtungen (gemessen an der Anzahl potenzieller Konflikte).

Rang	Fussgängerstreifen	Vortrittsmissachtung durch zu Fuss Gehende
1	Mühlegasse	1.7 %
2	Hardstrasse	3.0 %
3	Hönggerstrasse	3.4 %
4	Winterthurerstrasse	3.5 %
5	Weinbergstrasse	5.5 %
6	Karl-Schmid-Strasse	6.3 %

Tabelle 5 Rangliste der Vortrittsmissachtungen **durch zu Fuss Gehende** bei den untersuchten Fussgängerstreifen

Rang	Fussgängerstreifen	Vortrittsmissachtung durch Fahrzeuge
1	Weinbergstrasse	1.7 %
2	Karl-Schmid-Strasse	2.8 %
3	Mühlegasse	9.8 %
4	Hönggerstrasse	11.0 %
5	Winterthurerstrasse	11.8 %
6	Hardstrasse	14.2 %

Tabelle 6 Rangliste der Vortrittsmissachtungen **durch Fahrzeuge** bei den untersuchten Fussgängerstreifen

Rang	Fussgängerstreifen	Vortrittsmissachtung gesamt
1	Weinbergstrasse	7.1 %
2	Karl-Schmid-Strasse	9.0 %
3	Mühlegasse	11.5 %
4	Hönggerstrasse	14.4 %
5	Winterthurerstrasse	15.3 %
6	Hardstrasse	17.2 %

Tabelle 7 Rangliste der **gesamten** Vortrittsmissachtungen bei den untersuchten Fussgängerstreifen

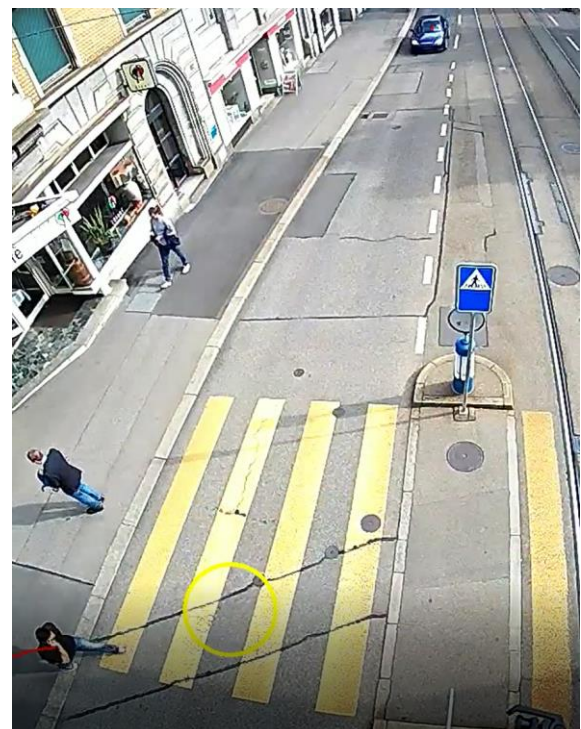
5.3 Weitere Beobachtungen

Beim Betrachten der Videoaufnahmen konnten auch andere Beobachtungen gemacht werden, die ein risikoreiches Verhalten zeigen. Nachfolgend werden ein paar solcher Beispiele gezeigt. Der Kreis zeigt dabei jeweils die potenzielle Kollisionsstelle, die Striche entsprechen der Fahr- bzw. Gehlinie des jeweiligen Objekts.

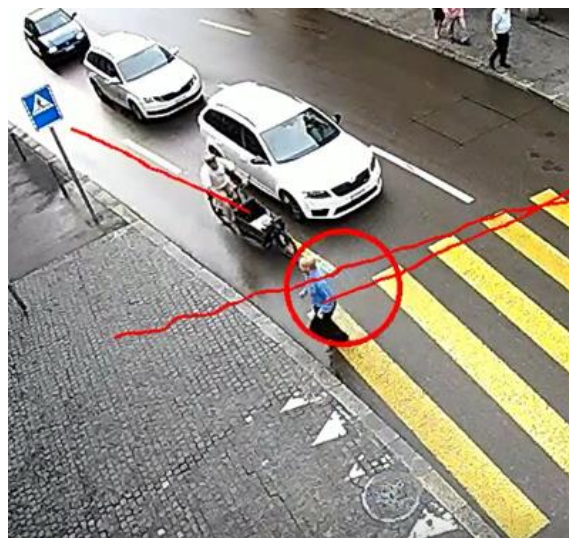
Blick auf das Mobiltelefon gerichtet, trotz sich näherndem Tram. Bei der Weinbergstrasse besteht das Problem, dass der Fussgängerstreifen auch über die Tramschienen markiert ist, was bei zu Fuss Gehenden zu regelwidrigem Verhalten führen kann (Tram hat auch am FGST Vortritt)



Telefonierend über den Fussgängerstreifen, trotz sich näherndem Fahrzeug. Die Distanz ist zwar OK, aber die Person (ganz unten links im Bild) hat den Blick nicht auf den Verkehr gerichtet.



Vor allem bei Velostreifen besteht eine grosse Gefahr durch überholende Velos. Deren LenkerInnen können den querenden Fussverkehr, je nach Fahrzeug, das am Streifen steht, nur sehr spät erkennen.



Es gibt auch Velofahrende, die trotz ausreichender Sicht den Vortritt missachten, bzw. sich durch die zu Fuss Gehenden durchschlängeln.



Blick des Fussgängers auf Smartphone gerichtet, trotz Verkehr. Velofahrer wird es sich einrichten, um den Fussgänger herum zu fahren.



Betreten der Strasse einige Meter vor dem FGST, ohne Blick auf den sich nähernden Verkehr.



Ein am Strassenrand haltendes Fahrzeug verdeckt die Sicht auf sich nähernde zu Fuss Gehende.



Betreten des FGST mit Blick auf das Mobiltelefon statt auf den sich nähernden Verkehr.



5.4 Unfallauswertung

Um die Aussagekraft der Ergebnisse zu verifizieren, wurden die Verkehrsunfälle ausgewertet, die in den fünf Jahren vom 1. Januar 2014 bis zum 31. Dezember 2018 rund um die untersuchten Fussgängerstreifen passiert und polizeilich registriert sind (Quelle: VUGIS).

An den Fussgängerstreifen Höneggerstrasse, Karl-Schmid-Strasse und Mühlegasse passierten keine von der Polizei registrierten Fussgängerunfälle. Beim Streifen in der Winterthurerstrasse war ein einzelner Fussgängerunfall zu verzeichnen, an der Weinbergstrasse deren drei und an der Hardstrasse sogar acht, sowie zusätzlich fünf Auffahrunfälle wegen querendem Fussverkehr (bzw. Unaufmerksamkeit gegenüber den deswegen bremsenden Fahrzeugen).

Im Vergleich zwischen dem automatischen Sicherheits-Faktor und der Unfallauswertung kann somit keine direkte Korrelation festgestellt werden. So wird der Fussgängerstreifen an der Hardstrasse, wo am meisten Unfälle passiert sind, von der automatisierten Auswertung als zweit-sicherster Streifen bezeichnet. Derjenige an der Höneggerstrasse hingegen gilt gemäss Berechnung als relativ unsicher, es sind aber keine Unfälle zu verzeichnen.

5.5 Fazit

Die eigentliche Forschungsfrage konnte nicht wie gewünscht beantwortet werden. Eine komplett automatisierte Auswertung der Videobilder für das Erkennen der Vortrittsmissachtung war aufgrund der Komplexität der Situationen nicht möglich. Eine 'manuelle' Detailauswertung war nötig, um die Situationen korrekt einzuschätzen.

Hingegen hat die automatisierte Auswertung einen ersten Hinweis auf die Sicherheit an Fussgängerstreifen gegeben und es zudem ermöglicht, potenziell risikoreiche Situationen zu identifizieren. Wie die untenstehende Abbildung 20 zeigt, kann allerdings nur eine bedingte Korrelation zwischen dem berechneten Risiko, den Vortrittsmissachtungen und den in der Realität auftretenden Unfällen erkannt werden.

Die manuelle Auswertung der Videoaufnahmen hat auch diverse Situationen zu Tage gefördert, die als gefährlich eingestuft werden müssen und die in Zukunft vermehrt bekämpft werden müssen. Einerseits betrifft dies die Nutzung des Mobiltelefons, die vermehrt festzustellen ist, vor allem durch die zu Fuss Gehenden. Andererseits kommt es aufgrund der Slalom-fahrenden Velofahrenden zu heiklen Situationen gegenüber den zu Fuss Gehenden. Dies ist vor allem dort der Fall, wo ein Velostreifen zur Verfügung steht.

