Verhalten am Fussgängerstreifen

Forschungsprojekt zur Interaktion zwischen Fahrzeuglenkenden und FussgängerInnen

Methodische Hinweise und quantitative Analysen

Thomas Schweizer
Christian Thomas
Pascal Regli

Fussverkehr Schweiz
Fachverband der FussgängerInnen

Mobilité piétonne
Association suisse des piétons

Mobilità pedonale
Associazione svizzera dei pedoni

Fussverkehr Schweiz
Fachverband der FussgängerInnen

Mobilité piétonne
Association suisse des piétons

Mobilità pedonale
Associazione svizzera dei pedoni

Verhalten am Fussgängerstreifen

Forschungsprojekt zur Interaktionen zwischen Fahrzeuglenkenden und FussgängerInnen

Methodische Hinweise und quantitative Analysen

Thomas Schweizer

Christian Thomas

Pascal Regli

Zürich, 2009

Impressum

Verhalten am Fussgängerstreifen
Forschungsprojekt zur Interaktion zwischen Fahrzeuglenkenden und FussgängerInnen
Methodische Hinweise und quantitative Analysen, Zürich, 2009

Le comportement au passage pour piétons
Projet de recherche sur l'interaction entre les conducteurs et les piétons
remarques méthodologiques et analyses quantitatives, Zurich, 2009

Comportamento davanti alle strisce pedonali
Progetto di ricerca sull'interazione tra i conducenti di veicoli e pedoni
analisi quantitative e accenni metodologici, Zurigo 2009

Herausgeber
© Fussverkehr Schweiz

Bearbeitung
Fussverkehr Schweiz, Fachverband der FussgängerInnen
Thomas Schweizer, dipl. phil II, Geograf, SVI
Christian Thomas, Dr. sc. techn.
Pascal Regli, dipl. phil II, Geograf, SVI
Tonja Zürcher, Soziologin

Mitarbeit
Literaturanalyse: ZHAW IDP, Institut für Datenanalyse und Prozessdesign
Albert Steiner, El.-Ing. HTL
Postfach, 8401 Winterthur

Lasertechnologie: ECTN AG
Flurhofstrasse 15, 6374 Buochs

Videoaufnahmen und Rohauswertung: verkehrssteiner,
Rolf Steiner, dipl. phil II, Geograf, Verkehrsplaner SVI
Johannes Zoth, dipl. Geograf
Hardeggerstrasse 12, 3008 Bern

Bezug
Fussverkehr Schweiz
Klosbachstrasse 48, 8032 Zürich
043 488 40 30 / info@fussverkehr.ch / www.fussverkehr.ch

Begleitgruppe
Wernher Brucks, Dienstabteilung Verkehr der Stadt Zürich, Unfallauswertung
Werner Daubenmeyer, Dienstabteilung Verkehr der Stadt Zürich, Verkehrsplanung
Uwe Ewert, Beratungsstelle für Unfallverhütung, bfu
Kurt Häfeli / Martin Wild, Verkehrsinstruktion der Stadt Zürich
Dieter Lüthi, Fonds für Verkehrssicherheit FVS, Bern
Thierry Pucci, Touringclub der Schweiz TCS, Vernier
Felix Walz, Arbeitsgruppe für Unfallmechanik, Zürich

Dieser Bericht wurde finanziell vom Fonds für Verkehrssicherheit (FVS) unterstützt.
Für den Inhalt ist «Fussverkehr Schweiz» verantwortlich.

FVS FSR FSS FS

Fussverkehr Schweiz
Fachverband der FussgängerInnen
Mobilité piétonne
Association suisse des piétons
Mobilità pedonale
Associazione svizzera dei pedoni

Inhalt

Zusammenfassung **3**
Verhalten am Fussgängerstreifen 3
Résumé **5**
Le comportement au passage pour piétons 5
Riasunto **7**
Comportamento davanti alle strisce pedonali 7
2. Einleitung **9**
3. Unfälle mit Fussgängerbeteiligung **10**
3.1 Allgemeines 10
3.2 Fussgängerunfälle bei Querungen 11
3.3 Unfälle auf dem Fussgängerstreifen 11
4. Zielsetzungen und Methodik **13**
5. Literaturanalyse **14**
5.1 Allgemeine Untersuchungen zu Ursachen und Einflussgrössen 14
5.2. Betrachtungen zum Fussgänger-Verhalten 16
5.3 Betrachtungen zum Lenkerverhalten 18
5.4 Infrastrukturelemente bei Querungen 20
5.5 Bilanz der Literaturanalyse 22
6 Erfassung mit Horizontallaser **23**
6.1 Vorbemerkungen zum Projektablauf 23
6.2 Auswertung 24
6.3 Erkenntnisse der Lasermessung 26
7. Videoaufnahmen und -analysen **28**
7.1 Methodisches Vorgehen 28
7.2 Untersuchte Standorte 28
7.3 Quantitative Auswertung 28
7.4 Resultate: Verhalten der FussgängerInnen 32
7.4.1 Typisierung der beobachteten FussgängerInnen 32
7.4.2 Verhalten der Zufussgehenden im Wartebereich/ Blickverhalten 35
7.4.3 Verhalten bei der Querung 40
7.4.4 Vergleich Zufussgehende - Velofahrende 43
7.5 Resultate: Verhalten der Lenkenden 44
7.5.1 Typisierung der beobachteten Fahrzeuge 44
7.5.2 Anhaltequoten 45
8. Untersuchungen mit Testpersonen **53**
8.1 Anhalteverhalten der Autolenker: Versuche mit Testpersonen 53
8.2 Anhaltequoten nach Fahrbahnhälften 54
9. Fazit und Schlussfolgerungen **56**
10. Weiterer Forschungsbedarf **58**
11. Literatur **59**

Anhang A Grundlagen zur Lasermethodik 61

Anhang B Erhebungen mit Videogeräten 68

Verzeichnis der Grafiken

Grafik 1: Fussgängerunfälle in der Schweiz 1998 - 2007 11
Grafik 2: Fussgängerunfälle auf dem Streifen / nicht auf dem Streifen 12
Grafik 3: Schwerverletzte und getötete FussgängerInnen auf dem Streifen 2002 - 2007 13
Grafik 4: Wichtigste Unfallursachen bei schwer verletzten und getöteten Fussgängern und deren Kollisionsgegnern 2000 - 2004 16
Grafik 5: Annäherungsgeschwindigkeit und Anhaltequote beim Fussgängerstreifen 20
Grafik 6: Fussgängertyp 34
Grafik 7: Gruppengrösse 34
Grafik 8: Gruppengrösse nach Fussgängertyp 35
Grafik 9: Verhalten im Warteraum vor dem Fussgängerstreifen 35
Grafik 10: Blickverhalten und Warteverhalten 37
Grafik 11: Anteil der FussgängerInnen, die sich bei den Lenkenden für den Vortritt bedanken 39
Grafik 12: Anteil schräg Querende nach Fussgängertyp und Inselsituation 40
Grafik 13: Querungen ausserhalb des Fussgängerstreifens 41
Grafik 14: Gehgeschwindigkeit nach Fussgängertyp 42
Grafik 15: Vergleich Zufussgehende - Velofahrende 43
Grafik 16: Fahrzeugtyp 44
Grafik 17: Anhaltequote nach Ort und Insel 46
Grafik 18: Anhaltequote nach Gruppengrösse 46
Grafik 19: Anhaltequote nach Gruppengrösse 47
Grafik 20: Anhaltequoten 1. und 2. Fahrzeug 48
Grafik 21: Anhaltequote nach Richtung und Inseltyp 49
Grafik 22: Vorausschauendes Anhalten durch Lenkende von rechts 50
Grafik 23: Anhaltequote nach Fahrzeugtyp 50
Grafik 24: Anhaltequoten in der Übersicht 51
Grafik 25: Anhaltequote und Durchschnittsgeschwindigkeit 52
Grafik 26: Versuchsanordnung 64
Grafik 27: Rohdarstellung der Laseraufnahme 65
Grafik 28: Aufgearbeitete Darstellung der Laseraufnahme 66
Grafik 29: Ermittlung der Interaktionen 67
Grafik 30: Situation und Geschwindigkeitsprofil 67

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Schwer verletzte und getötete Fussgänger nach Unfalltyp Durchschnitt 2000 - 2004 11
Tabelle 2: Vortrittsmissachtung am Fussgängerstreifen nach Fahrzeugtyp. 15
Tabelle 3: Vortrittsmissachtung am Fussgängerstreifen nach Alter 15
Tabelle 4: Aufgearbeitete Darstellung der Laseraufnahme 25
Tabelle 5: Untersuchte Situationen und Anzahl erfasste Interaktionen 29
Tabelle 6: Erfasste Merkmale, Variablen und deren Ausprägung 30
Tabelle 7: Fussgängertyp 32
Tabelle 8: Blickverhalten nach Fussgängertyp 36
Tabelle 9: Blickverhalten nach Fahrzeugtyp 37
Tabelle 10: Blickverhalten und Warteverhalten 38
Tabelle 11: Anteil der FussgängerInnen, die sich bei den Lenkenden für den Vortritt bedanken 39
Tabelle 12: Fahrzeugtyp 44
Tabelle 13: Anhaltequoten mit standardisiertem Verhalten einer Testperson 54
Tabelle 14: Anhaltequoten mit standardisiertem Verhalten einer Testperson 55

Verhalten am Fussgängerstreifen

Forschungsprojekt zur Interaktion zwischen Fahrzeuglenkenden und FussgängerInnen

Methodische Hinweise und quantitative Analysen

Zusammenfassung

Über das Verhalten der Verkehrsteilnehmenden am Fussgängerstreifen bestehen relativ wenig wissenschaftliche Grundlagen. Mit der vorliegenden Forschungsarbeit wurde ein Baustein zur Schliessung dieser Lücke erarbeitet. Es kamen vier verschiedene Methoden zum Einsatz.

Ausgangspunkt bildete eine **Literaturanalyse**. Zahlreiche Untersuchungen basieren auf Unfalldaten. Diese können nur diejenigen Parameter abbilden, die auch bei einem Unfall aufgenommen wurden. Entsprechend unspezifisch sind somit die Aussagen zu den Unfallursachen. Sie beschränken sich oft auf die vorgegebenen Rubriken der Unfallaufnahmeprotokolle wie "Missachtung der Anhaltpflicht" oder "unvorsichtiges Gehen über die Strasse".
Einige Untersuchungen über das konkrete Fussgänger- und Lenkerverhalten thematisieren methodische Schwierigkeiten. So besteht beispielsweise eine grosse Diskrepanz zwischen den Resultaten, welche auf Befragungen beruhen (und damit auf den Wahrnehmungen der Verkehrsteilnehmenden) und dem beobachteten Verhalten. Für eine Analyse des tatsächlichen Verhaltens am Fussgängerstreifen sind Befragungen ungeeignet.
Das Lenkerverhalten, insbesondere die Beachtung der Anhaltepflicht, wird durch verschiedene Faktoren definiert. An erster Stelle steht die gefahrene Geschwindigkeit. Je höher die Geschwindigkeit, desto geringer die Anhaltequote. Je geringer die gefahrene Geschwindigkeit, desto höher die Anhaltequote. Bei stark frequentierten Fussgängerstreifen steigt die Anhaltequote. Über schwach frequentierte Fussgängerstreifen liegen keine Angaben vor.
Die Strassenraumgestaltung wird als weiterer wichtiger Parameter beschrieben. Bauliche Massnahmen, namentlich Mittelinseln, gelten als hochwirksam zur Verbesserung der Sicherheit. Für eine Analyse des Verhaltens am Fussgängerstreifen soll die Betrachtung nicht eng auf den Fussgängerstreifen fokussiert werden, sondern die Situation grossräumiger angeschaut werden. Auch die Wege der FussgängerInnen vor der Querung sind zu betrachten.

In einem zweiten Schritt wurden Aufnahmen mit einem **Horizontallaserscanner** gemacht. Diese Technologie erlaubt das gleichzeitige Erfassen verschiedener Verkehrsteilnehmer, deren Bewegungsrichtung und deren Geschwindigkeit. Obwohl dieser Erfassungsmethode ein grosses Potenzial zugeschrieben wird, konnten aufgrund von Schwierigkeiten mit der Entwicklung der Hard- und Software lediglich Testaufnahmen gemacht werden. Die erste Firma, welche die Technologie schon weit entwickelt hatte, stellte ihre Tätigkeit auf diesem Geschäftsfeld ein. Eine zweite zugezogene Firma unterschätzte die Komplexität und kam innerhalb des vorgegebenen Zeit- und Budgetrahmens nicht zu brauchbaren Resultaten.

Mittels **Videoaufnahmen** bei zehn verschiedenen Situationen am Fussgängerstreifen wurden 1'500 Interaktionen zwischen Lenkenden und FussgängerInnen ausgewertet. Diese Methode erwies sich als sehr geeignet. Von grosser Bedeutung ist hier die Möglichkeit, die Videosequenz mehrmals betrachten zu können. Damit können auch komplexe Verhaltensmuster erfasst und allenfalls nachträglich nochmals kontrolliert werden. Der Auswertungsaufwand für die Visionierung darf aber nicht unterschätzt werden. Mittels quantitativ-statistischer Analysen konnten interessante Resultate zu verschiedenen Aspekten des Verhaltens am Fussgängerstreifen gefunden werden.
So konnte insbesondere nachgewiesen werden, dass sich die Fussgängerschutzinseln in mehrfacher Weise positiv auf das Verhalten der FussgängerInnen auswirken:

- Bei Inseln wird das Queren gebündelt.
- Die Anhaltequoten der Fahrzeuglenkenden erhöhen sich deulich.
- Eine Verbesserung ergibt sich insbesondere beim Verhalten auf der zweiten Fahrbahnhälfte, wo die Fahrzeuglenker vorausschauend anhalten, bevor sie dazu verpflichtet wären.
- Die Kommunikation zwischen FussgängerInnen und Lenkenden wird durch die Mittelinsel verbessert. Dies zeigt sich beispielsweise an der höheren Anzahl von Leuten, die sich durch ein Handzeichen bei den Autolenkenden bedanken.

Für die Erfassung der Anhaltequote am Fussgängerstreifen wurde zusätzlich eine Testreihe mit einer **Versuchsperson** durchgeführt. Die Versuchsperson wurde so instruiert, dass sie die Querungsabsicht immer in der gleichen Art und Weise kundtat. Das Verhalten der Lenkenden, namentlich die Anhaltequote, wurde protokolliert. Insgesamt wurden 180 Interaktionen bei fünf verschiedenen Fussgängerstreifen durchgeführt. Dabei wurden die selben Fussgängerstreifen gewählt wie bei den Videoaufnahmen. Ein Vergleich zwischen den Videoauswertungen und den Auswertungen der Beobachtungsprotokolle zeigt übereinstimmende Resultate. Die Anhaltequoten bei der Testreihe sind jedoch – bedingt durch die gewählte Methode – generell etwas tiefer.

Le comportement au passage pour piétons

Projet de recherche sur l'interaction entre les conducteurs et les piétons

Remarques méthodologiques et analyses quantitatives

Résumé

Il existe relativement peu de matériel scientifique de base sur le comportement des usagers de la route au passage pour piétons. Ce travail de recherche entend contribuer à combler ce manque. Quatre méthodes différentes ont été utilisées.