Die zusammenfassende Abbildung 20 zeigt die Rangierung der Streifen für die jeweilige Auswertung. Als Lesebeispiel dient der Streifen an der Weinbergstrasse (grüner Strich):

- Gemäss automatischer Auswertung besteht hier am meisten Risiko (letzter Rang 6)
- Hier treten sehr viele Missachtungen durch zu Fuss Gehende statt (Rang 5)
- Hier treten insgesamt die wenigsten Vortrittsmissachtungen statt (Rang 1)
- Hier wurde die zweithöchste Anzahl Unfälle verzeichnet (Rang 5)

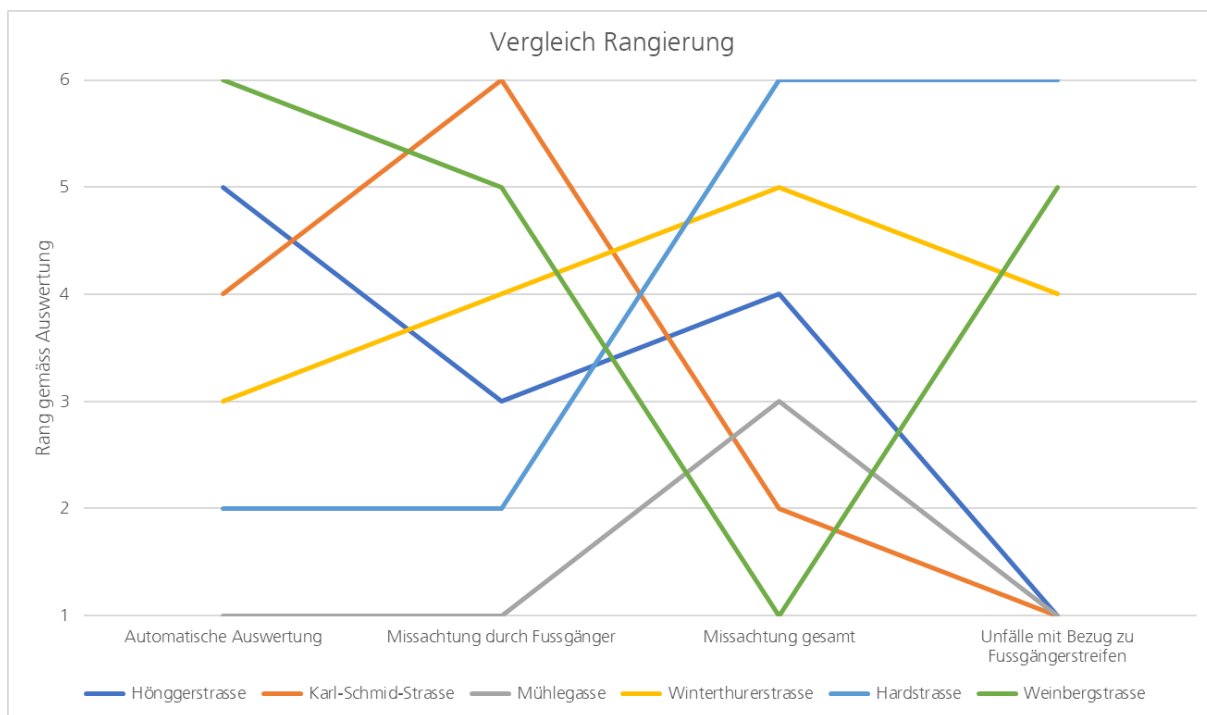


Abbildung 20 Rangierung der Fussgängerstreifen für die verschiedenen Auswertungen

Die folgenden Aussagen können aufgrund der Auswertungen (Abbildung 20) getroffen werden:

- Eine hohe Missachtungsquote durch Fahrzeuge (entspricht der gleichen Rangierung wie die Missachtung gesamt) kann zu einem erhöhten Unfallrisiko führen (Beispiele: Hardstrasse, Winterthurerstrasse; Ausnahme: Weinbergstrasse)
- Eine hohe Missachtungsquote durch zu Fuss Gehende kann zu einem erhöhten Unfallrisiko führen (Beispiele: Weinbergstrasse, Winterthurerstrasse; Ausnahme: Karl-Schmid-Strasse)

6 Verwendung der Ergebnisse

6.1 Mögliche Gründe für die Missachtung des Vortritts

Der Vortritt wird drei Mal häufiger von Fahrzeuglenkenden missachtet als von zu Fuss Gehenden. Allerdings kommt es durchaus auch zu Vortrittsmissachtungen durch den Fussverkehr. Dieses Risiko ist im Strassenverkehr nicht zu unterschätzen. Besonders häufig kamen diese Missachtungen beim Streifen an der Karl-Schmid-Strasse vor. Möglicherweise liegt es an der Tempo-30-Zone, in der sich die zu Fuss Gehenden aufgrund des tieferen Tempos der Motorfahrzeuge sicherer fühlen und selbstbewusster auftreten.

Ebenfalls eine Häufung der Missachtungen durch zu Fuss Gehende kommen an der Weinbergstrasse (v.a. Fahrtrichtung Winterthur) und an der Höggerstrasse (Fahrtrichtung Wipkingen) vor. Bei diesen Streifen liegt es möglicherweise daran, dass eine wichtige Fusswegverbindung sehr direkt von der Seite auf den Fussgängerstreifen trifft.



Abbildung 21 Weinbergstrasse – Die Fussweg-Verbindung kommt direkt von rechts auf den Fussgängerstreifen

6.2 Andere erkannte Probleme

Zusätzlich zu den Vortrittsmissachtungen wurden zwei Risikosituationen am Fussgängerstreifen identifiziert. Die eine ist bedingt durch die Ablenkung durch das Mobiltelefon, die andere durch die Konflikte zwischen Zweirädern und zu Fuss Gehenden.

Das Mobiltelefon bedeutet eine grosse Ablenkung und kann dazu führen, dass nur eine geringe oder keine Interaktion zwischen den zu Fuss Gehenden und Fahrzeuglenkenden stattfindet. Zu Fuss Gehende tendieren dazu, die Konzentration nicht auf den sich nahenden Verkehr zu richten und damit die Gefahr nicht zu erkennen.

Gewisse Zweiradfahrende sehen sich nicht in der Pflicht, für den vortrittsberechtigten Fussverkehr am Fussgängerstreifen anzuhalten, sondern fahren teilweise sogar Slalom zwischen den zu Fuss Gehenden oder verschiedenen Gruppen. Dadurch entstehen Konfliktsituationen zwischen diesen Nutzergruppen. Mit zunehmend hohen Geschwindigkeiten der Velofahrenden (E-Bikes) und zunehmender Anzahl Motorräder steigt das Unfallpotential. Ungleich grösser ist das Risiko an Fussgängerstreifen, an denen Velostreifen durchgehend markiert sind. Auf diesen können Velofahrende zügig an der stehenden Fahrzeugkolonne vorbeifahren. Velostreifen sind von der Regel ausgenommen, dass ein Fussgängerstreifen nicht zwei Fahrstreifen in die gleiche Richtung queren darf. Allerdings zeigt die Realität, dass auch vom Velostreifen eine grosse Gefahr ausgehen kann.

6.3 Verbesserung des Verhaltens

Eine erste Erkenntnis für die Praxis ist, dass zu Fuss Gehende sich durchaus auch selbst in Gefahr bringen, indem sie entweder nicht ausreichend auf den Verkehr achten oder die Geschwindigkeit der sich nähernden Fahrzeuge unterschätzen.

Es scheint daher angezeigt, auch die zu Fuss Gehenden mittels einer Präventionskampagne auf diese Gefahrensituationen aufmerksam zu machen. Der Vortritt am Fussgängerstreifen ist nicht bedingungslos und es ist ratsam, sich zu vergewissern, dass man von den Fahrzeuglenkenden auch wirklich gesehen wurde. Die Faustregel «Warte, luege, lose, laufe», die früher gelehrt wurde, kann auch heute noch angewendet werden. Ablenkung durch Mobiltelefone oder andere Geräte stellen eine ernst zu nehmende Gefahr dar.

Weiter sollte auch den Zweiradfahrenden (mit und ohne Motor) in Erinnerung gerufen werden, dass der Fussverkehr Vortritt hat und ein Fussgängerstreifen nicht befahren werden darf, solange sich Personen darauf befinden. Allenfalls darf hinter querenden zu Fuss Gehenden vorbeigefahren werden (der Vortritt wird ihnen dabei nicht genommen, ausser sie drehen sich abrupt um und gehen zurück), aber sicher nicht davor.

6.4 Verbesserung der Infrastruktur

Seitens Infrastruktur wurden zwei Konfigurationen identifiziert, die zu einer Risiko-Erhöpfung führen. Die eine betrifft die direkte Führung einer Fusswegverbindung bei eingeschränkten Sichtverhältnissen (vgl. Abbildung 22; z.B. Weinbergstrasse und Hönggerstrasse). Vermutlich hat auch das Gefälle des Fusswegs einen Einfluss, denn bei der Mühlegasse ist dieses Problem weniger markant vorhanden. Bei der Realisierung von Fussgängerstreifen muss diesem Umstand nach Möglichkeit Beachtung geschenkt werden. In der Norm VSS-40241 ist dies zwar in Ziffer 18 (Positionierung) vermerkt, wird aber in der Praxis offensichtlich zu wenig angewendet. Gemäss Norm wäre ein verkehrstechnischer Bericht notwendig, um das Risiko abzuklären.

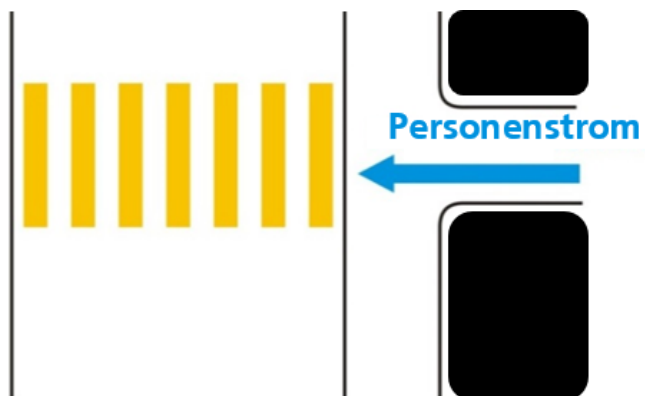


Abbildung 22 Unvermitteltes Auftreten von Fussgängern möglich

Die andere Situation besteht aus dem durchgehenden Velostreifen bei Fussgängerquerungen. Auf diesem können Zweiradfahrende (auch einzelne Motorradfahrende nutzen sie unerlaubterweise) mit relativ hoher Geschwindigkeit an einer stehenden Motorfahrzeugkolonne vorbeifahren. Diese Situation ist gemäss Norm zwar explizit zugelassen (VSS-40241, Ziffer 24 «Fussgängerschutzinsel»), aber hier besteht aufgrund der Beobachtungen Klärungsbedarf.

7 Schlussfolgerungen

Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit war es, die Vortrittsmissachtungen von Fahr- und Fussverkehr an Fussgängerstreifen automatisch zu beziffern. Dies ist nicht in vollem Umfang gelungen, da es trotzdem notwendig war, die als risikoreich eingestuften Situationen 'von Auge' zu sortieren und einzuschätzen. Insgesamt beträgt das **Verhältnis der Vortrittsmissachtungen** durch Fahrzeuglenkende gegenüber denjenigen durch zu Fuss Gehende **bei 3:1**, wobei in 88 % der Begegnungsfälle gar keine Vortrittsmissachtung zu verzeichnen ist.

Diese zusätzliche Auswertung hat weitere interessante Situationen zu Tage gefördert, die als risikoreich eingestuft werden können und die für die zukünftige Präventionsarbeit von Bedeutung sind und die auch zur Verbesserung der Infrastruktur beizogen werden können:

- Die Nutzung des Mobiltelefons durch zu Fuss Gehende führt zu einer starken **Ablenkung**
- **Velostreifen** sollten als **Fahrstreifen in gleicher Richtung** betrachtet werden. In der aktuellen Norm VSS-40241 sind sie von dieser Regelung ausgenommen. Das forsche Verhalten einiger Zweiradfahrender führt aber zu einer gewissen Gefährdung am Fussgängerstreifen
- Fussgängerstreifen **in direkter Flucht von Fusswegverbindungen** erzeugen nicht zu unterschätzende Konflikte

Ittigen, 31. Januar 2020



Daniel Baumann, CEO
 Dipl. Bauingenieur ETHL
 Verkehrsingenieur SVI
 Smart City Consultant
 Zertifizierter Experte ISO 17024 / SEC 03.1
 Zertifizierter Verkehrssicherheits-Auditor RSA
 Zertifizierter Verkehrssicherheits-Inspektor RSI
 Unfallstellenanalysen BSM
 Zertifikat „Bauen unter Verkehr“



Alain Bützberger
 Founder
 VR-Präsident
 Mitglied der Geschäftsleitung
 Dipl. Ingenieur ETHZ/SIA
 Verkehrsingenieur SVI
 IoT & Smart City Expert Innovation
 Zertifizierter Verkehrssicherheits-Auditor RSA
 Zertifizierter Verkehrssicherheits-Inspektor RSI



8 Anhang

8.1 Literaturverzeichnis

Bettina Bartels / Henrik Liers 2014. Bewegungsverhalten im Strassenverkehr - Teil 2. In: FAT Schriftenreihe 268. FAT Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. Berlin.

Thomas Schweizer / Tonja Zürcher / Viktor Altherr / Rolf Steiner / Johannes Zoth 2008. Markierte Fussgängerschutzinseln; Evaluation der Veränderungen im Verhalten von Zufussgehenden und Fahrzeuglenkenden. Verkehrsversuch mit markierten Mittelinseln im Auftrag des Departements Bau, Verkehr, und Umwelt, Kanton Aargau. Fussverkehr Schweiz.

Thomas Schweizer / Christian Thomas / Pascal Regli 2009. Fussverkehr Schweiz - Verhalten am Fussgängerstreifen. Forschungsprojekt zur Interaktion zwischen Fahrzeuglenkenden und FussgängerInnen. Methodische Hinweise und quantitative Analysen. Fussverkehr Schweiz.

Gianantonio Scaramuzza / Uwe Ewert 2009. Querungsstellen für den Fussverkehr .Bern: bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2009. bfu-Faktenblatt 02. Bern.

Leah L. Thompson, Frederick P. Rivara, Rajiv C. Ayyagari, Beth E Ebel (2012) Impact of technological distraction on pedestrian crossing behaviour : an observational study

Schützenhofer A. / Krainz D. 1997. Anhaltebereitschaft telefonierender Pkw-Lenker an Zebrastreifen. Kuratorium für Verkehrssicherheit (KfV), Landesstelle Steiermark. Graz.

Thomas Schweizer / Wernher Brucks / Mathieu Ponchon / Christian Thomas 2012. Fussverkehr Schweiz - Unfälle auf Fussgängerstreifen in der Stadt Zürich. Detailauswertung der Verkehrsunfallstatistik 2003 - 2010. Fussverkehr Schweiz.

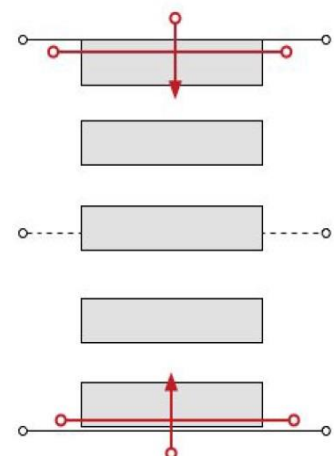
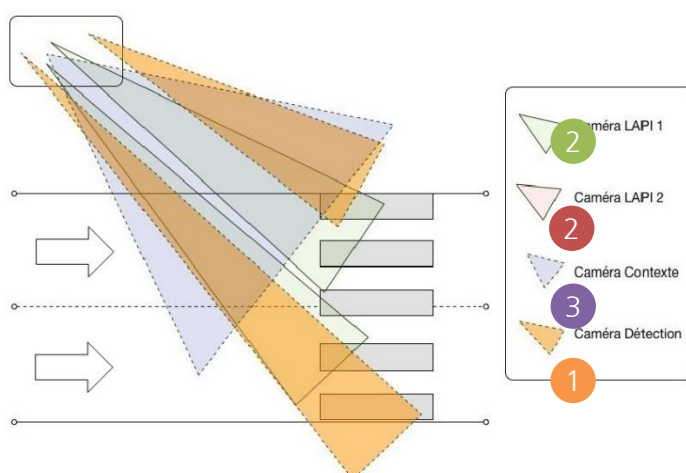
8.2 System STOPCAM

Das Kontrollsystem STOPCAM besteht aus insgesamt 5 Kameras, welche die Bewegungen rund um den Fussgängerstreifen erfassen. Mit Hilfe von Algorithmen werden kritische Situationen erfasst und gespeichert. Beim Originalsystem werden mittels Nummernschilderkennung (LAPI – lecture automatique des plaques d'immatriculation) auch die Angaben zum Fahrzeug gespeichert. Das System kann mit Informationstafeln gekoppelt oder direkt zur Verteilung von Ordnungsbussen verwendet werden.