Le point de départ est constitué par une analyse de la littérature. Un grand nombre d'études se basent sur les données sur les accidents. Ces données ne pouvant rendre compte que des paramètres retenus lors d'un accident, les indications sur la cause de ces derniers sont peu spécifiques. Elles se limitent souvent aux rubriques fixées à l'avance telles que " non respect de la priorité devant un passage pour piétons " ou " traversée imprudente de la route (à pieds) ".
Certaines études sur le comportement concret des piétons et des conducteurs thématisent des difficultés méthodologiques. Il existe par exemple une grande différence entre les résultats provenant d'interviews (et donc se basant sur la perception des usagers de la route) et le comportement observé. Les interviews ne conviennent pas à une analyse du comportement réel au passage pour piétons.
Le comportement des conducteurs, en particulier le respect de l'obligation de s'arrêter, est déterminé par différents facteurs. Le premier d'entre eux est la vitesse. Plus elle est élevée, plus le taux d'arrêt est faible. Inversement, plus la vitesse est faible, plus le taux d'arrêt est élevé. Le taux d'arrêt augmente aux passages pour piétons fortement fréquentés. On ne dispose d'aucunes données sur les passages pour piétons faiblement fréquentés.
L'aménagement de l'espace routier est un autre paramètre important. Des mesures constructives, en particulier l'îlot central, permettent d'améliorer très efficacement la sécurité. L'analyse du comportement au passage pour piétons ne devrait pas se limiter aux abords immédiats de celui-ci mais considérer la situation dans un contexte spatial plus large. Il faut aussi tenir compte des itinéraires des piétons avant de traverser la chaussée.

Lors d'une deuxième étape, on a procédé à des enregistrements à l'aide d'un laser rotatif horizontal. Cette technologie permet d'enregistrer en même temps la direction et la vitesse de déplacement de différents usagers de la route. Bien que cette méthode soit très prometteuse, des difficultés liées à la mise au point du matériel (hardware) et du logiciel n'ont permis que de réaliser que des enregistrements-tests. La première société qui avait développé cette technologie a cessé ses activités dans ce domaine. Une deuxième société contactée en a sous-estimé la complexité et n'a pu fournir des résultats utilisables dans les cadres temporel et budgétaire donnés.

1'500 interactions entre conducteurs et piétons dans dix situations différentes au passage pour piétons ont été analysées au moyen d'enregistrements vidéo. Cette méthode s'est avérée très appropriée. La possibilité de visionner plusieurs fois une même séquence joue ici un rôle central, puisqu'elle permet de saisir des modèles de comportement complexes et d'éventuellement les vérifier après coup. Le temps nécessaire au visionnement ne doit cependant pas être sous-estimé. Des analyses statistiques quantitatives ont permis d'obtenir des résultats intéressants sur différents aspects du comportement au passage pour piétons.

Ainsi, il a été notamment possible de prouver que les îlots de protection ont de nombreux effets positifs sur le comportement des piétons:

- Lorsqu'il y a un îlot central, tous les piétons traversent correctement au passage prévu.
- Les taux d'arrêts des conducteurs peuvent être significativement augmentés.
- On constate en particulier une amélioration du comportement sur la deuxième moitié de la chaussée, les conducteurs faisant preuve de prévoyance en s'arrêtant avant d'y être obligés.
- L'îlot central améliore la communication entre les piétons et les conducteurs. Cela s'observe notamment par le nombre plus élevé de personnes remerciant les conducteurs d'un signe de la main.

Une série d'expériences avec un sujet-test ont été réalisées pour étudier le taux d'arrêt au passage pour piétons. Le sujet-test devait toujours indiquer son intention de traverser la chaussée de la même manière. Le comportement des conducteurs – c.-à-d. le taux d'arrêt – a fait l'objet d'un protocole précis. Au total, on a procédé à 180 interactions à 5 passages pour piétons différents. Les passages choisis étaient les mêmes que ceux utilisés pour les enregistrements vidéo. Une comparaison montre que les résultats obtenus avec les vidéos concordent avec ceux observés lors des situations expérimentales. Les taux d'arrêt dans les situations avec le sujet-test sont cependant généralement un peu inférieurs en raison de la méthode choisie.

Comportamento davanti alle strisce pedonali

Progetto di ricerca sull'interazione tra i conducenti di veicoli e pedoni

Analisi quantitative e accenni metodologici

Riasunto

Non esiste molto materiale documentale relativo al comportamento degli utenti della strada davanti alle strisce pedonali. Il presente progetto di ricerca tenta di colmare questa lacuna. Sono state adottate 4 metodologie differenti.
Punto di partenza è stata l'analisi delle pubblicazioni esistenti. Esistono numerose indagini basate sui dati statistici relativi agli incidenti: esse sono però rappresentative unicamente di quei parametri che si possono rilevare in presenza di incidente.
Le constatazioni compilate in caso di incidente sono relative e poco specifiche: spesso si limitano ad un elenco predefinito di infrazioni come per esempio "Inosservanza dell'obbligo di fermarsi" oppure "Attraversamento imprudente della strada".
Alcune ricerche condotte sul comportamento concreto di pedoni e conducenti evidenziano delle difficoltà di metodo. Si assiste, ad esempio, ad una grande discrepanza tra i risultati basati su sondaggi (e quindi sulla percezione "relativa" dei vari utenti della strada) e i comportamenti realmente osservati. I sondaggi non sono dunque uno strumento adeguato nell'analisi dell'effettivo comportamento di un soggetto davanti alle strisce pedonali.
Il comportamento dei conducenti, soprattutto l'osservanza dell'obbligo di fermarsi, dipende da diversi fattori, primo fra tutti la velocità di marcia. A velocità elevate, corrisponde una diminuzione del rispetto dell'obbligo di fermata; a velocità inferiori, corrisponde invece un maggiore rispetto dell'obbligo di fermata. È documentato poi un aumento delle fermate in prossimità di passaggi pedonali molto frequentati, mentre non esistono dati relativi alla situazione ai passaggi pedonali scarsamente frequentati.
Un altro parametro importante è relativo all'arredo stradale. Gli elementi in rilievo, in particolare le isole spartitraffico, risultano essere fra le misure più efficaci ai fini della sicurezza. Una corretta analisi del comportamento di fronte ad un passaggio pedonale non dovrebbe limitarsi unicamente ad analizzare ciò che avviene sulle strisce ma dovrebbe considerare l'intorno nella sua complessità. Andrebbero considerati anche altri elementi, fra cui i percorsi pedonali che conducono al punto di attraversamento.

In una seconda fase sono state scattate degli immagini con uno scanner laser orizzontale. Questa tecnologia consente il rilevamento simultaneo del movimento di diversi utenti del traffico, registrando sia la direzione di movimento che la velocità ad essi relativa. Questo nuovo metodo di rilevamento, potenzialmente promettente, è stato utilizzato solo per test iniziali a causa delle difficoltà incontrate nello sviluppo di hardware e software. La azienda stessa che per prima aveva sviluppato queste tecnologie, ha rinunciato alla ricerca nel settore. Una seconda azienda, sottostimando la complessità della sfida, non ha raggiunto risultati apprezzabili sia da un punto di vista economico che temporale.

Attraverso la ripresa video di 10 differenti situazioni relative a passaggi pedonali sono state valutate 1500 interazioni tra pedoni e conducenti. Questo metodo è risultato molto efficace: le singole sequenze dei video possono essere visionate più volte, consentendo la valutazione di comportamenti anche complessi. Ciònonostante non si deve sottovalutare l'eccessivo impiego di tempo che l'operazione richiede.
Attraverso analisi quantitative e statistiche si sono raggiunti interessanti risultati relativi a molteplici comportamenti davanti alle strisce pedonali.
Si è potuto dimostrare, in particolare, che le isole spartitraffico hanno effetti positivi sul comportamento dei pedoni:

- L'attraversamento sulle isole avviene per tratte.
- Il rispetto dell'obbligo di fermata da parte dei conducenti aumenta in modo significativo.
- Soprattutto in corrispondenza della seconda tratta si ravvisa un aumento della sicurezza, poichè i conducenti si fermano previdentemente ancor prima di esservi costretti.
- La comunicazione fra pedoni e conducenti migliora sensibilmente in presenza di isole spartitraffico. Ciò è dimostrato dal maggior numero di pedoni che, con un cenno, ringraziano i conducenti.

Per il rilevamento del numero di arresti in prossimità di strisce pedonali si è eseguita anche una serie di test utilizzando una persona a livello sperimentale. Questa doveva manifestare la sua intenzione di attraversare la strada sempre allo stesso modo. Il comportamento dei conducenti, in special misura il numero degli arresti effettivi, veniva protocollato. In totale sono state eseguite 180 interazioni in prossimità di 5 diversi attraversamenti pedonali. Come nel caso delle riprese video, per questo test sono state scelte le stesse strisce pedonali. Il confronto tra l'analisi dei video e i resoconti delle osservazioni sul campo relative a questi test mostrano risultati sostanzialmente analoghi, anche se nei test il numero degli arresti -condizionato dal metodo scelto- si rivela però generalmente di poco inferiore.

1. Einleitung

Die Erhöhung der Verkehrssicherheit am Fussgängerstreifen ist ein zentrales Ziel der Verkehrssicherheitsarbeit zu Gunsten der Fussgängerinnen und Fussgänger[1]. Obwohl die Unfälle am Fussgängerstreifen relativ häufig sind, ist die Interaktion zwischen Lenkenden und Fussgänger noch wenig erforscht. Lücken bestehen einerseits im methodischen Bereich (welche Parameter sind wichtig und müssen betrachtet werden, wie können diese Parameter erfasst werden) andererseits gibt es kaum statistisches Material zum Verhalten. Daten sind einzig über das Unfallgeschehen vorhanden, nicht aber über den Ablauf einer "normalen" Querung.

Der Fonds für Verkehrssicherheit hat das vorliegende Forschungsprojekt finanziert, um neue Methoden zu testen und quantitative Resultate aufzuarbeiten und damit neue Erkenntnisse zum Querungsverhalten zu gewinnen.

Nach einem kurzen Überblick über das Unfallgeschehen und einer Literaturanalyse werden drei Methoden vorgestellt.

Die Aufnahmen mit einem Horizontallaserscanner standen beim Start des Projektes im Zentrum. Sie erlauben das gleichzeitige Erfassen verschiedener Verkehrsteilnehmer, deren Bewegungsrichtung und deren Geschwindigkeit. Obwohl dieser Erfassungsmethode ein grosses Potenzial zugeschrieben werden kann, blieb, aufgrund von Schwierigkeiten mit der Entwicklung der Hard- und Software, die Testreihe in der Versuchsphase stecken. Für die weitere Forschungsarbeit musste daher ein Methodenwechsel vorgenommen werden.

Die zweite Methode basiert auf Videoaufnahmen. Hier wurden bei zehn verschiedenen Situationen am Fussgängerstreifen 1'500 Interaktionen zwischen Lenkenden und FussgängerInnen ausgewertet. Diese Methode erlaubte es, verschiedene Verhaltensmuster sowie die Typisierung der Fussgänger gleichzeitig zu erfassen und in einer Analyse einander gegenüber zu stellen.

Als ergänzende Methode wurden Beobachtungen protokolliert, bei welcher eine Versuchsperson in einer definierten Weise die Strasse querte.

Folge dieses Methodenwechsels war dann auch, dass sich das Forschungsteam verstärkt mit den Möglichkeiten und Grenzen der verschiedenen Forschungstechniken auseinandersetzte und hier neue Erkenntnisse vorlegen kann.

Mit der Videomethoden und -analyse konnten interessante Verhaltensmerkmale erfasst und interpretiert werden. Die Videoanalysen sind zwar mit einem relativ hohen personellen Aufwand verbunden. Die Methodik der Visionierung erlaubt es aber auch, Auffälligkeiten nachträglich zu erfassen und neue Thesen während der Auswertung zu formulieren. Zudem bietet sie die Möglichkeit, das Forschungsmaterial anschaulich aufzubereiten.

Der Bericht zeigt auf, dass die Interaktion zwischen Fahrzeuglenkenden und Zufussgehenden sehr vielfältig ist und noch viele Fragen unbeantwortet bleiben.

Eine Begleitgruppe, bestehend aus Experten verschiedener Fachrichtungen, diskutierte die Resultate und lieferte wertvolle Inputs. Sie traf sich zu vier Sitzungen (Zusammensetzung der Begleitgruppe siehe Impressum).

---

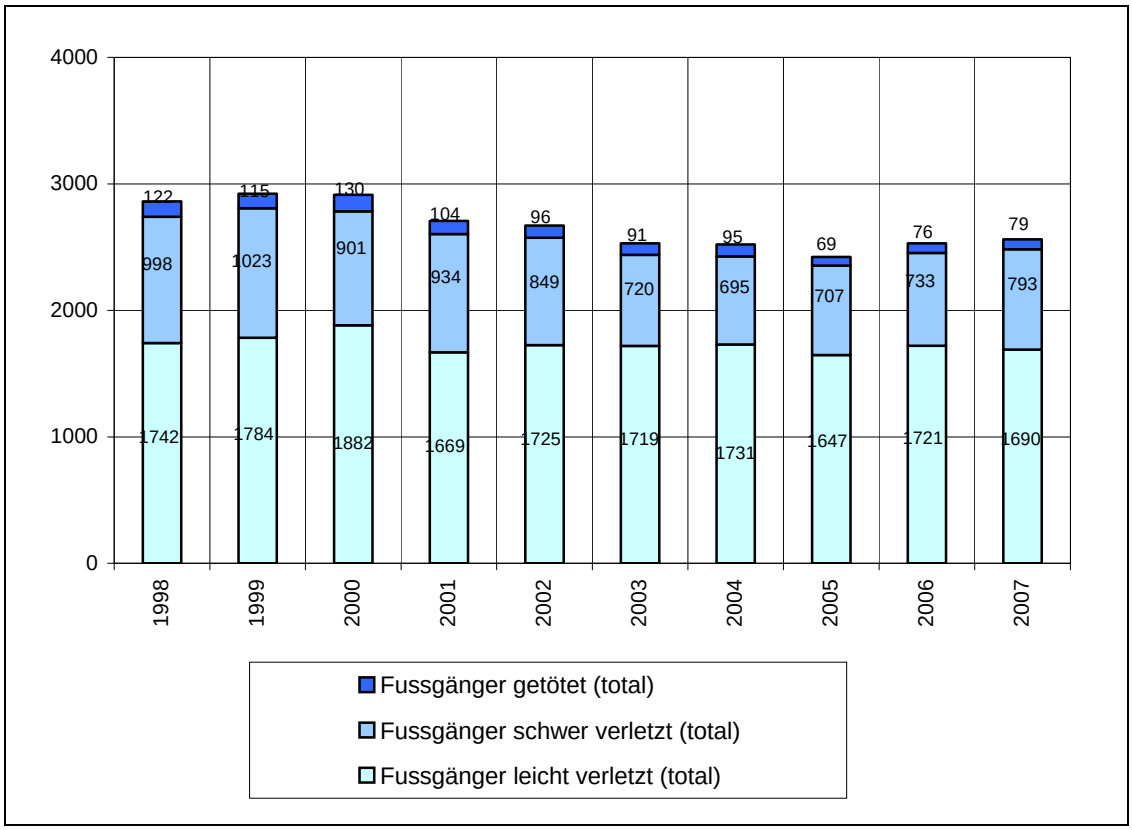
[1] Aus Lesbarkeitsgründen wurde oftmals nur die männliche Form verwendet.