Die folgenden Abbildungen zeigen die drei Hauptkomponenten und die Funktionsweise des Systems:



- 1) Zwei Kameras sind auf die beiden Hälften des Fussgängerstreifens und deren Annäherungsbereiche gerichtet. Sobald die zu Fuss Gehenden eine virtuelle Linie überschreiten, werden die verschiedenen Bewegungen registriert und ausgewertet.
- 2) Wird nun eine kritische Situation festgestellt, erfassen die LAPI-Kameras beim Originalsystem das Nummernschild des Fahrzeugs
- 3) Zusätzliche Weitwinkelkameras nehmen eine weitere Umgebung auf, was für die anschliessenden Auswertungen verwendet werden kann.



Das System kann entweder mobil aufgestellt werden (kleiner Anhänger) oder fix an einem Kanndelaber montiert. Die Daten können mittels 3G/4G-Modem direkt übertragen werden.

Installation System entweder mobil (links) oder fix (rechts)



Aufgrund der Geschwindigkeit der Fahrzeuge und der zu Fuss Gehenden kann darauf geschlossen werden, ob Fahrzeuge noch hätten anhalten können, bzw. welche Distanz sie noch zum Streifen hatten, als dieser betreten wurde.



Weitere Informationen sind auf der [Internetseite](#)⁴ des Herstellers verfügbar. Derzeit allerdings nur in französischer Sprache.

⁴ Zugriff im Oktober 2019

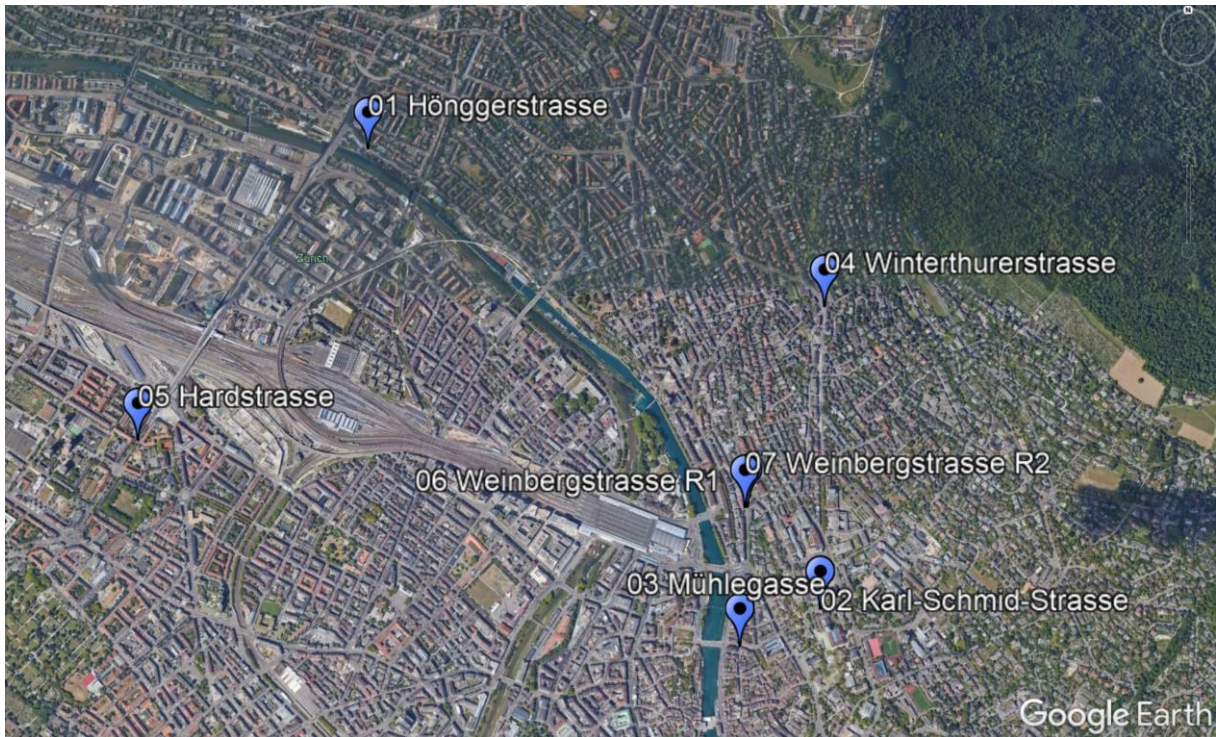
8.3 Untersuchte Fussgängerstreifen

<p>01</p>	<p>Hönggerstrasse 41 LK 682039/249544 Link StreetView</p> <p>Beide Richtungen</p>	
<p>02</p>	<p>Karl-Schmid-Strasse 4 LK 683771/247776 Link StreetView</p> <p>Beide Richtungen</p>	
<p>03</p>	<p>Mühlegasse 9 LK 683465/247638 Link StreetView</p> <p>Beide Richtungen</p>	

<p>04</p>	<p>Winterthurerstrasse 4 LK 683806/248923 Link StreetView Richtung Winterthur</p>	
<p>05</p>	<p>Hardstrasse 89 LK 681174/248415 Link StreetView Beide Richtungen</p>	
<p>06</p>	<p>Weinbergstrasse 29/1 LK 683498/248158 Link StreetView Richtung Winterthur</p>	

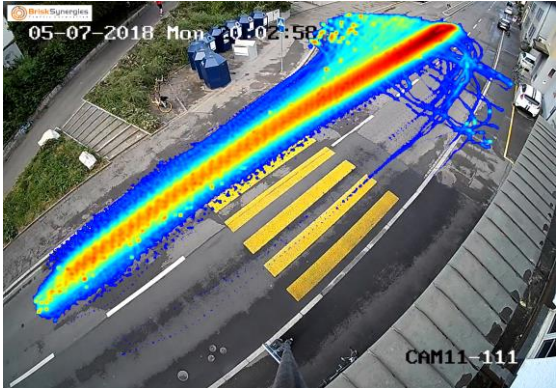
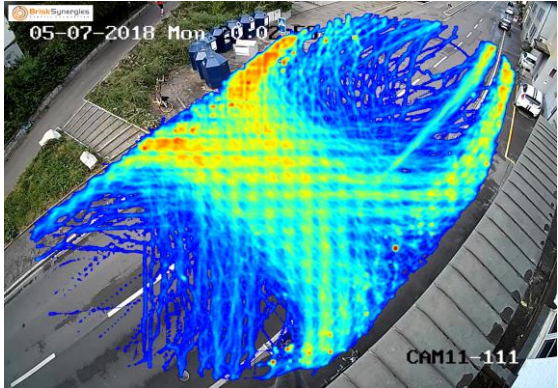

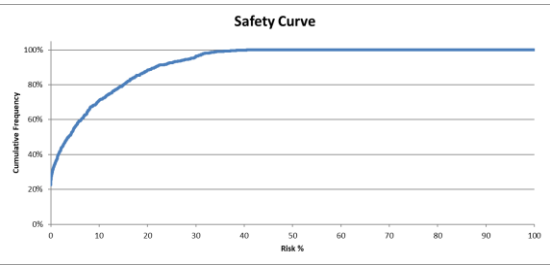
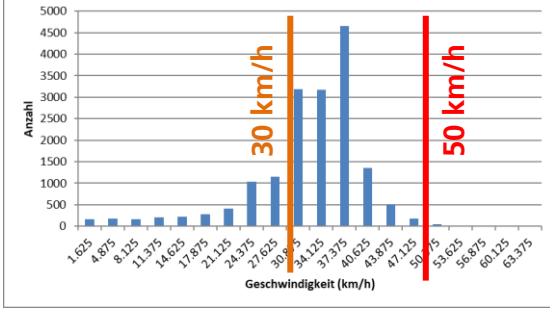
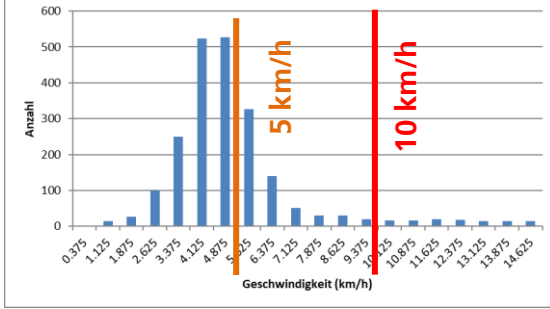
<p>07 Weinbergstrasse 29/2 LK 683498/248158 Link StreetView Richtung Central</p>	
---	--

Verteilung der Fussgängerstreifen in Zürich (Quelle: Google Earth):



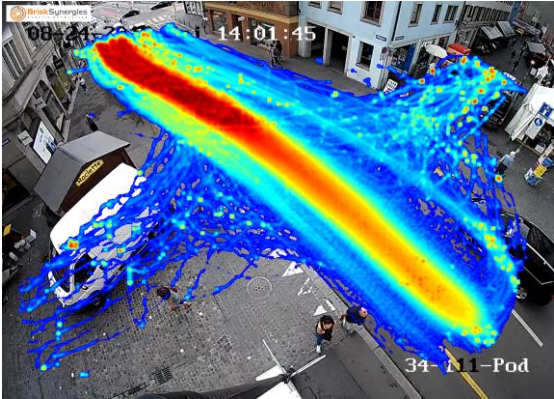
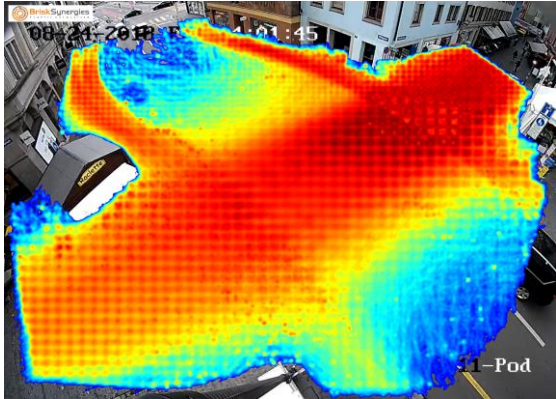
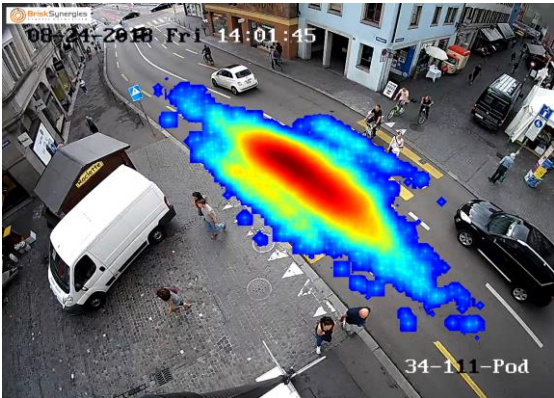
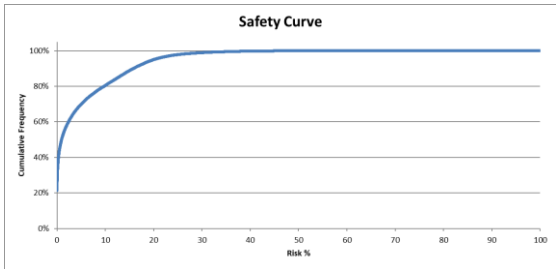
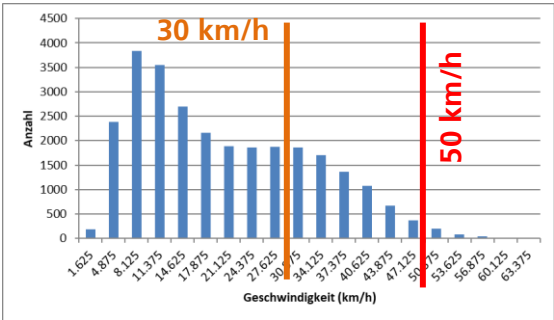
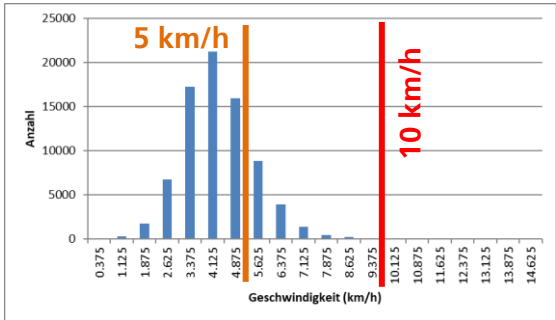
8.4 Detailauswertung pro Fussgängerstreifen

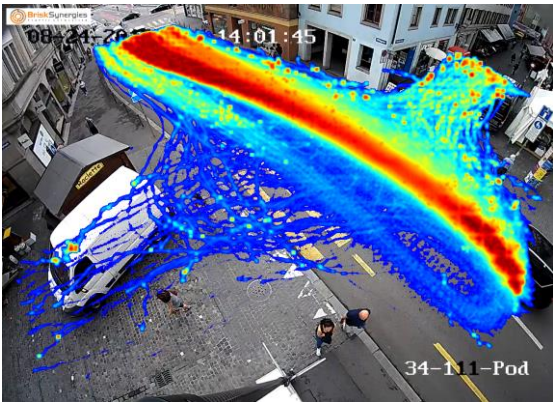
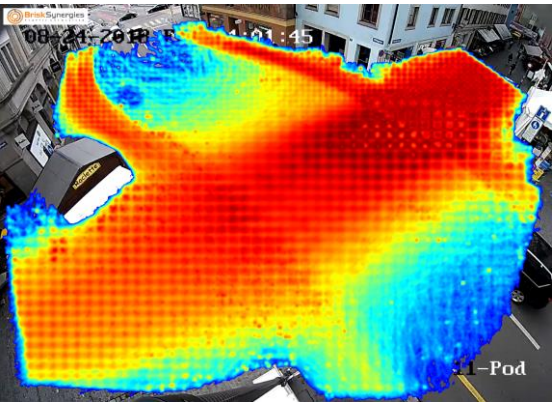
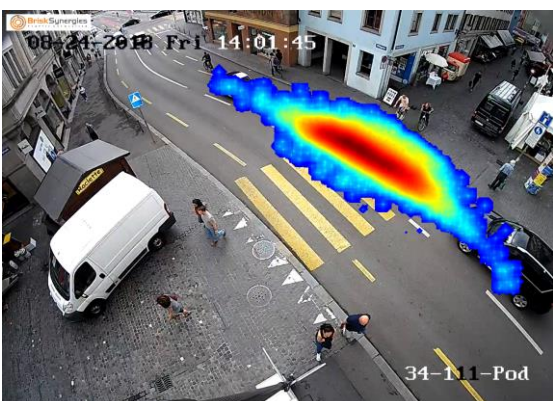
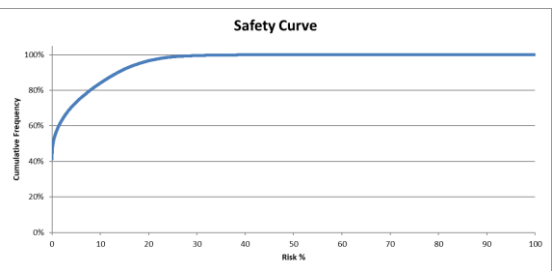
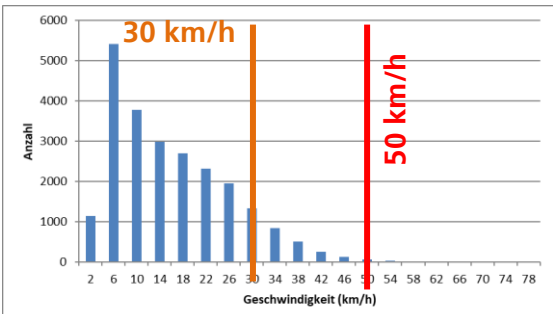
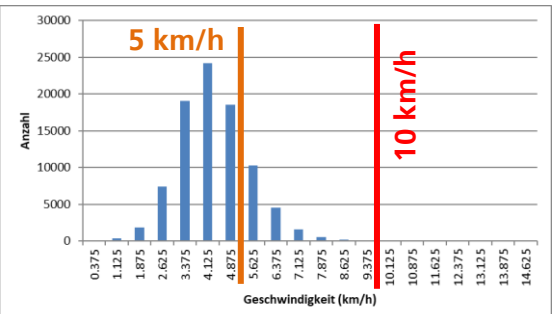
<h4>01a Höneggerstrasse – Richtung Zentrum</h4>	
<p>Anzahl Fahrzeuge pro Tag 3'480</p>	<p>Anzahl zu Fuss Gehende pro Tag 510</p>
<p>Heatmap Fahrzeuge</p>	<p>Heatmap Fussverkehr</p>
<p>Heatmap Konfliktpunkte</p>	<p>Safety-Kurve (Kumulierter Risiko-Index)</p> <p>Safety-Index: 92.6 %</p>
<p>Geschwindigkeitsverteilung Fahrzeuge</p>	<p>Geschwindigkeitsverteilung Fussverkehr</p>