2. Unfälle mit Fussgängerbeteiligung

2.1 Allgemeines

Fussgängerunfälle mit getöteten oder schwer verletzten Personen nahmen bis 2003 ab. Seither stagnieren aber die Unfallzahlen. Zwischen 2003 und 2007 wurden jährlich durchschnittlich 730 Personen als Fussgänger schwer verletzt und 82 getötet. Der Anteil der schwer verletzten und getöteten Fussgänger am gesamten Unfallgeschehen beträgt damit 14%. Im Vergleich von 18 europäischen Ländern liegt die Schweiz in Bezug auf die getöteten Fussgänger pro 1 Mio. Einwohner an neunter Stelle. Dieses schlechte Abschneiden der Schweiz muss etwas relativiert werden, da in der Schweiz häufiger zu Fuss gegangen wird und damit die Exposition erhöht ist.[2]

Grafik 1: Fussgängerunfälle in der Schweiz 1998 - 2007



Quelle: Bundesamt für Statistik, jährliche Publikation der Unfallzahlen (eigene Darstellung)

90% der schweren Fussgängerunfälle finden innerorts statt. Ausserorts sind die Verletzungen jedoch schwerer. Unfälle sind auf Haupt- und Nebenstrassen etwa gleich häufig, die case fatality ist auf Hauptstrassen jedoch doppelt so hoch wie auf Nebenstrassen. Je gerader und freier die Strecke, desto höher ist die Unfallquote. Zwei Drittel aller Unfälle mit Zufussgehenden finden auf geraden, freien Strecken statt.[3]

---

2 Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu, 2007, Sicherheitsdossier 03 Fussverkehr; Unfallgeschehen, Risikofaktoren und Prävention, Seite 97ff.

3 ebenda

2.2 Fussgängerunfälle bei Querungen

Tabelle 1: Schwer verletzte und getötete Fussgänger nach Unfalltyp Durchschnitt 2000 - 2004

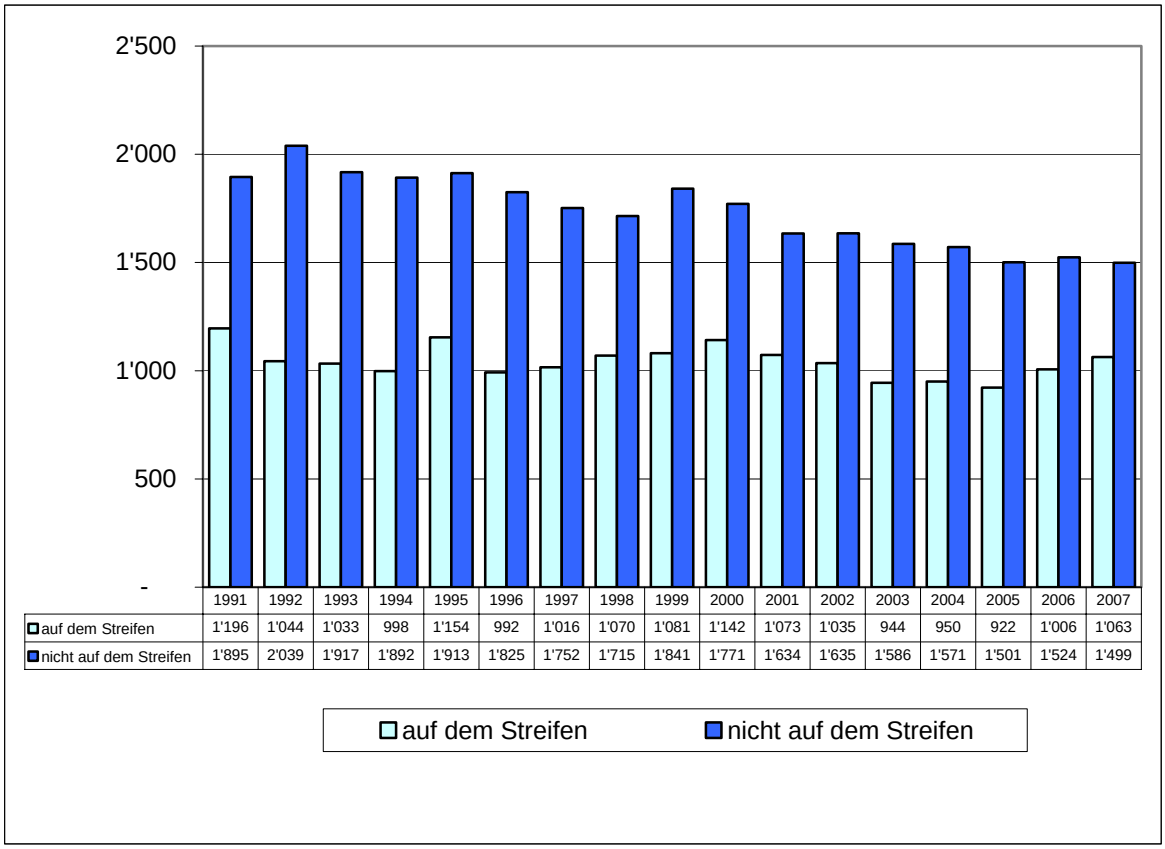
	Getötet		Schwer verletzt		Total	
	absolut	**In %**	**absolut**	**in %**	**absolut**	**In %**
beim Queren auf Streifen	36	35%	285	35%	321	35%
beim Queren nicht auf Streifen	32	32%	307	37%	339	37%
weitere Fussgängerunfälle	34	33%	228	28%	262	28%
Total	**102**	**100%**	**820**	**100%**	**922**	**100%**

Quelle: Bundesamt für Statistik, jährliche Publikation der Unfallzahlen (bfu 2007. S.92)

Über 70% der schweren und tödlichen Verletzungen der Fussgängerinnen und Fussgänger sind Querungsunfälle, die Hälfte davon geschehen auf dem Streifen.

2.3 Unfälle auf dem Fussgängerstreifen

Grafik 2: Fussgängerunfälle auf dem Streifen / nicht auf dem Streifen



Quelle: Bundesamt für Statistik, jährliche Publikation der Unfallzahlen (eigene Darstellung)

Unfälle

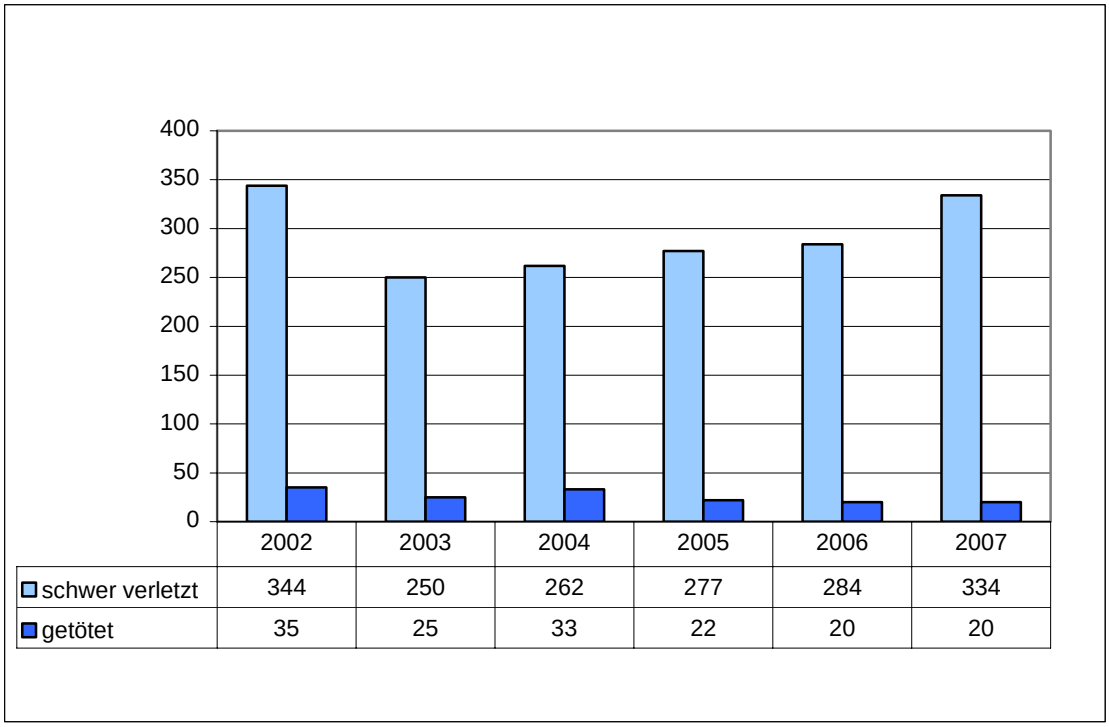
In den letzten 15 Jahren konnte die Zahl der Fussgängerunfälle ausserhalb der Streifen[4] gesenkt werden. Die Zahl der Unfälle auf dem Streifen stagniert jedoch seit einigen Jahren. Seit 2002 ist sogar wieder eine Zunahme zu verzeichnen. Besorgniserregend ist die Zunahme der schweren Unfälle.

Schwerverletzte

Im Jahre 2003 konnte mit 250 Schwerverletzten der tiefste Wert seit Jahrzehnten verzeichnet werden (vgl. Grafik 3). Danach stiegen die Zahlen aber wieder an. Die Zahl der Getöteten schwankt von Jahr zu Jahr stark. Aber auch hier scheint der Abnahmetrend gebrochen. Die Zahl der Getöteten stagniert.

Die Zunahme der Schwerverletzten in den letzten fünf Jahren lässt vermuten, dass es sich nicht um eine vorübergehende statistische Zufälligkeit handelt.

Grafik 3: Schwerverletzte und getötete FussgängerInnen auf dem Streifen 2002 - 2007



	2002	2003	2004	2005	2006	2007
schwer verletzt	344	250	262	277	284	334
getötet	35	25	33	22	20	20

Quelle: Bundesamt für Statistik, jährliche Publikation der Unfallzahlen (eigene Darstellung)

[4] Eine Aufteilung zwischen Querungen und übrigen Unfällen liegt für diese Periode nicht vor.

3. Zielsetzungen und Methodik

Das Forschungsprojekt "Verhalten am Fussgängerstreifen" hat zum Ziel, den Vorgang "Fussgängerquerung“ vertieft zu untersuchen. Eine Vielzahl von Querungen soll statistisch erfasst und hinsichtlich unterschiedlicher Merkmale ausgewertet werden.
Aus den gewonnen Rohdaten sollen riskante und gefährliche Verhaltensweisen eingegrenzt werden. Damit wird eine Grundlage geschaffen für wirkungsvolle und zielgerichtete Kampagnenarbeit, welche sich sowohl an die Fahrzeuglenkenden als auch an die Fussgänger richten soll.
Bei den Fussgängern stehen Gehverhalten, Gehgeschwindigkeit, Warteverhalten usw. im Zentrum. Bei den Fahrzeuglenkenden werden namentlich die Anhaltequoten, die Geschwindigkeit und das Bremsverhalten erfasst.

Im folgenden wird die methodische Herangehensweise kurz beschrieben.

- In der Literaturanalyse (Kap. 4) werden verschiedene Studien zum Verhalten am Fussgängerstreifen gesichtet. Dabei wird insbesondere auf methodische Aspekte – Erfassen des Verhaltens – sowie auf Aussagen zum konkreten Verhalten bzw. zu gefährlichen Situationen fokussiert.
- In einer ersten Erhebungsphase (Kap. 5) wurde die Hard- und Software des Lasererfassungsgerätes entwickelt. An verschiedenen Fussgängerstreifen wurden Testaufnahmen vorgenommen.
- In einer zweiten Erhebungsphase (Kap. 6) wurden Video-Aufnahmen an Fussgängerstreifen gemacht und quantitativ ausgewertet. Dabei wurden zufällig anwesende Fussgänger erfasst.
- Die Ermittlung der Anhaltequote mit standardisiertem Verfahren durch eine Testperson wurde als zusätzliche Methode getestet und ausgewertet (Kap. 7).

4. Literaturanalyse

In der Literatur bestehen einige Aussagen zum Unfallgeschehen, zu Einflussgrössen und Risikofaktoren. Die Literatur bezüglich des konkreten Fussgänger- und Lenkerverhaltens ist aber weniger umfangreich und oft nicht genügend detailliert aufgeschlüsselt. Dennoch lassen sich bereits aus der Literatur einige wichtige Erkenntnisse gewinnen. Neben der deutschsprachigen Literatur wurde insbesondere das Journal "Accident Analysis and Prevention" vom Elsevier Verlag (ISSN: 001-4575) gesichtet. Die Literaturanalyse wird nach verschiedenen Teilaspekten aufgegliedert, entsprechend der nachfolgenden Feldforschung.

4.1 Allgemeine Untersuchungen zu Ursachen und Einflussgrössen

ASTRA Expertengruppe Verkehrssicherheit, 1998, Tödliche Verkehrsunfälle auf Fussgängerstreifen, Bern

Die Studie analysert 52 Fussgängerunfälle auf dem Streifen mit tödlichem Ausgang. Dabei wird in 80% der Fälle dem Lenker bzw. der Lenkerin die Missachtung der Anhaltepflicht vorgeworfen.

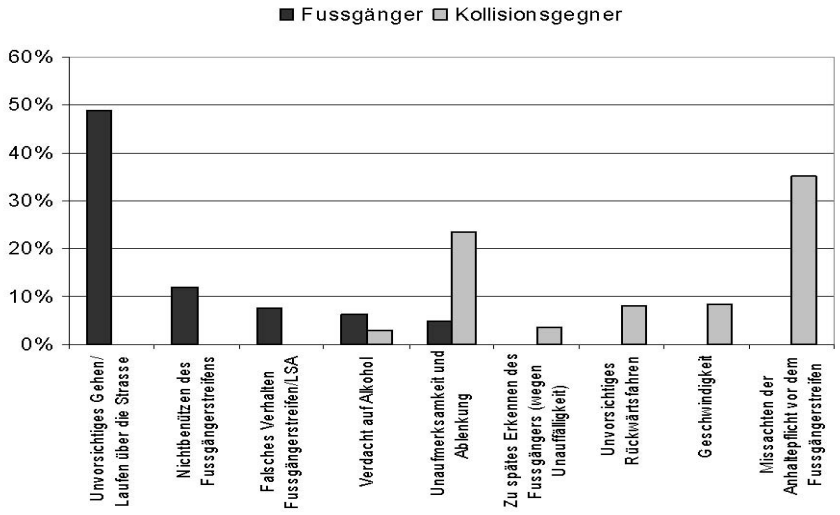
- 18 Unfälle ereigneten sich auf der ersten Fahrbahnhälfte, 22 in der Mitte oder auf den letzten Metern, für die übrigen liegen keine Angaben vor.
- Auf Querungen mit Mittelinsel sind auf der zweiten Fahrbahnhälfte lediglich 2 Unfälle zu verzeichnen.

bfu, Walter Esther u.a. 2007, Sicherheitsdossier Fussverkehr, Unfallgeschehen, Risikofaktoren und Prävention, Bern

Im Sicherheitsdossier Fussverkehr der bfu sind die Einflussgrössen und Risikofaktoren ausführlich beschrieben. Die Auswertungen der Unfälle mit Fussgängerbeteiligung in der Schweiz stützen sich dabei auf die Unfallstatistik des Bundesamtes für Statistik. Basis für diese Statistik bilden die schweizerweit einheitlichen Unfallaufnahmeprotokolle. Es wird jedoch gleichzeitig kritisch angemerkt, dass diese Protokolle über die tatsächlichen Ursachen nur ungenügend Auskunft geben. Aufgrund der vorgegebenen Rubriken seien nur grobe Aussagen möglich.
Dennoch liefert diese Statistik wichtige Aspekte:

- Bei 54% der Unfälle werden ausschliesslich die Kollisionsgegner (Fahrzeuglenkende) der Zufussgehenden bemängelt, bei 28% ausschliesslich die Zufussgehenden. Bei den übrigen Fällen wurde das Verhalten beider Verkehrsteilnehmenden bemängelt.
- Die häufigste Ursache auf Seiten der Lenker ist "Missachten der Anhaltepflicht vor dem Fussgängerstreifen“.
- Bei den Fussgängern wird "Unvorsichtiges Gehen/Laufen über die Strasse“ als wichtigste Ursache genannt.