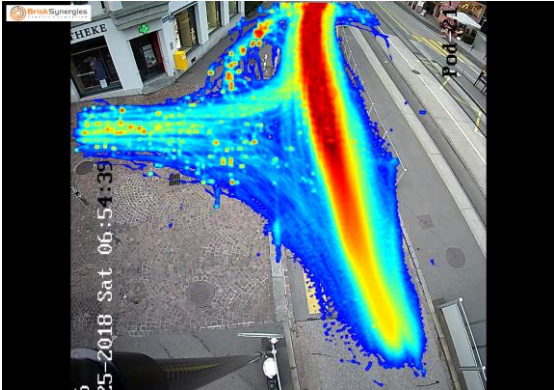
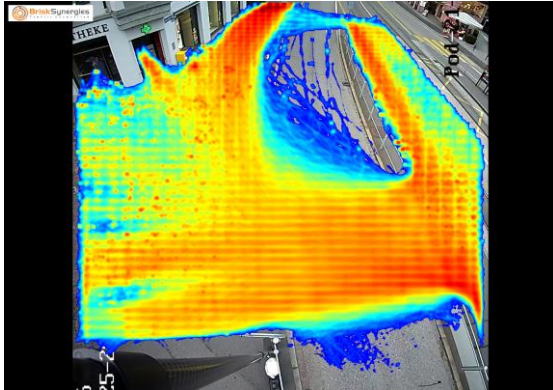
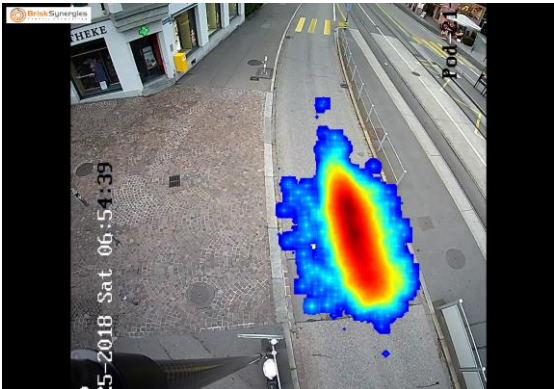
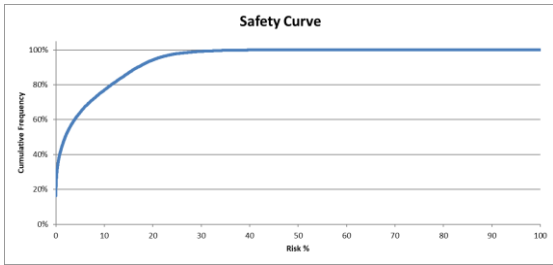
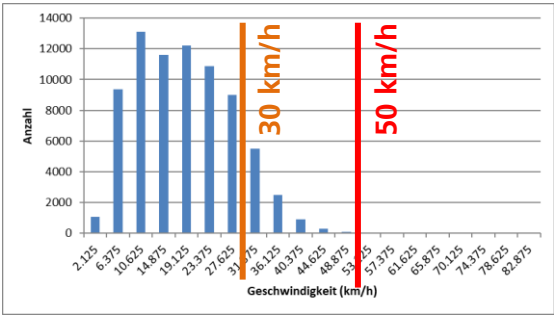
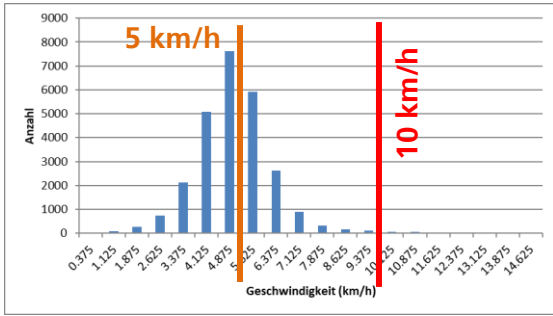
<h3>01b Höggerstrasse – Richtung Wipkingen</h3>	
<p>Anzahl Fahrzeuge pro Tag 3'930</p>	<p>Anzahl zu Fuss Gehende pro Tag 510</p>
<p>Heatmap Fahrzeuge</p> 	<p>Heatmap Fussverkehr</p> 
<p>Heatmap Konfliktpunkte</p> 	<p>Safety-Kurve (Kumulierter Risiko-Index)</p>  <p>Safety-Index: 92.5 %</p>
<p>Geschwindigkeitsverteilung Fahrzeuge</p> 	<p>Geschwindigkeitsverteilung Fussverkehr</p> 

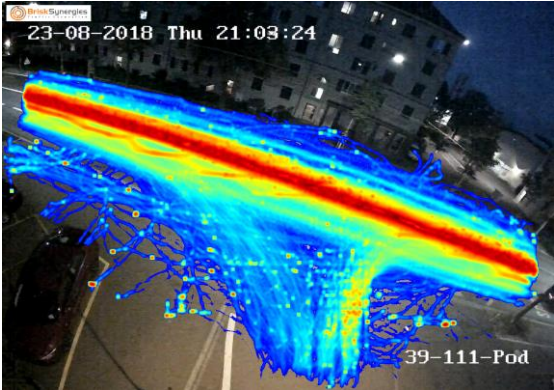
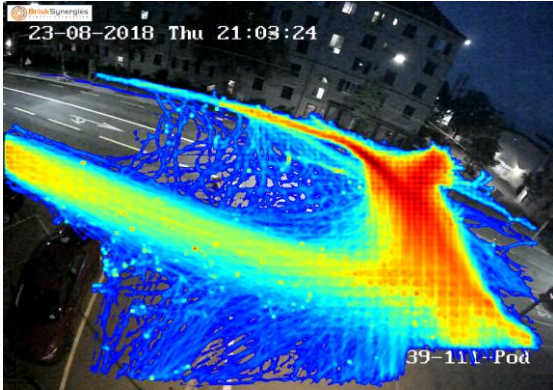

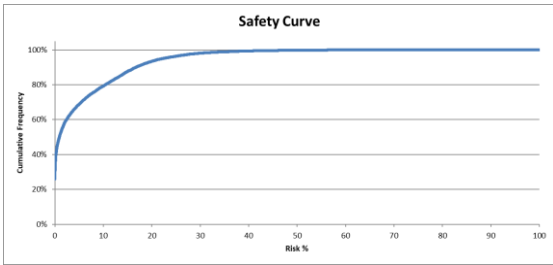
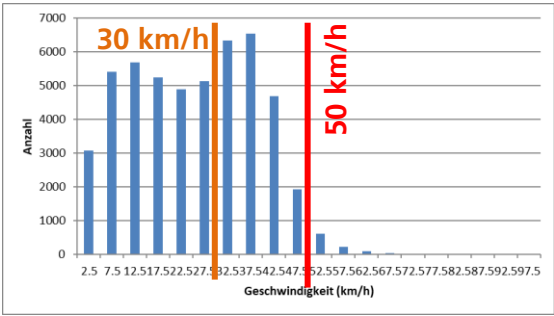
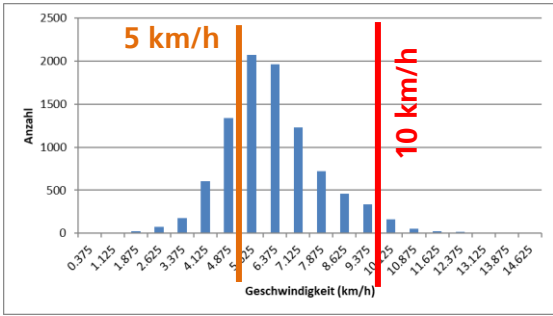
02a Karl-Schmid-Strasse – Richtung Künstlergasse (Tempo-30-Zone)	
Anzahl Fahrzeuge pro Tag 590	Anzahl zu Fuss Gehende pro Tag 660
Heatmap Fahrzeuge 	Heatmap Fussverkehr
Heatmap Konfliktpunkte 	Safety-Kurve (Kumulierter Risiko-Index) <p style="text-align: center;">Safety-Index: 94.6 %</p>
Geschwindigkeitsverteilung Fahrzeuge 	Geschwindigkeitsverteilung Fussverkehr