Grafik 4: Wichtigste Unfallursachen bei schwer verletzten und getöteten Fussgängern und deren Kollisionsgegnern 2000 - 2004



Quelle: bfu 2007, S. 111

Tabelle 2: Vortrittsmissachtung am Fussgängerstreifen nach Fahrzeugtyp.

	Personenwagen	Motorrad	Mofa	Velo	Sachentransport-fahrzeug	Bus	Andere	Total
Missachten der Anhaltepflicht vor dem Fussgängerstreifen	39 %	26 %	18 %	17 %	29 %	27 %	15 %	35 %

Quelle: bfu 2007, S. 114

Das Missachten der Anhaltepflicht vor dem Fussgängerstreifen ist bei Personenwagen mit 39% häufiger Ursache eines Unfalls als bei anderen Verkehrteilnehmenden.

Tabelle 3: Vortrittsmissachtung am Fussgängerstreifen nach Alter

	Kinder (0–17)	Erwach-sene (18–64)	Senio-ren (65+)	Total
Missachten der Anhaltepflicht vor dem Fussgängerstreifen	11.4 %	34.8 %	46.3 %	35.2 %

Quelle: bfu 2007, S. 115

Bei Senioren macht das Missachten der Anhaltepflicht sogar 46% aller Unfallursachen aus.

Fontaine, H. and Gourlet, Y. (1996) Fatal pedestrian accidents in France: A typological analysis. Accident Analysis and Prevention, vol. 29, no. 3, pp. 303-312.

Diese Studie ist eine umfassende Analyse der tödlichen Unfälle in Frankreich im Zeitraum von März 1990 bis Februar 1991. Ziel war dabei die Klassifikation der Opfer und der Begleitumstände der Unfälle bzw. des Umfeldes, in dem diese geschahen. Als Ergebnis wurden vier zentrale Opfer-Umfeld-Kombinationen identifiziert:

- Ältere Fussgänger, beim Überqueren von Strassen, in städtischen Gebieten
- Kinder, tagsüber, in städtischen Gebieten, beim Spielen oder Rennen
- Fussgänger, unter Einfluss von Rauschmitteln, in den Nachtstunden, in ländlichen Gebieten, beim Gehen auf der Fahrbahn
- Fussgänger, welche in Sekundärunfälle oder in Unfälle beim Wechsel des Verkehrsmittelns involviert waren.

Lee, C. and Abdel-Aty, M. (2005) Comprehensive analysis of vehicle-pedestrian crashes at intersections in Florida. Accident Analysis and Prevention, vol. 37, no. 5, pp. 775-786.

Baisis bildet eine Analyse der Fussgängerunfälle in Florida (USA) über einen Zeitraum von vier Jahren (1999 bis 2002). Hauptziel der Arbeit war die Korrelation von Lenker- und Fussgängertypen mit Verkehrs- und Umfeld-Charakteristiken. Folgende Einflussfaktoren sind sehr stark mit der Unfallhäufigkeit und der Unfallschwere gekoppelt:

- Altersgruppe sowohl der Fussgänger als auch der Lenkenden
- Strassengeometrie
- Verkehrsvolumen zum Unfallzeitpunkt
- Umfeldbedingungen

Insbesondere bei hohen Verkehrsvolumen an Kreuzungen wurde eine deutliche Zunahme an Fussgängerunfällen festgestellt.

4.2. Betrachtungen zum Fussgänger-Verhalten

te Velde, A. F., van der Kamp, J., Barela, J. A. and Savelsbergh, G. J. P. (2005) Visual timing and adaptive behaviour in a round crossing simulation study. Accident Analysis and Prevention, vol. 37, no. 3, pp. 399-406.

Die Untersuchung befasst sich mit der Fähigkeit der Fussgänger, einschätzen zu können, ob die Strasse überquert werden kann und beurteilt das gewählte Gehverhalten der Fussgänger.
Alle Tests wurden unter Laborbedingungen durchgeführt. Für verschiedene Altersgruppen (Kinder, Erwachsene) wurden Befragungen durchgeführt. Es zeigte sich,

- dass die verbalen Einschätzungen nicht mit dem tatsächlichen Verhalten übereinstimmten, wobei keine altersspezifischen Unterschiede festgestellt werden konnten.
- dass alle Altergruppen den Entscheid, die Strasse zu überqueren aufgrund der Distanz zwischen ihnen und dem Fahrzeug sowie von der Geschwindigkeit des Fahrzeuges abhängig machten.
- Jüngere Kinder warteten länger am Strassenrand als ältere Kinder oder Erwachsene.
- Alle Gruppen passten ihre Gehgeschwindigkeit an den zu erwartenden Ankunftszeitpunkt des Fahrzeuges an.

Holland, C. and Hill, R. (2007) The effect of age, gender and driver status on pedestrians' intentions to cross the road in risky situations. Accident Analysis and Prevention, vol. 39, no. 2, pp. 224-237.

Die Studie analysiert den Einfluss von Alter, Geschlecht und Fahrausweisbesitz auf die Absicht der Fussgänger, eine Strasse in kritischen Situationen zu überqueren. Es konnte bestätigt werden, dass sich die so genannte "Theory of Planned Behaviour (TPB)" gut als Modell zur Absichtsvorhersage von Strassenquerungen eignet. Es zeigten sich die folgenden wesentlichen Erkenntnisse:

- Ältere Personen nehmen kleinere Risiken in Kauf.
- Je nach demografischer Gruppe haben die Modellparameter ein stark unterschiedliches Gewicht.

Empfohlen werden Massnahmen zur Erhöhung der Strassenverkehrssicherheit, welche spezifisch auf die relevanten Teilnehmergruppen zugeschnitten sind. Nur so kann hohe Wirkung erzielt werden.

Hamed, M. M. (2001) Analysis of pedestrians' behavior at pedestrian crossings. Safety Science, vol. 38, no. 1, pp. 63-82.

Diese Untersuchung geht spezifisch auf das Verhalten an Fussgängerstreifen ein. Die untersuchten Strassentypen umfassen Fahrbahnen mit und ohne Mittelinsel. Folgende Merkmale wurden dabei erfasst:

- Wartezeit am Strassenrand
- Anzahl Versuche, die Strasse zu überqueren

Als relevante Einflussgrössen konnten die folgenden Grössen identifiziert werden:

- Geschlecht
- Alter
- Anzahl Kinder im Haushalt
- Querungshäufigkeit
- Grösse der Gruppe, welche im gleichen Zeitraum die Strasse überquerte
- Autoverfügbarkeit im Haushalt
- Distanz des Fussgängerstreifen zum Zielort.
- Ob und wie ein Fussgänger früher in einen Unfall verwickelt war.

Folgende weitere Resultate wurden gefunden:

- Die Wartezeit, mit der ein Fussgänger rechnet hat einen starken Einfluss auf die Anzahl Querungsversuche und das Risikoverhalten.
- Bei Fussgängerstreifen mit einer Mittelinsel ist die Wartezeit für beide Fahrbahnen zusammen zu betrachten. Nach bereits langer Wartezeit auf der ersten Fahrbahnhälfte wird ein grösseres Risiko in Kauf genommen um die Wartezeit für die zweite Fahrbahnhälfte abzukürzen.

Oxley, J. A., Ihsen, E., Fildes, B. N., Charlton, J. L. and Day, R. H (2005) Crossing roads safely: An experimental study of age differences in gap selection by pedestrians. Accident Analysis and Prevention, vol. 37, no. 5, pp. 962-971.

Es wurde bei drei Altersgruppen (30-45 Jahre, 60-69 Jahre und >75 Jahre) untersucht, wie sich das Alter von Testpersonen auf die Einschätzung von (genügenden) Zeitlücken zwischen Fahrzeugen auswirkt.

Es zeigte sich, dass – unabhängig von der Altergruppe – die Einschätzung der Zeitlücken zwischen den Fahrzeugen

- primär auf der Distanz des Fahrzeuges zum Fussgängers und
- etwas weniger deutlich, von dessen Geschwindigkeit abhängt.
- Bei den unteren Altergruppen wurden sowohl die Distanz als auch die Geschwindigkeit der Fahrzeuge meistens richtig eingeschätzt.
- Es zeigte sich jedoch, dass ältere Personen (Altersgruppe >75 Jahre) die Distanzen häufig falsch einschätzten, was zu einem erhöhten Unfallfallrisiko führt.

Sisiopiku, V. P. and Akin, D. (2003) Pedestrian behaviors at and perceptions towards various pedestrian facilities: An examination based on observation and survey data. Transportation Research Part F, vol. 6, no. 4, pp. 249-274.

In dieser Studie wurden Beobachtungen und Befragungen in städtischen Gebieten in Michigan, USA durchgeführt und ausgewertet. Im Fokus standen verschiedene Typen von Fussgängerstreifen, insbesondere solche mit Mittelinsel. Folgende Erkenntnisse ergaben sich aus der Arbeit:

- Fussgängerstreifen, die nicht auf der Wunschlinie der Fussgänger liegen, werden schlecht akzeptiert (Beobachtung).
- Eine Ampelanlage erhöht die Bereitschaft der Fussgänger, die Strasse an den entsprechenden Stellen zu überqueren (Befragung).
- Eine relativ grosse Anzahl Fussgänger überquert die Strasse an Stellen, die nicht dafür vorgesehen sind (Grünflächen oder massive bauliche Hindernisse in Strassenmitte).

4.3 Betrachtungen zum Lenkerverhalten

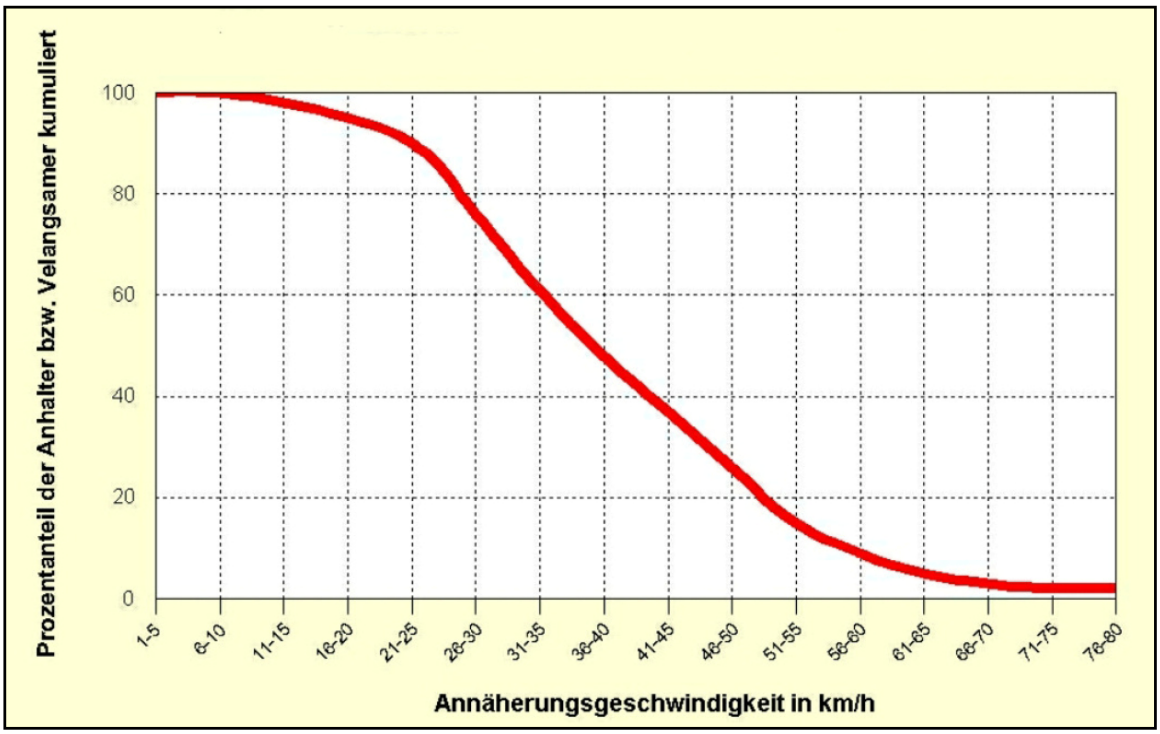
bfu, Ewert, Uwe 1997, Neue Regelung am Fussgängerstreifen: Verhaltensänderungen bei Fussgängern und Autofahrern, Einige Beobachtungsstudien

In dieser Studie wurde das Anhalteverhalten von Autolenkern vor und nach Einführung der neuen Regelung am Fussgängerstreifen (Abschaffung der Handzeichenpflicht 1994) protokolliert. Die Anhaltequote wurde nur bei denjenigen Interaktionen erhoben, in welchen der Vortritt dem Fussgänger klar gewährt oder klar verweigert wurde. Erwähnt wird hier auch ein recht häufig vorkommender Fall: Fussgänger, antizipieren bei der Annäherung an den Zebrastreifen das Verhalten der Lenkenden. Sie verlangsamen ihren Schritt, um die Lenker passieren zu lassen. Sie klären damit die Vortrittssituation zu ihren Lasten vermeiden aber auch selber zum Stehen zu kommen.
Eine anschliessende gesamtschweizerische, repräsentative Beobachtungsstudie ermittelte 1999 eine durchschnittliche Anhaltequote von 50% (Ewert, 1999).

Kuratorium für Verkehrssicherheit (kfv) 2006, Verkehrssicherheitsvergleich unterschiedlicher Varianten der Schutzwegausstattung, Wien

Gemäss einer Untersuchung an 20 ungeregelten Schutzwegen in Graz konnte ein enger Zusammenhang zwischen Annäherungsgeschwindigkeit und Anhaltequote der Lenker ermittelt werden. Darauf aufbauend wurde eine idealisierte Summenkurve abgeleitet.

Grafik 5: Annäherungsgeschwindigkeit und Anhaltequote beim Fussgängerstreifen



Quelle: Kuratorium für Verkehrssicherheit (kfv) 2006, S. 41

Je geringer die Annäherungsgeschwindigkeit des Fahrzeuges, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Fahrzeuglenker stehen bleibt und dem Fussgänger das ungefährdete Überqueren der Strasse ermöglicht. Umgekehrt sinkt mit steigender Fahrgeschwindigkeit die Anhaltequote und erreicht ab 60 km/h Werte von weniger als 10%.
Diese idealtypische Betrachtung ist noch unabhängig von weiteren Einflussfaktoren wie "Strassenumfeld“ "Verkehrssituation“ und "Ausstattung“. Diese Faktoren beeinflussen das Verhalten zusätzlich. Verschiedene Ausstattungsmerkmale von Fussgängerstreifen wurden in der Folge untersucht. Dabei wurde festgestellt, das insbesondere bauliche Massnahmen (Einengungen, Mittelinseln, Aufpflasterungen) das Lenkerverhalten beeinflussen und zu einer geringeren Annäherungsgeschwindigkeit führen.

Dietiker et al. 1994, Verstetigung des Verkehrs durch bauliche und organisatorische Massnahmen, TBA Kt. Bern

Aufgrund von Beobachtungen und Fahrversuchen in Zollikofen wurden bezüglich des Lenkerverhaltens vor dem Fussgängerstreifen folgende Aussagen formuliert:
"Die Verzögerung erfolgt in einem ersten Schritt auf eine – von der Ausgangsgeschwindigkeit unabhängige – so genannte Evaluationsgeschwindigkeit v_{eval} (etwa 25km/h). Hat das Fahrzeug diese Geschwindigkeit erreicht, wird entschieden, ob ein Bremsmanöver bis zum Stillstand eingeleitet werden muss oder ob die Störung bis zum Eintreffen am Ort der Störung verschwunden sein wird."
Nach dem Passieren der Störung wird wieder auf die Ausgangsgeschwindigkeit beschleunigt.
Das Bremsmanöver wird in einem Abstand von 50 bis 60m vor der Störung eingeleitet. Je höher die Ausgangsgeschwindigkeit ist, desto stärker ist die Verzögerung und desto höher die nachfolgende Beschleunigung.

bfu, Walter Esther u.a. 2007, Sicherheitsdossier Fussverkehr, Unfallgeschehen, Risikofaktoren und Prävention, Bern

"Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass die Anhaltemissachtung mit steigendem Fussgängerverkehr und niedrigeren Annäherungsgeschwindigkeiten abnimmt. Ausserdem spielen auch infrastrukturelle Eigenschaften eine Rolle. Die Anhaltemissachtung steigt durch den optischen Vorrang des motorisierten Verkehrs infolge überbreiter und gerader Fahrbahnen. Demgegenüber kann das Vorziehen des Trottoirs am Fussgängerstreifen den optischen Vorrang brechen. Auch durch eine geringe Beleuchtung in der Nacht kann die Anhaltemissachtung steigen." (S. 151).
Folgende Hauptursachen des Missachtens des Fussgänger-Vortrittsrechts am Fussgängerstreifen werden genannt:

- Übersehen von Fussgängern
- aber auch absichtliches Ignorieren von Fussgängern

Die Bedeutung der Vortrittsmissachtung am Fussgängerstreifen als Unfallursache ist höher als oft gedacht wird: 36% aller Motorfahrzeug-Fussgänger-Kollisionen, bei denen der Fussgänger schwer oder tödlich verletzt wird, gehen mit einer Missachtung der Anhaltepflicht vor dem Fussgängerstreifen einher.

Volkswirtschaftsdirektion des Kt. ZH, IVT-ETH, 2008, Versuch mit markierter Fussgängerschutzinsel, Zürich

In einem relativ umfangreichen Verkehrsversuch wurde der Einsatz einer markierten Fussgängerschutzinsel in Dielsdorf getestet. Auf einer Länge von 120m wurde das Geschwindigkeitsprofil gemessen. Im Vergleich Vorher-Nachher zeigte sich bei den Dorfauswärtsfahrenden eine Geschwindigkeitsreduktion von 1.5 - 2 %, bei den Dorfeinwärtsfahrenden eine Reduktion um 8% - 9%. Mit Lasergeräten wurde das Spurverhalten ermittelt. Dabei wurde festgestellt, dass der markierte Inselbereich nur selten und nur geringfügig (wenige cm) überfahren wurde. In keinem der ermittelten Fälle war gleichzeitig ein Fussgänger auf der Insel.

4.4 Infrastrukturelemente bei Querungen

Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kt. AG, Fussgängersicherheit im Kanton Aargau, 2008, Grundlagenbericht zu Fussgängerquerungen, Aarau

Aufgrund von Analysen kommt der Autor zum Schluss, dass die heute gültigen Normen für die Anlage und Markierung von Fussgängerstreifen dem Problem der Fussgängerquerung nicht gerecht werden. Zu viele Unfälle geschehen auch auf korrekt ausgerüsteten Fussgängerstreifen. Für die Optimierung der Sicherheit muss – über die Norm hinaus – das Erscheinungsbild und der Charakter der Strasse einbezogen werden. Die Gefahrenkognition sowohl des Lenkers als auch des Fussgängers muss der realen Querungssituation entsprechen. Dazu ist mit gestalterischen Elemente die Querungssituation optisch besser in den Strassenraum einzubinden. Als vermutlich Erfolg versprechende Ansätze werden Betriebs- und Gestaltungskonzepte genannt sowie Elemente, die sich nicht nur auf die Strasse, sondern auf das gesamte Umfeld beziehen.

bfu, Walter Esther u.a. 2007, Sicherheitsdossier Fussverkehr, Unfallgeschehen, Risikofaktoren und Prävention, Bern

Fussgängerschutzinseln sind eine hochwirksame Massnahme zur Erhöhung der Fussgängersicherheit, da sie die Komplexität beim Überqueren erheblich reduzieren. Die Autorin kommt jedoch

zum Schluss: "[Fussgängerschutzinseln werden] jedoch oft aus Kosten-, manchmal aus Platzgründen nicht realisiert (wobei bei engen Verhältnissen oft Platzmangel vorgeschoben wird, wenn in Wirklichkeit die Kosten für bauliche Anpassungen gescheut werden).“ (bfu S. 202)

Kuratorium für Verkehrssicherheit (kfv) 2006, Verkehrssicherheitsvergleich unterschiedlicher Varianten der Schutzwegausstattung, Wien

Die österreichische Studie untersucht verschiedene Ausstattungselemente am Fussgängerstreifen. Unter allen untersuchten Massnahmen sind bauliche Gestaltungsvarianten (Mittelinsel, Aufpflasterungen, etc.) am besten geeignet die Anhaltequote zu erhöhen und/oder die Annäherungsgeschwindigkeit zu verringern. Signalisierungen und Bodenmarkierungen sind teilweise geeignet, die Anhaltequote der Fahrzeuglenker zu erhöhen. Verschiedenen Formen von Beschilderungen, wie beispielsweise die am Verkehrszeichen “Schutzweg“ zusätzlich angebrachten blauweissen Baken bzw. Ergänzung der Verkehrszeichen mit gelb fluoreszierendem Hintergrund scheinen hingegen wirkungslos zu sein.

tcs, Pucci Thierry, 2007, Projet pilote tcs "securisation des passages piétons", Vernier

Mittels Video-Analysen wurde das Verhalten am Fussgängerstreifen untersucht. Im Fokus stand die Ergänzung von Fussgängerstreifen mit weissen Dreiecken auf der Fahrbahn, welche die Vortrittssituation verdeutlichen sollen (Haifischzähne) sowie die Markierung eines Wartebereichs auf dem Trottoir. Die Analyse zeigt eine durchschnittlich leicht erhöhte Anhaltequote mit der Zusatzmarkierung. Allerdings sind bei den verschiedenen untersuchten Beispielen und Zeitpunkten eine grosse Streuung der Werte und mitunter gegenteilige Werte festzustellen.
Beim Verhalten der Fussgänger wurde der Anteil derjenigen ermittelt, die vor Betreten des Fussgängerstreifens einen Sicherheitshalt einschalten. Auch hier zeigt die Studie einen leicht erhöhten Anteil von Sicherheitshalten, wenn der Wartebereich zusätzlich mit einer Randlinie gefasst wird.
Interessant ist die Analyse auch, weil sie verschieden ausgestattete Fussgängerstreifen umfasst. Bei Fussgängerstreifen mit Mittelinseln ist die Anhaltequote durchwegs höher.

Várhelyi, A. (1998) Drivers' speed behaviour at a zebra crossing: A case study. Accident Analysis and Prevention, vol. 30, no. 6, pp. 731-743. Lund (Schweden)

Diese Arbeit hatte folgende Ziele:

- Beobachtungen zur Anhaltquote am Fussgängerstreifen
- Untersuchungen zu den Geschwindigkeitsprofilen der Fahrzeuge im Bereich des Fussgängerstreifens
- Untersuchung, ob die Zeitdifferenz zwischen der Ankunft des Fussgängers und derjenigen des Fahrzeuges einen Einfluss auf das Geschwindigkeitsverhalten des Lenkers hat und
- Identifikation von so genannten idealen Situationen (Lenker bremst aus eigenem Antrieb und gewährt dem Fussgänger den Vortritt).

Die Studie ergab folgende Resultate:

- Die in der Studie ermittelte Anhaltequote beträgt lediglich 5%.
- Nur einer von vier Lenkern senkt die Geschwindigkeit, wenn ein Fussgänger sich auf den Fussgängerstreifen zu bewegt bzw. sich schon darauf befindet. Die restlichen Lenkenden behielten ihre Geschwindigkeit bei.
- Einzelne beschleunigten noch und gaben damit klar zum Ausdruck, dass sie keinen Vortritt gewähren wollen.

Im Fazit werden verschiedene Massnahmen diskutiert. Als zentral wird die Reduktion der Annäherungsgeschwindigkeit genannt. Warnhinweise 40–50m vor Fussgängerstreifen sind realistisch aber wenig wirksam. Schwellen sind wirksam aber auf übergeordneten Strassen kaum durchsetzbar. Geschwindigkeitsbegrenzer im Auto werden als mögliche Massnahme genannt. Sie ist aber noch im Entwicklungsstadium
Die Arbeit umfasst weiter wertvolle Informationen zu Geschwindigkeitsprofilen von Fahrzeugen in verschiedenen Situationen und ist damit eine der wenigen Arbeiten, welche dieses wichtige Thema behandelt.

4.5 Bilanz der Literaturanalyse

Untersuchungen welche auf Unfalldaten basieren, können nur diejenigen Parameter abbilden, die bei einem Unfall aufgenommen werden. Entsprechend unspezifisch sind somit die Aussagen zu den Unfallursachen bzw. zum Verhalten. Aussagen zum Verhalten beschränken sich oft auf die vorgegebenen Rubriken der Unfallaufnahmeprotokolle wie "Missachtung der Anhaltpflicht" oder "unvorsichtiges Gehen über die Strasse". Unfallstatistiken sind daher nicht geeignet für verhaltensspezifische Auswertungen. Die Unfallstatistik zeigt immerhin die Grössenordnung des Problems. Besonders betroffen sind ältere Menschen.

Einige Untersuchungen über das konkrete Fussgänger- und Lenkerverhalten thematisieren methodische Schwierigkeiten. So besteht beispielsweise eine grosse Diskrepanz zwischen den Resultaten, welche auf Befragungen beruhen und solchen, die auf Beobachtungen basieren. Für eine Analyse des tatsächlichen Verhaltens am Fussgängerstreifen zeigt sich, dass Befragungen ungeeignet sind.

Die Fussgänger passen ihr Verhalten dem Verkehrsgeschehen an. Sie verlangsamen beispielsweise den Schritt, um die Vortrittssituation frühzeitig zu klären. Risikobehaftetes Verhalten kommt vor allem dort vor, wo keine oder ungeeignete Querungs-Infrastruktur vorhanden ist. Hier sind insbesondere US-amerikanische Untersuchungen zu erwähnen, welche für die Verhältnisse in der Schweiz aber von geringer Relevanz sind, da nur bedingt übertragbar.

Das Lenkerverhalten, insbesondere die Beachtung der Anhaltepflicht, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Zentraler Faktor ist die Annäherungsgeschwindigkeit. Je höher diese Geschwindigkeit, desto geringer ist die Anhaltequote und umgekehrt. Je geringer die gefahrene Geschwindigkeit, desto höher die Anhaltequote. Bei stark frequentierten Fussgängerstreifen steigt die Anhaltequote. Über schwach frequentierte Fussgängerstreifen liegen keine Angaben vor. Fussgängerschutzinseln erhöhen die Anhaltequote.

Die Strassenraumgestaltung wird als weiterer wichtiger Parameter beschrieben. Bauliche Massnahmen, namentlich Mittelinseln, werden als hochwirksame Massnahme zur Verbesserung der Sicherheit genannt. Für eine Analyse des Verhaltens am Fussgängerstreifen soll die Betrachtung nicht eng auf den Fussgängerstreifen fokussiert werden, sondern die Situation grossräumiger angeschaut werden. Auch die Wege der FussgängerInnen vor der Querung sind zu betrachten.

5 Erfassung mit Horizontallaser

5.1 Vorbemerkungen zum Projektablauf

Ursprünglich stand die Erfassung der verschiedenen Verkehrsteilnehmenden mit einem Lasersensor (Horizontallaser) im Mittelpunkt der Forschungsarbeit.
Eine Softwarefirma[5] hatte ein Tool entwickelt, mit welchem es möglich ist, bewegte Objekte (Fahrzeuge und Fussgänger) in ihrer örtlichen Lage, ihrer Geschwindigkeit und ihren Dimensionen (Länge und Breite) zu erfassen. Der Lasersensor tastet die Umgebung in einem Umkreis von 20 – 30 Meter 38 mal pro Sekunde ab und liefert Daten in Echtzeit, so dass über jedes Objekt zu jedem Zeitpunkt präzise Informationen vorliegen. Mit geeigneten Software-Algorithmen lassen sich verschiedenste Daten erfassen:

- Messung des Verkehrsflusses, wobei gleichzeitig die Geschwindigkeit und die geometrischen Angaben (Koordinaten) der Objekte erfasst werden
- Erfassen von wartenden Autos und Personen (z.B. bei Verkehrsampeln)
- Erfassen von Verkehrsverhalten (z.B. Spurverhalten, Vortritt etc.)
- Überwachung von Sicherheitsabständen zwischen Fahrzeugen oder Fahrzeugen und Fussgängern
- Zählen von Fahrzeugen und Fussgängern.

Die Informationen können für definierte Zeitintervalle summiert und gespeichert werden.
Für das Forschungsprojekt war vorgesehen, das bestehende Software-Paket im Bereich der Fussgänger-Lenker-Interaktion zu verbessern und gleichzeitig quantitative Analysen über längere Zeit (Wochenmessungen) durchzuführen. Aus der geometrischen Analyse sollten sicherheitsrelevante verhaltensspezifische Algorithmen abgeleitet werden.

LOTraffic-Standard-Installation in Schutzpfosten integriert

Verschiedene Lasergeräte standen bereits im Einsatz. Für die Erfassung von Verkehrsdaten im Bereich von Fussgängerstreifen stand ein Lasersensor, der in einen Schutzpfosten integriert war zur Verfügung.
Kurz nach Projektstart teilte uns die Softwarefirma mit, dass die Entwicklung der für uns relevanten spezifischen Software eingestellt worden sei. Von der Einstellung der Softwareentwicklung war

[5] LogObject mit der Software LOTraffic© in Zürich

auch ein zweites, ähnlich gelagertes Forschungsprojekt betroffen.[6] Gemeinsam suchten wir einen neuen Partner mit entsprechendem Know-how.
Nach einigen Abklärungen konnte schliesslich ein neuer Partner gefunden werden, welcher ebenfalls auf die Entwicklung von Software für Laserscanner spezialisiert ist.[7]
Die erste Testversion sah viel versprechend aus, so dass wir mit dem Projekt – mit ca. einem Jahr Verzögerung – starten konnten. In der Folge zeigten sich aber erhebliche Probleme, die in ihrem Umfang unterschätzt wurden. So galt es nicht nur die Software, sondern auch hardwareseitig ein entsprechendes Gerät zu entwickeln. Das Messgerät sollte eine Woche unbeaufsichtigt betrieben werden können. Dies bedeutete Abklärungen bezüglich Stromversorgung, Vandalensicherheit, Datenübertragung usw.
Zusätzlich bestanden noch patentrechtliche Probleme. Da die ursprüngliche Firma ihre Entwicklung patentiert hatte, musste dieser Umstand bei der Neuentwicklung berücksichtigt werden.