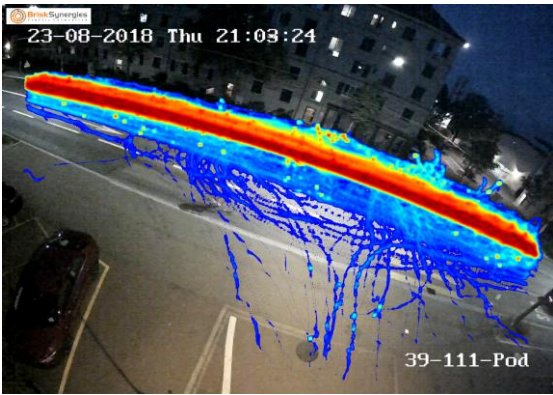
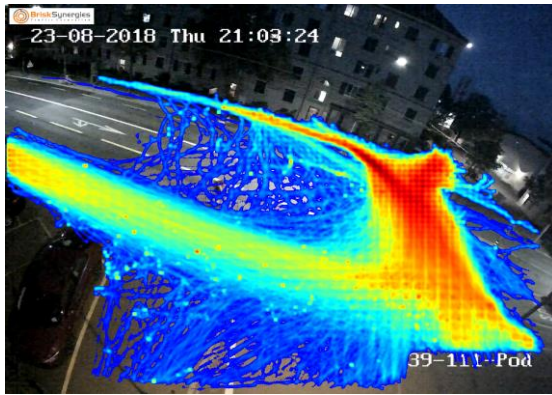

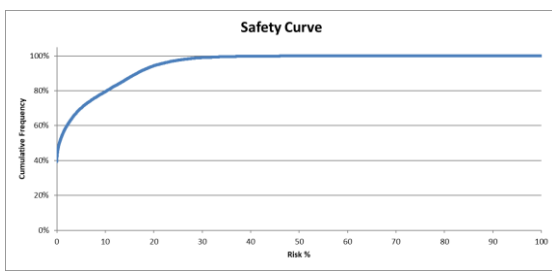
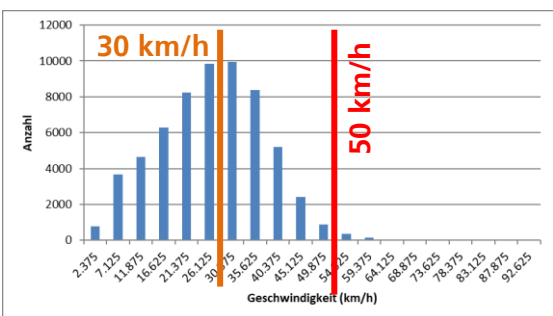
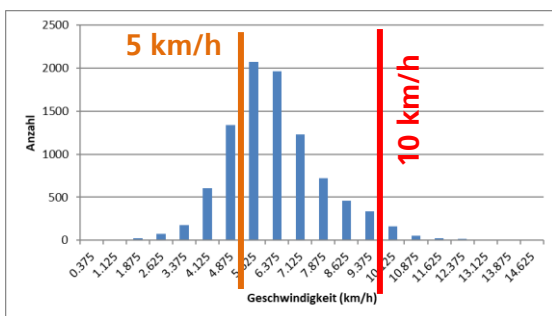
02b Karl-Schmid-Strasse – Richtung Rämistrasse (Tempo-30-Zone)	
Anzahl Fahrzeuge pro Tag 1'440	Anzahl zu Fuss Gehende pro Tag 660
Heatmap Fahrzeuge 	Heatmap Fussverkehr
Heatmap Konfliktpunkte 	Safety-Kurve (Kumulierter Risiko-Index) Safety-Index: 94.2 %
Geschwindigkeitsverteilung Fahrzeuge 	Geschwindigkeitsverteilung Fussverkehr

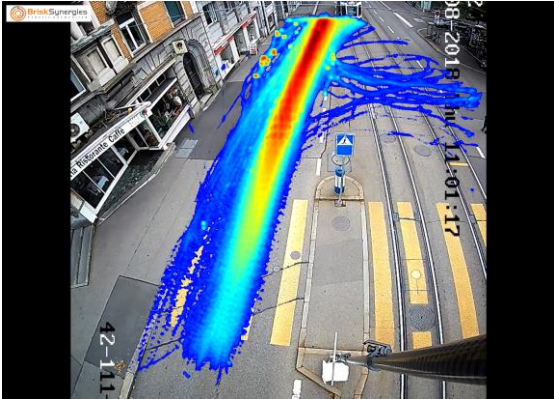
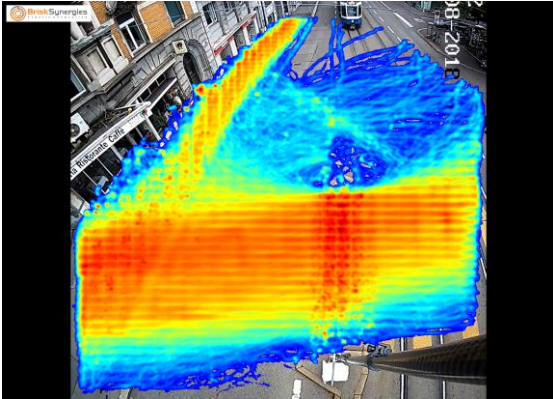
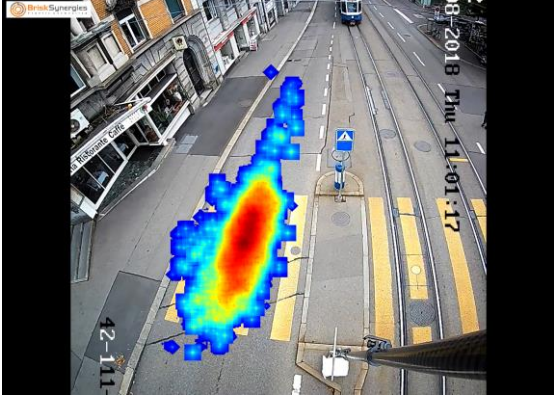
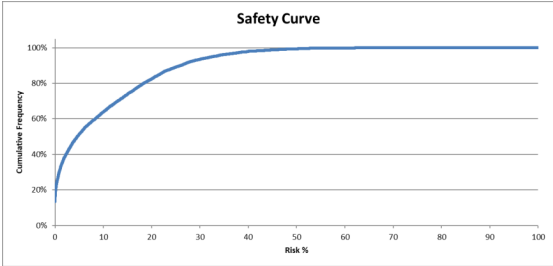
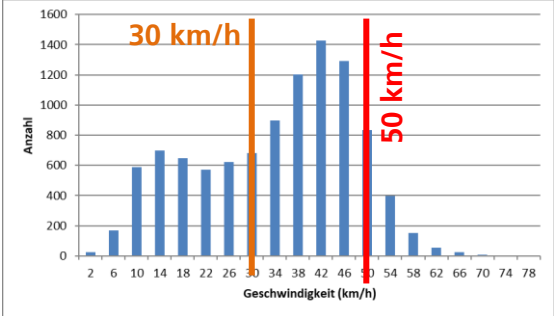
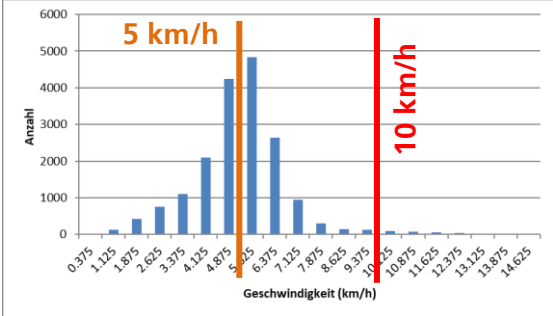
<h3>03a Mühlegasse – Richtung Seilergraben</h3>	
<p>Anzahl Fahrzeuge pro Tag 4'640</p>	<p>Anzahl zu Fuss Gehende pro Tag 13'070</p>
<p>Heatmap Fahrzeuge</p> 	<p>Heatmap Fussverkehr</p> 
<p>Heatmap Konfliktpunkte</p> 	<p>Safety-Kurve (Kumulierter Risiko-Index)</p>  <p style="text-align: center;">Safety-Index: 95.2 %</p>
<p>Geschwindigkeitsverteilung Fahrzeuge</p> 	<p>Geschwindigkeitsverteilung Fussverkehr</p> 

<h3>03b Mühlegasse – Richtung Limmatquai</h3>	
<p>Anzahl Fahrzeuge pro Tag 3'900</p>	<p>Anzahl zu Fuss Gehende pro Tag 14'770</p>
<p>Heatmap Fahrzeuge</p> 	<p>Heatmap Fussverkehr</p> 
<p>Heatmap Konfliktpunkte</p> 	<p>Safety-Kurve (Kumulierter Risiko-Index)</p>  <p>Safety-Index: 96.1 %</p>
<p>Geschwindigkeitsverteilung Fahrzeuge</p> 	<p>Geschwindigkeitsverteilung Fussverkehr</p> 

04 Winterthurerstrasse – Richtung Winterthur	
Anzahl Fahrzeuge pro Tag 10'780	Anzahl zu Fuss Gehende pro Tag 3'680
Heatmap Fahrzeuge 	Heatmap Fussverkehr 
Heatmap Konfliktpunkte 	Safety-Kurve (Kumulierter Risiko-Index)  Safety-Index: 94.5 %
Geschwindigkeitsverteilung Fahrzeuge 	Geschwindigkeitsverteilung Fussverkehr 

05a Hardstrasse – Richtung Sihlfeld	
Anzahl Fahrzeuge pro Tag 8'180	Anzahl zu Fuss Gehende pro Tag 1'520
Heatmap Fahrzeuge 	Heatmap Fussverkehr 
Heatmap Konfliktpunkte 	Safety-Kurve (Kumulierter Risiko-Index)  Safety-Index: 94.8 %
Geschwindigkeitsverteilung Fahrzeuge 	Geschwindigkeitsverteilung Fussverkehr 

<h3>05b Hardstrasse – Richtung Wipkingen</h3>	
<p>Anzahl Fahrzeuge pro Tag 9'980</p>	<p>Anzahl zu Fuss Gehende pro Tag 1'520</p>
<p>Heatmap Fahrzeuge</p> 	<p>Heatmap Fussverkehr</p> 
<p>Heatmap Konfliktpunkte</p> 	<p>Safety-Kurve (Kumulierter Risiko-Index)</p>  <p>Safety-Index: 95.2 %</p>
<p>Geschwindigkeitsverteilung Fahrzeuge</p> 	<p>Geschwindigkeitsverteilung Fussverkehr</p> 

<h3>06 Weinbergstrasse – Richtung Winterthur</h3>	
<p>Anzahl Fahrzeuge pro Tag 2'020</p>	<p>Anzahl zu Fuss Gehende pro Tag 3'540</p>
<p>Heatmap Fahrzeuge</p> 	<p>Heatmap Fussverkehr</p> 
<p>Heatmap Konfliktpunkte</p> 	<p>Safety-Kurve (Kumulierter Risiko-Index)</p>  <p style="text-align: center;">Safety-Index: 90.5 %</p>
<p>Geschwindigkeitsverteilung Fahrzeuge</p> 	<p>Geschwindigkeitsverteilung Fussverkehr</p> 

07 Weinbergstrasse – Richtung Central	
Anzahl Fahrzeuge pro Tag 1'550	Anzahl zu Fuss Gehende pro Tag 1'420 ⁵
Heatmap Fahrzeuge 	Heatmap Fussverkehr
Heatmap Konfliktpunkte 	Safety-Kurve (Kumulierter Risiko-Index) Safety-Index: 92.2 %
Geschwindigkeitsverteilung Fahrzeuge 	Geschwindigkeitsverteilung Fussverkehr

⁵ Kameraposition und -winkel haben vermutlich dazu geführt, dass nicht alle Fussgänger erfasst wurden. In der Gegenrichtung wurden gut doppelt so viele gezählt

8.5 Unfallauswertung pro Fussgängerstreifen

Hönggerstrasse	
	Insgesamt 3 Unfälle: - 2 Schleuder-/Selbstunfälle - 1 Parkierunfall
Fahrrichtung Zentrum - 3 andere Unfälle	Fahrrichtung Wipkingen - Keine Unfälle
Hier passierten keine Unfälle mit Bezug zum Fussgängerstreifen.	

Karl-Schmid-Strasse	
	Insgesamt 16 Unfälle: - 1 Schleuder-/Selbstunfall - 15 Parkierunfälle
Fahrrichtung Künstlergasse - 2 andere Unfälle	Fahrrichtung Rämistrasse - 14 andere Unfälle
Hier passierten keine Unfälle mit Bezug zum Fussgängerstreifen.	

Mühlegasse



Insgesamt 9 Unfälle:

- 2 Schleuder-/Selbstunfälle
- 1 Überholunfall
- 2 Auffahrunfälle
- 4 Parkierunfälle

Fahrtrichtung Seilergraben

- 3 andere Unfälle

Fahrtrichtung Limmatquai

- 6 andere Unfälle

Hier passierten keine Unfälle mit Bezug zum Fussgängerstreifen.

Winterthurerstrasse



Insgesamt 18 Unfälle:

- 1 Schleuder-/Selbstunfall
- 10 Auffahrunfälle
- 7 Fussgängerunfälle

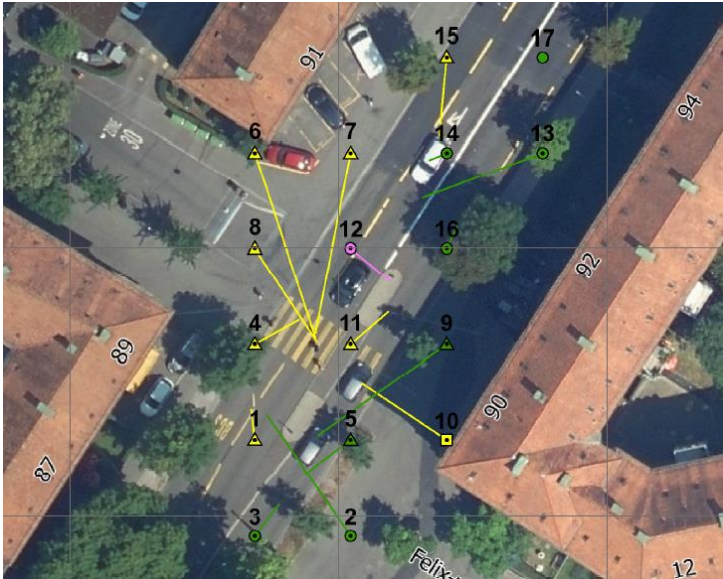
Fahrrichtung Winterthur

- 1 Fussgänger angefahren am untersuchten Fussgängerstreifen
- 1 Fussgänger angefahren auf Trottoir-überfahrt Frohburgstrasse
- 5 Auffahrunfälle aufgrund Halten wegen Fussgängervortritt am nicht untersuchten Streifen
- 3 Auffahrunfälle ohne Zusammenhang mit Fussgängern
- 6 andere Unfälle

Fahrrichtung Zentrum (nicht untersucht)

- 2 Auffahrunfälle aufgrund Halten wegen Fussgängervortritt am nicht untersuchten Streifen

Am untersuchten Fussgängerstreifen geschah ein Unfall (Fussgänger angefahren). An den davor und danach liegenden Streifen passierten insgesamt fünf Auffahrunfälle aufgrund Halten wegen querenden Fussgängern.

Hardstrasse	
	<p>Insgesamt 17 Unfälle:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 Schleuder-/Selbstunfall - 8 Auffahrunfälle - 8 Fussgängerunfälle
<p>Fahrtrichtung Sihlfeld</p> <ul style="list-style-type: none"> - 6 Fussgänger angefahren (1 wegen der doppelten Fahrspur) - 1 Auffahrunfall aufgrund Halten wegen Fussgängervortritt - 2 Auffahrunfälle ohne Zusammenhang mit Fussgängern 	<p>Fahrtrichtung Wipkingen</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 Fussgänger angefahren - 4 Auffahrunfall aufgrund Halten wegen Fussgängervortritt - 1 Auffahrunfall ohne Zusammenhang mit Fussgängern - 1 anderer Unfall
<p>Insgesamt 13 Unfälle mit Bezug zum Fussgängerstreifen, davon 6 in Richtung Wipkingen und 7 in Richtung Sihlfeld. Die doppelte Fahrspur in Richtung Sihlfeld führte einmal direkt zu einem Unfall (Bus hielt für Fussgänger, der Verkehr auf der MIV-Spur nicht). Möglicherweise hat sie auch indirekt einen Einfluss, da die Fussgänger schlecht erkannt werden, weil sie so weit weg von der Fahrspur die Strasse betreten.</p>	

Weinbergstrasse



Insgesamt 8 Unfälle:

- 2 Überholunfälle
- 1 Abbiegeunfall
- 1 Einbiegeunfall
- 4 Fussgängerunfälle

Fahrrichtung Winterthur

- 1 Fussgänger von Tram angefahren (Vortrittsmissachtung Fussgänger)
- 1 Fussgänger angefahren
- 1 anderer Unfall

Fahrrichtung Central

- 2 Fussgänger angefahren (davon 1 durch Fahrrad)
- 3 andere Unfälle

An der Weinbergstrasse passierten zwei Unfälle zwischen Motorfahrzeugen und Fussgängern, pro Richtung einer. Zudem wurde ein Fussgänger von einem Velo angefahren, das Richtung Central unterwegs war.

Ein Fussgänger wurde von einem Tram angefahren, das vortrittsberechtigt war. Die problematische Situation von Fussgängerstreifen über Tramschienen ist hinlänglich bekannt.