Im Jahr 2006 wurden verschiedene Testmessungen vorgenommen und die Hard- und Software Schritt für Schritt weiter entwickelt. Bei jedem Schritt zeigten sich aber neue Probleme, die nur mit einem relativ grossen Aufwand zu lösen waren. Einerseits wurde der Aufwand für die Entwicklung der Hardware unterschätzt, andererseits konnte die Anforderung an die Zuverlässigkeit des Systems nicht befriedigt werden. Zu viele Messfehler, die nicht genügend plausibel eingegrenzt werden konnten, mussten jeweils in einer manuellen Nachbearbeitung ausgeschieden werden. Nach einem Jahr Hard- und Softwareentwicklung wurde daher – insbesondere auch mit Blick aufs Budget – die Entwicklung gestoppt. Im Anhang sind der Stand der Entwicklung, der getätigten Feldversuche kurz dargestellt.

5.2 Auswertung

Auswertung und Softwareentwicklung erfolgten in mehreren Schritten. Nach jeder Auswertung wurde die Plausibilität der Daten abgeschätzt und die Situationen abgespielt. Aufgrund der visuellen Darstellung wurden Probleme eingegrenzt und das Software-Tool weiterentwickelt. Anschliessend mussten die Rohdaten wiederum neu aufbereitet werden.
An fünf verschiedenen Orten wurden Aufnahmen gemacht. Acht verschiedene Zeiteinheiten wurden ausgewertet. Die Resultate sind in Tabelle 4 dokumentiert.
In **Baar** waren von 4045 erfassten Verkehrsteilnehmenden 391 FussgängerInnen. Diese waren an 74 Begegnungsfällen beteiligt. Das ergibt einen Anteil von 19%. D.h. jeder fünfte Fussgänger ist in einen Begegnungsfall mit einem Fahrzeuglenkenden involviert.
Beim **Bahnhofquai** wurden insgesamt 7200 Verkehrsteilnehmende erfasst. Davon waren 30% zu Fuss unterwegs. Die Zahl der Begegnungsfälle beträgt 263. Hier konnte keine Detailauswertung gemacht werden, da sich die Fahrzeuge aufgrund der Situation mit der Unterführung zu wenig lange im Sichtfeld des Lasers befanden.
An der **Zentralstrasse** in Luzern wurden insgesamt 8800 Verkehrsteilnehmende erfasst. Hier lag der Fussgängeranteil bei 17%, welche insgesamt 161 Begegnungsfälle auslösten. Eine Analyse der Relevanz ergab, dass 40 Fälle als relevante Begegnungsfälle eingestuft werden konnten. Davon wurden in 31 Fällen dem Fussgänger der Vortritt gewährt. Auch hier zeigte sich, dass allein aufgrund der Laserdaten weitergehende Aussagen schwierig sind.

---

6 Ein anderer Forschungsauftrag, welcher sich ebenfalls auf diese Software stützte, wurde am Institut für Verkehrs- und Transporttechnik an der ETH Zürich durchgeführt.

7 Firma ECTN in Buochs NW

Tabelle 4: Aufgearbeitete Darstellung der Laseraufnahme

	ausgewertete Zeitspanne	PW	LW	Zweirad	Fussgänger	unbekannt	Total	Anzahl Begegnungsfälle	Anteil Begegnungsfälle pro Fussgänger
Baar	3h	2626	83	934	391	11	4045	74	19%
Frequenzen pro h		875	28	311	130	4	1348		
Modal Split		65%	2%	23%	10%	0%	100%		
Bahnhofquai Zürich	2.5h	3402	182	1492	2194		7270	263	12%
pro h		1361	73	597	878		2908		
Modal Split		47%	3%	21%	30%	0%	100%		
Zentralstrasse Luzern	2.25h	4049	1480	1820	1480		8829	161	11%
Frequenzen pro h		1816	664	816	664	0	3959		
Modal Split		46%	17%	21%	17%	0%	100%		
Schlösslihalden Luzern I	3h	2446	312	48	60	1	2867	1	2%
Frequenzen pro h		815	104	16	20	0	956		
Modal Split		85%	11%	2%	2%	0%	100%		
Schlösslihalden Luzern II	2h	968	32	83	53		1136	0	0%
Frequenzen pro h		484	16	42	27	0	568		
Modal Split		85%	3%	7%	5%	0%	100%		
Zeltweg Zürich A	3 Tage	50137	1986	11761	2172	2	66058	292	13%
Frequenzen pro h		696	28	163	30	0	917		
Modal Split		76%	3%	18%	3%	0%	100%		
Zeltweg, Zürich I	20 min	359	15	81	79		534	31	39%
pro h (11 - 12 Uhr)		1077	45	243	237	0	1602		
Modal Split		67%	3%	15%	15%	0%	100%		
Zeltweg, Zürich II	20 min	549	12	81	67		709	33	49%
pro h (11 - 12 Uhr)		1647	36	243	201	0	2127		
Modal Split		77%	2%	11%	9%	0%	100%		

An der **Schlösslihalde** in Luzern wurde nicht die gesamte Wochenmessung ausgewertet. Die Datenlage zeigte, dass dieser Standort bzw. der Zeitpunkt mitten in den Sommerferien für eine Auswertung nicht geeignet war. In einem ersten Schritt wurden 2 bzw. 3 Stunden ausgewertet. Der Fussgängeranteil liegt hier bei 2 – 5%. Es zeigte sich, dass Begegnungsfälle sehr selten auftraten, da einerseits viele erfasste Fussgänger die Strasse nicht querten, andererseits Leute neben dem

Streifen querten und die bezüglich Querung relevanten Fussgänger ihre Querung so verzögern oder beschleunigen, dass es kaum zu Begegnungsfällen kam.

Am **Zeltweg** in Zürich wurde ebenfalls eine Wochenmessung vorgenommen. Ausgewertet wurden 3 Wochentage von Montag morgen bis Donnerstag morgen. In dieser Zeit wurden 66'000 Verkehrsteilnehmende erfasst. Mit 2170 Zufussgehenden liegt der Anteil deutlich tiefer als an anderen Orten. Eine Nachevaluation ergab, dass der Trottoirbereich ungenügend erfasst wurde. Knapp 400 Begegnungsfälle wurden hier registriert. Mit einer Testperson wurden zusätzliche Begegnungsfälle provoziert. Sie querte während zweimal 20 Minuten die Strasse immer dann, wenn ein Auto nahte. So konnten durchschnittlich 2 Begegnungsfälle pro Minute erzeugt werden. In den ersten 20 Minuten querte die Testperson, indem sie den Blickkontakt zum Fahrzeuglenker suchte. In den nächsten 20 Minuten querte sie ohne Blickkontakt zu suchen, indem sie nur am Strassenrand stand und den Blick auf die andere Strassenseite richtete.
Die Querung mit Blickkontakt führte zu deutlich höheren Anhaltequoten. Auch hier zeigte sich, dass die Wahrnehmung vor Ort über die Vortrittssituation bzw. über verweigerte Vortritte sich nur ungenügend in den Laserdaten abbilden lassen. Zwar sind die Laserdaten als quantitative Auswertung hilfreich, doch sollte für eine detailliertere Auswertung auf Bildmaterial zurückgegriffen werden können.

Alle Begegnungsfälle mussten sodann weiter spezifiziert und detailliert ausgewertet werden. Nicht alle als Begegnungsfälle identifizierte Fälle sind für unsere Fragestellung relevant. So ist in einer Kolonne zunächst nur das erste Auto für die Gewährung des Vortritts relevant. Hält der Lenker an, so sind alle hinter ihm fahrenden bzw. stehenden Fahrzeuge nicht mehr relevant. Diese werden jedoch vom Programm ebenfalls als Begegnungsfälle erfasst. Fährt das vorderste Fahrzeug durch, so wird das zweite Fahrzeug für die Gewährung des Vortritts relevant.

Nicht relevant sind auch Begegnungsfälle in denen der Fussgänger den Warteraum nur längs durchschreitet (ohne zu queren) oder aber wenn er sich bereits auf der zweiten Hälfte der Fahrbahn befindet und das Auto hinter ihm vorbei fährt.
Die Einstufung der Relevanz musste daher von Hand vorgenommen werden. Für das Beispiel Baar sind von 74 Begegnungsfällen 23 als relevante Vortrittssituation einzustufen. In 19 Fällen wurde der Vortritt gewährt. In 4 Fällen fuhr das Fahrzeug durch. Hier zeigte sich, dass in vielen Fällen allein aufgrund der Laserdaten noch nicht schlüssig nachgewiesen werden konnte, ob es sich dabei um eine Verletzung des Vortrittsrechtes handelt. Solange sich der Fussgänger längs im Warteraum bewegt, ist unklar, ob er bereits "erkennbar" die Fahrbahn beschreiten will. In anderen Fällen war das Fahrzeug bereits kurz vor dem Streifen und war daher nicht mehr verpflichtet anzuhalten.

5.3 Erkenntnisse der Lasermessung

Es hat sich gezeigt, dass die Komplexität der Versuchsanlage und der Messung, das heisst die Schwierigkeiten von Hardware, Spiegelungen und Abschattungen sowie die Probleme bei der Erfassung, Aggregierung und Aufbereitung der Daten unterschätzt wurden. Dennoch können aus den bisherigen Entwicklungsschritten und den aufgearbeiteten Resultaten einige wichtige vorläufige Erkenntnisse gewonnen werden.

- Mit dem Lasersensor sind in kurzer Zeit eine grosse Menge von Informationen gleichzeitig erfassbar. Dies erlaubt grundsätzlich ein **grosses Spektrum von wissenschaftlichen Auswertungsmöglichkeiten**. Das Gerät ist insbesondere für die Analyse von Fahrzeugverhalten (PW, LW) geeignet. Damit können Geschwindigkeitsprofile, das Spurverhalten,

Abstandsverhalten und vieles mehr erfasst werden. Auch bezüglich Interaktionen ist der Lasersensor grundsätzlich geeignet.

- Für Interaktionen, die auf engem Raum und möglichst senkrecht zur Aufnahmerichtung stattfinden, ist der Lasersensor geeignet. Bezüglich Fussgängerquerung ergeben sich aber zwei Probleme:
- Aufnahmerichtung: Die Fahrzeuge, die auf das Gerät zufahren, befinden sich in einem ungünstigen Erfassungswinkel. Die Erfassungsgenauigkeit nimmt hier schnell ab. Weiter als 20m ist eine gesicherte Erfassung kaum möglich.
- Erfassungsbereich: Für die Interaktion bezüglich Fussgängerquerung wäre die Erfassung über eine Distanz von 50 bis 70m notwendig, denn bereits ab dieser Distanz beginnen die Interaktionen. Die Erfassung erst auf den letzen 30m bringt hier zu wenig Aussagekraft.
- Lösungsansatz: Für die Erfassung von grossräumigeren Interaktionen müsste mit mehr als einem Lasersensor gearbeitet werden. Dies ist grundsätzlich möglich. Für andere Anwendungen besteht bereits Software für das Zusammenspiel von mehreren Lasersensoren. Für die Erfassung von Verhaltensmustern von Fussgängern muss die Software noch entwickelt werden.

Fazit:

- Die Technologie für die Erfassung des Fussverkehrs ist zur Zeit noch ungenügend. Die erste Softwarefirma hätte zwar das Know-how gehabt, stellte aber leider diesen Teil der Softwareentwicklung ein. Die zweite Firma unterschätzte die Anforderung und war – innerhalb unseres Budgetrahmens – nach zwei Jahren Entwicklung – nicht in der Lage, die relevanten Aspekte befriedigend erfassen zu können. Bei der Abschätzung für den noch zu leistenden Aufwand zeigte sich, dass die Entwicklungskosten weit über den finanziellen Möglichkeiten des vorliegenden Projektes lagen.
- Als grosses Hindernis erwies sich insbesondere die Tatsache, dass die zweite Firma nicht in der Lage war, die Situation zeitecht abzuspielen – dies im Gegensatz zur ersten Firma. Fehler bei der Justierung des Geräts, Erfassungsfehler usw. konnten nicht vor Ort korrigiert werden. Dadurch wurden Daten erfasst, die in der Folge nicht verwendbar waren. Für die Entwicklung der Technologie ist eine zeitechte Kontrolle der Erfassung von grosser Wichtigkeit.
- Es ist sehr schwierig, mathematische Algorithmen zu definieren, welche die Interaktion genügend eingrenzen. Werden sie zu eng gefasst, so ereignen sich zu wenige Begegnungsfälle. Werden sie weiter gefasst, so erscheinen diverse Interaktionen zwischen Fahrzeuglenkern und Fussgänger, die nicht zur Querungssituation gehören.
- Die Erfassung und Auswertung von längeren Zeitabschnitten mit grossen Datenmengen kann erst erfolgen, wenn eine genügende Basis aufgrund von plausibilisierten Kurzzeitmessungen erfolgt ist. Zu diesem Zweck sind Echtzeitvisualisierungen unabdingbar.
- Es hat sich auch gezeigt, dass praktisch alle Standorte kleine Tücken oder Eigenheiten aufwiesen, die es schwierig machen, die Resultate von verschiedenen Standorten miteinander zu vergleichen. Das Gerät kann oft nicht optimal aufgestellt werden. Zu nahe am Strassenrand können die Fussgänger auf dem Trottoir nicht erfasst werden, an der Hausfassade ergeben sich oft Abschattungen durch Fussgänger, parkierte Autos, oder andere Hindernisse.

Nach wie vor erachten wir aber das Potenzial des Lasersensors als ausserordentlich hoch. Für eine Software-Entwicklung müsste ein entsprechender Auftrag ausgelöst werden.

6. Videoaufnahmen und -analysen

6.1 Methodisches Vorgehen

Bei der Video-Methode erfolgt die Erfassung des Verhaltens der verschiedenen Verkehrsteilnehmenden mittels Videokamera. Diese wurde im Abstand von 10 bis 20m vom Fussgängerstreifen an einem Kandelaber in 4m Höhe befestigt. Die Erfassung erfolgte an den meisten Standorten während ca. 12 Stunden und umfasste sowohl die Morgen- als auch die Abendspitze. Das Verkehrsgeschehen wurde in beiden Richtungen, d.h. mit zwei Kameras, gleichzeitig aufgenommen. Die Kameras wurden so ausgerichtet, dass sie sowohl die Situation auf dem Streifen sowie einen möglichst grossen Bereich vor dem Streifen aufnehmen konnten. Mit dieser Versuchsanlage konnten Querungen in beiden Richtungen und der Vortritt bezüglich beider Fahrspuren ausgewertet werden. Die Videobänder wurden anschliessend im Büro ausgewertet.

6.2 Untersuchte Standorte

Für die Festlegung der Untersuchungsstandorte wurden verschiedene Auswahlkriterien herangezogen. Einerseits sollten idealtypische Querungsstellen gefunden werden. Andererseits galt es, verschiedene zusätzliche Aspekte zu berücksichtigen:

- Keine bzw. geringe Beeinflussung durch einen nahen Verkehrsknoten
- Genügend grosse Verkehrsbelastung und Fussgängerfrequenz für eine genügend grosse Anzahl von Begegnungsfällen
- Keine Prägung der örtlichen Verhältnisse durch störende Elemente und Spezialfälle
- Repräsentativität des Fussgängerstreifens für den Durchschnitt
- Streifen mit und ohne Insel (inkl. Vorher-Nachher-Situationen)
- Verschiedene Landesteile
- ländlich - städtisch

Insgesamt wurden 10 verschiedene Situationen in 6 verschiedenen Gemeinden mit Video erfasst:

- Rubigen BE, Thunstrasse
- Köniz BE, Könizerstrasse
- Wettingen AG, Landstrasse (2 Standorte; vorher-nachher)
- Seon AG, Seetalstrasse (vorher-nachher)
- Teufenthal AG, Dürrenäscherstrasse (vorher-nachher)
- Zürich ZH, Wehntalerstrasse

Die Standorte sind im Anhang dokumentiert

6.3 Quantitative Auswertung

Das Filmmaterial wurde visioniert und hinsichtlich der Interaktionen zwischen FussgängerInnen und Lenkenden ausgewertet. Bei den schwächer frequentierten Streifen wurden im Schnelllauf die entscheidenden Situationen gesucht und ausgewertet. Bei den stark frequentierten Fussgängerstreifen wurden mindestens 200 Interaktionen erfasst. Dabei wurde darauf geachtet, dass zu allen Tageszeiten Auswertungen vorgenommen wurden.

Als Interaktion wurden Situationen bezeichnet, bei welchen sowohl ein Fussgänger, zwei Fussgänger oder eine Gruppe die Strasse querte. Ausgewertet wurden auch Situationen, in denen kein Auto beteiligt war.
Insgesamt konnten 10 verschiedene Situationen an 7 verschiedenen Standorten in die Untersuchung einbezogen werden. Dabei wurden insgesamt 1560 Interaktionen erfasst und in die Auswertung einbezogen. Tabelle 5 gibt einen Überblick über die erfassten Interaktionen je Situation.

Tabelle 5: Untersuchte Situationen und Anzahl erfasste Interaktionen

	ohne Insel	**markierte Insel**	**gebaute Insel**	**Gesamt**	**Aufnahme datum**
Köniz			104	104	15.08.07
Wettingen vorher	215			215	16.08.07
Wettingen Standort 2			205	205	16.08.07
Seon vorher	194			194	13.09.07
Teufenthal vorher	110			110	19.09.07
Zürich			112	112	24./25.09.07
Rubigen	134			134	15./16.10.07
Wettingen nachher		205		205	23.10.07
Seon nachher		182		182	23.10.07
Teufenthal nachher		99		99	23.10.07
Gesamt	**637**	**482**	**418**	**1560**	

Die Auswertung erfolgte mittels eines standardisierten Verfahrens. Die Interaktionen wurden dabei hinsichtlich verschiedner Variablen aufgeschlüsselt. Tabelle 6 gibt eine Übersicht über die 23 erfassten Variablen mit den jeweiligen Ausprägungen. Je Variable galt es verschiedene Zuordnungen zu machen. Folgende Differenzierung wurde vorgenommen.
Mit Hilfe von deskriptiver Statistik (Häufigkeiten und Kreuztabellen) wurden das Verhalten von Zufussgehenden, Velofahrenden und Motorfahrzeuglenkenden analysiert.

Tabelle 6: Erfasste Merkmale, Variablen und deren Ausprägung

	Nr.	Variablen Name	Code	Ausprägung
Fall	**1**	ID Nr		fortlaufend
Fakten	**2**	Ort	11	Wettingen Fussgängerstreifen 1 von Migros (Norden)
			12	Wettingen Fussgängerstreifen 1 von Süden
			21	Wettingen Fussgängerstreifen 2 (mit Insel) von Norden
			22	Wettingen Fussgängerstreifen 2 (mit Insel) von Süden
			31	Seon Fussgängerstreifen bei Station von Osten
			32	Seon Fussgängerstreifen bei Station von Westen
			41	Teufenthal Fussgängerstreifen von Schule (Norden)
			42	Teufenthal Fussgängerstreifen von Bäckerei (Süden)
			51	Rubigen Fussgängerstreifen bei Drogerie von Süden
			52	Rubigen Fussgängerstreifen bei Drogerie von Norden
			61	Zürich Fussgängerstreifen beim Friedhof von Westen
			62	Zürich Fussgängerstreifen beim Friedhof von Osten
			71	Köniz FGS beim Thomasweg von Süden
			72	Köniz FGS beim Thomasweg von Norden
	3	Kamera	1	Kamera 1
			2	Kamera 2
	4	Situation	1	Fussgängerstreifen ohne Insel
			2	Fussgängerstreifen mit markierter Insel
			3	Fussgängerstreifen mit gebauter Insel
			4	freie Querung ohne Fussgängerstreifen
	5	Datum		Datum
	6	Uhrzeit		Zeit
Verhalten Fussgänger	**7**	Fussgänger-Typ1	1	Einzelperson
			2	zwei Personen
			3	Gruppe von 3 und mehr Personen
	8	Fussgänger-Typ2	1	Kind bis ca. 12 Jahre (< 1.50m)
			2	Jugendlicher 13 - 20 Jahre
			3	Erwachsene Person ca. 20 bis 70 Jahre
			4	Person mit Kinderwagen / Kind
			5	Alte Person ab ca. 70 ohne Behinderung
			6	mobilitätsbehinderte Person (Stock, Rollator, Rollstuhl)
			7	Person mit Velo schiebend
			8	Person mit Velo fahrend
	9	Gehverhalten Wartebereich	1	hält im Wartebereich an
			2	verlangsamt im Wartebereich ohne anzuhalten
			3	ohne Geschwindigkeitsänderung
	10	Blickverhalten	1	beidseits
			2	nur links
			3	nur rechts
			4	mehrmals links und rechts
			5	kein erkennbares Blickverhalten
			6	links, erst auf Mittelinsel rechts
			7	Fahrbahnrand beidseits, Mittelinsel rechts
	11	Querungsrichtung	1	Gerade (senkrecht zur Fahrbahn)
			2	schräg
	12	verhalten Streifen	1	langsam bis 1m/sec
			2	normal 1m/sec bis 1.3m/sec
			3	zügig
			4	rennt
			5	hält bei der Querung an

	13	Querung	1	auf Streifen
			2	im Bereich des Streifens (<5m vom Streifen entfernt)
			3	ausserhalb
Interaktion	**14**	Kommunikations-verhalten	1	Blickzuwendung ohne Interaktion
			2	durchwinken
			3	deutliche Körpersprache
			4	Lenker durch Handzeichen stoppen
			5	bedankt sich beim Lenker
			6	Keine Interaktion erkennbar (Auto im Bereich der Que-rung)
			7	kein Auto im kritischen Bereich
Verhalten Lenker	**15**	Richtung Lenker 1	11	Lenker von links
			12	Lenker von rechts
	16	Typ Lenker 1	11	PW
			12	Lieferwagen / Kleinbus
			13	LW
	17	Verhalten Lenker 1	11	hält an gewährt Vortritt
			12	hält brüsk an / heftiges Abbremsen
			13	verlangsamt ohne anzuhalten und gewährt Vortritt
			14	fährt durch ohne Verweigerung Vortritt da bremsen nicht möglich
			15	fährt durch mit Verweigerung Vortritt
			16	Lenker von rechts gewährt Vortritt, bevor FG auf Mittel-insel
	18	Richtung Lenker 2	21	Lenker von links
			22	Lenker von rechts
	19	Typ Lenker 2	21	PW
			22	Lieferwagen / Kleinbus
			23	LW
	20	Verhalten Lenker 2	21	hält an gewährt Vortritt
			22	hält brüsk an / heftiges Abbremsen
			23	verlangsamt ohne anzuhalten und gewährt Vortritt
			24	fährt durch ohne Verweigerung Vortritt da bremsen nicht möglich
			25	fährt durch mit Verweigerung Vortritt
			26	Lenker von rechts gewährt Vortritt, bevor FG auf Mittel-insel
	21	Richtung Lenker 3	31	Lenker von links
			32	Lenker von rechts
	22	Typ Lenker 3	31	PW
			32	Lieferwagen / Kleinbus
			33	LW
	23	Verhalten Lenker 3	31	hält an gewährt Vortritt
			32	hält brüsk an / heftiges Abbremsen
			33	verlangsamt ohne anzuhalten und gewährt Vortritt
			34	fährt durch ohne Verweigerung Vortritt da bremsen nicht möglich
			35	fährt durch mit Verweigerung Vortritt
			36	Lenker von rechts gewährt Vortritt, bevor FG auf Mittel-insel

Ein Fussgänger kann mehrere Interaktionen auslösen. Wenn der erste Lenker als Durchfahrer (mit und ohne Verweigerung) erfasst wird, so wird der zweite Lenker relevant.

6.4 Resultate: Verhalten der FussgängerInnen

6.4.1 Typisierung der beobachteten FussgängerInnen

Fussgängertyp

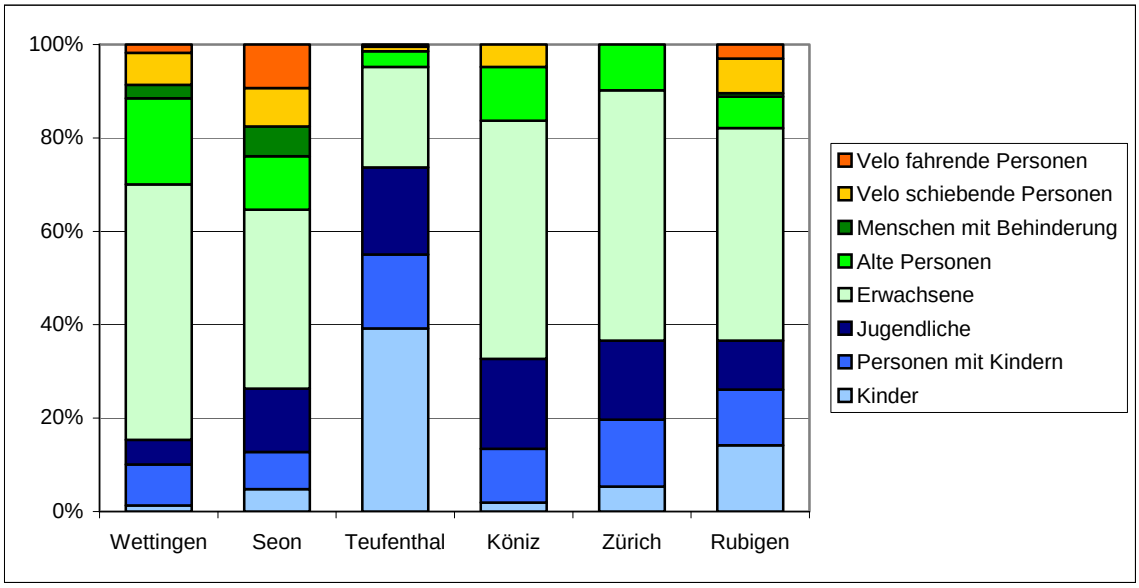
In einem ersten Schritt wurden die Fussgänger nach verschiedenen Merkmalen aufgeschlüsselt. Falls mehrere Personen gleichzeitig querten, wurde die jeweils ältere Person als Bezugsperson genommen, ausgenommen bei Erwachsenen mit Kind(ern). Diese wurden separat erfasst.
Die Abschätzung des Alters erfolgte auf Basis der Videoaufnahme und ist damit nicht sehr genau. Insbesondere die Abgrenzung von Erwachsenen zu alten Personen ist vor allem durch das Verhalten bestimmt und weniger durch das effektive Alter. Die Grenze liegt somit vermutlich eher bei 75 als bei 65 Jahren.

Tabelle 7: Fussgängertyp

	Total absolut	Wet-tingen	Seon	Teufen-thal	Köniz	Zürich	Rubigen	**Total**
Velo fahrende Personen	51	2%	9%	0%	0%	0%	3%	**3%**
Velo schiebende Personen	91	7%	8%	1%	5%	0%	7%	**6%**
Menschen mit Behinderung	43	3%	6%	0%	0%	0%	1%	**3%**
Alte Personen	197	18%	11%	3%	12%	10%	7%	**13%**
Erwachsene	705	55%	38%	22%	51%	54%	46%	**45%**
Jugendliche	176	5%	14%	19%	19%	17%	10%	**11%**
Personen mit Kindern	162	9%	8%	16%	12%	14%	12%	**10%**
Kinder	135	1%	5%	39%	2%	5%	14%	**9%**
Total (n=)	1560	625	376	209	104	112	134	**100%**

Von den 1560 Fussgängern bzw. erfassten Querungssituationen sind 45% erwachsene Einzelpersonen. 13% sind alte Personen, 11% Jugendliche, 10% Personen mit Kind(ern) und 9% Kinder. Der Anteil querender Kinder ist in Teufenthal höher als an anderen Standorten. Hier liegt die Schule unmittelbar angrenzend an den Streifen. Auch in Köniz wurde ein hoher Anteil an Kindern beobachtet.
In Teufenthal, Köniz und Zürich konnten weder Menschen mit Behinderung noch Velo fahrende Personen beobachtet werden. Menschen mit Behinderung sind v.a. in Seon ermittelt worden. Hier liegt ein Altersheim in der Nähe.
Bei 9% aller Querungsvorgänge wurde mit dem Velo gequert, 3% querten fahrend und 6% schiebend. Hier sind Schwankungen von 0 bis 17% zu verzeichnen. Wiederum fällt hier Seon auf.
Bei den Orten Wettingen, Seon und Teufenthal liegen Erhebungen von zwei verschiedenen Tagen vor. Die Aufteilung zwischen den verschiedenen Fussgängertypen weicht hier von der ersten zur zweiten Erhebung nur minimal ab (Tabellarisch nicht dargestellt).

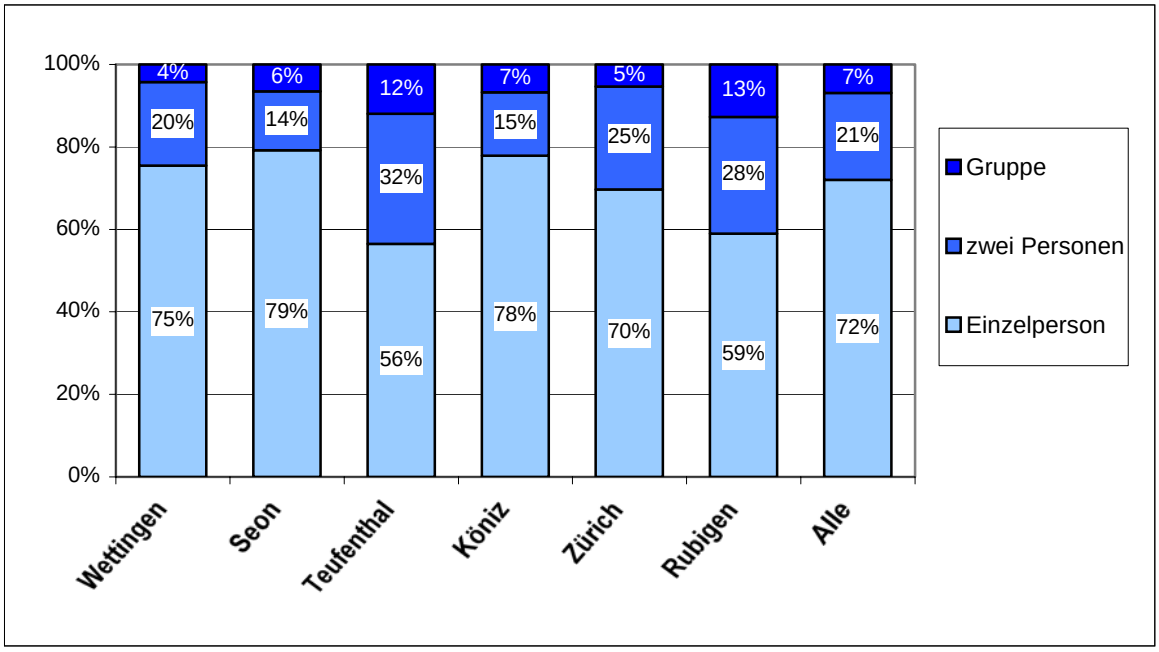
Grafik 6: Fussgängertyp



Grafik 6 zeigt die Verteilung der verschiedenen Fussgängertypen, aufgeschlüsselt nach den verschiedenen Orten.

Gruppengrösse

Grafik 7: Gruppengrösse



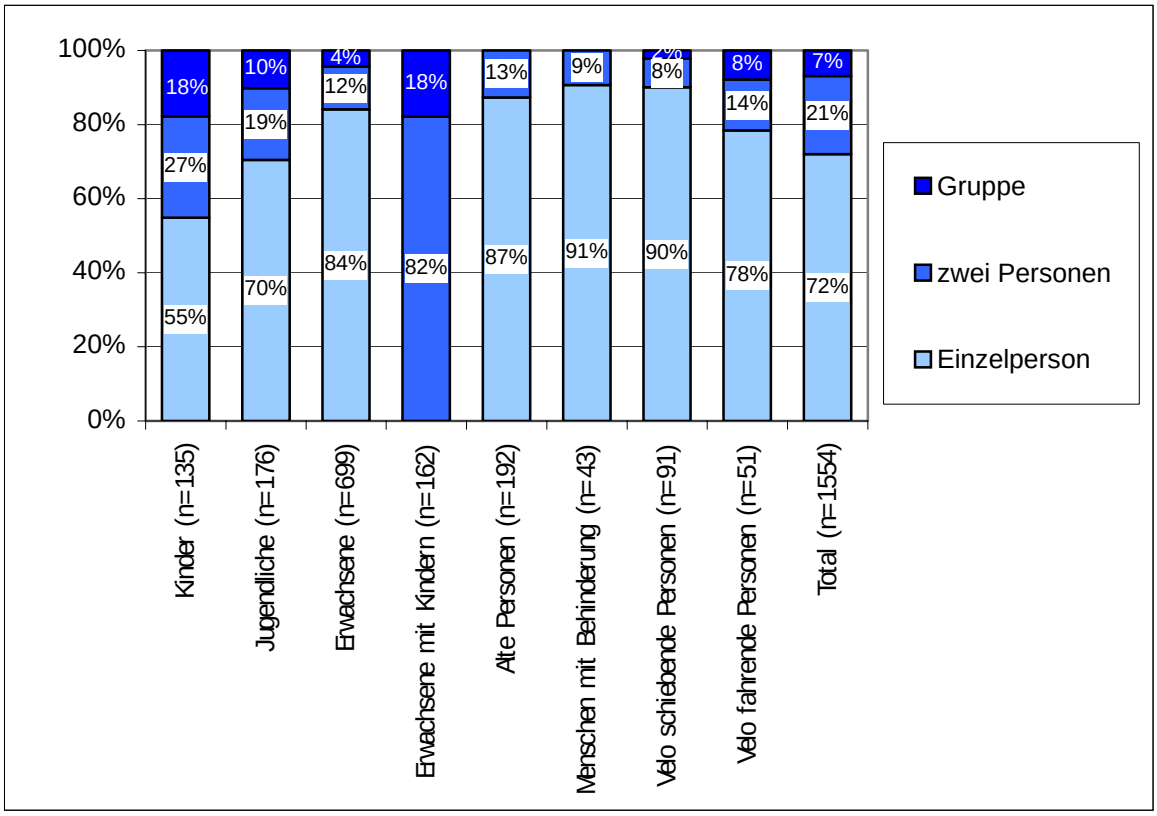
Eine zweite Typisierung bezog sich auf die Gruppengrösse bei der Querung, wobei drei Klassen gebildet wurden: Einzelpersonen, zwei Personen und Gruppen von mindestens drei Personen. Einzelpersonen sind an allen Standorten am häufigsten. Sie machen durchschnittlich 72% aus. Weniger als 60% sind es in Teufenthal (56%) und in Rubigen (59%). An beiden Standorten gibt es viele Kinder, welche häufiger zu Zweit oder in Gruppen unterwegs sind.

Wer nicht alleine unterwegs ist, ist es meistens zu zweit (21%). Gruppen von drei oder mehr Personen sind bei den untersuchten Standorten mit 7% relativ selten.

Fussgängertyp und Gruppengrösse

90% der Menschen mit Behinderung und 87% der alten Menschen gehen alleine über den Fussgängerstreifen. Jugendliche und insbesondere Kinder sind häufig zu Zweit oder in Gruppen unterwegs: Kinder gehen zu 27% zu zweit und zu 18% in grösseren Gruppen über den Fussgängerstreifen. Jugendliche zu 19% zu zweit und zu 10% in Gruppen.
Erwachsene, welche Kinder begleiten, sind zu 82% nur mit einem Kind unterwegs, zu 18% mit mehreren Kindern.

Grafik 8: Gruppengrösse nach Fussgängertyp

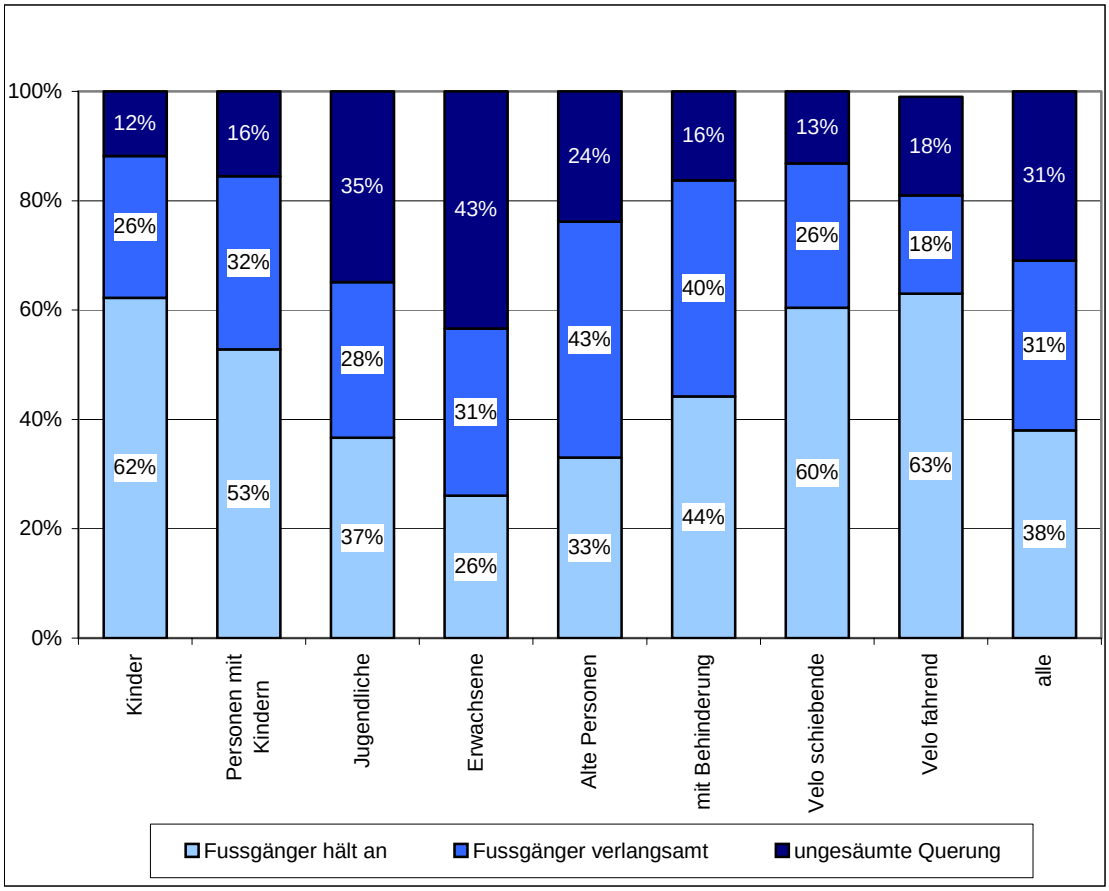


6.4.2 Verhalten der Zufussgehenden im Wartebereich/ Blickverhalten

Verhalten im Wartebereich

Der Anteil der Personen, die im Wartebereich vor dem Fussgängerstreifen anhalten, liegt bei durchschnittlich 38%. Er schwankt je nach Fussgängertyp zwischen 26% und 63%. Besonders häufig halten Kinder und Personen mit einem Velo (schiebend oder fahrend) im Wartebereich an. Erstaunlicherweise halten aber Menschen mit Behinderungen mit 44% nur durchschnittlich oft im Wartebereich an und alte Personen mit 33% sogar unterdurchschnittlich. Diese Gruppen verlangsamen jedoch öfter als andere ihre Gehgeschwindigkeit bevor sie den Strassenrand erreicht haben (40 bzw. 43%). Auch Jugendliche bremsen eher selten vollständig ab (37%). Am seltensten warten Erwachsene (26%). Sie sind dann auch diejenigen, die den Fussgängerstreifen am häufigsten ungesäumt, d.h. ohne Geschwindigkeitsänderung überqueren (43%).

Grafik 9 Verhalten im Warteraum vor dem Fussgängerstreifen



Blickverhalten

Das Blickverhalten beschreibt die Abfolge sowie die Anzahl Blicke in die beiden Fahrtrichtungen. Am häufigsten wird je einmal nach links und einmal nach rechts geschaut. Dieses Verhalten wird als beidseitiges Blickverhalten bezeichnet. Viele Fussgänger richten ihren Blick auch mehrmals in beide Richtungen, andere schauen nur in eine Richtung oder aber es ist kein Blickverhalten (auf Basis der Videosequenzen) erkennbar.

Bei Mittelinseln ist das Blickverhalten nochmals differenzierter erfasst worden. Nach Überqueren der ersten Fahrbahnhälfte wird auch das Verhalten auf der Insel separat erfasst.

Tabelle 8: Blickverhalten nach Fussgängertyp

		beid-seitig	ein-seitig	mehr-mals beidsei-tig	links, erst auf Insel rechts	Rand beidsei-tig, Insel rechts	kein Blick-verhalte n	Total (n=)
Kinder	keine Insel	68%	4%	**27%**			1%	77
	Insel	45%		18%	5%	**31%**		55
Personen mit Kindern	keine Insel	81%		19%				67
	Insel	56%		8%	7%	28%		95
Jugendliche	keine Insel	83%		11%			6%	72
	Insel	56%	1%	4%	16%	23%		99
Erwachsene	keine Insel	84%	1%	13%			2%	256
	Insel	51%	1%	4%	16%	27%	1%	434
Alte Personen	keine Insel	85%	3%	**8%**			5%	65
	Insel	47%	1%	8%	8%	**36%**		132
Menschen mit Behinderung	keine Insel	67%	7%	20%			7%	15
	Insel	39%	4%	7%	21%	21%	7%	28
Velo schie-bende Person	keine Insel	81%		19%				53
	Insel	61%		21%		18%		38
Velo fahrende Personen	keine Insel	63%	3%	**34%**				32
	Insel	47%		21%	11%	21%		19
Durchschnitt	keine Insel	**76%**	2%	**19%**			3%	637
	Insel	**50%**	1%	**12%**	**11%**	**26%**	1%	900
Total (n=)	keine Insel	508	10	104			15	637
	Insel	458	7	66	115	248	6	900

Die fett ausgezeichneten Werte werden im Folgenden kommentiert

Bei einem Fussgängerstreifen ohne Mittelinsel schauen 76% je einmal in beide Richtungen. 19% versichern sich mehrmals.
Bei Fussgängerstreifen mit Mittelinseln schauen 50% in beide Richtungen und queren dann ohne erkennbaren weiteren Sicherheitsblick. 26% schauen am Rand nach beiden Seiten und in der Mitte nur noch die zweite Fahrbahnhälfte. 11% richten ihren Blick am Rand der ersten Fahrbahnhälfte nur auf die erste Fahrspur und auf der Mittelinsel nur auf die zweite Fahrspur. 12% sichern mehrmals beidseitig.
Velofahrende Personen und Kinder schauen deutlich häufiger mehrmals in beide Richtungen. Bei Mittelinseln sind es vor allem alte Personen (36%) und wiederum Kinder (31%), die sich mehrmals vergewissern, dass die Querung frei ist.
Erstaunlich ist die Tatsache, dass alte Personen kein erhöhtes Sicherheitsverhalten zeigen. Im Gegenteil: sie orientieren sich nur selten mehrmals in beide Richtungen (8%).

Tabelle 9: Blickverhalten nach Fahrzeugtyp

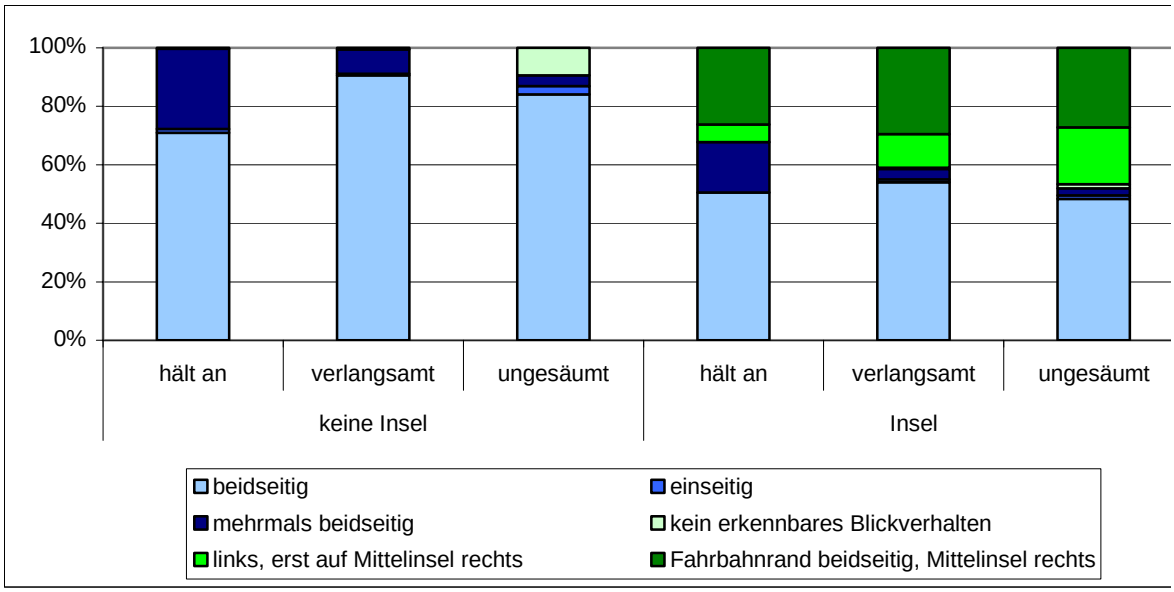
		beid-seitig	ein-seitig	mehr-mals beidsei-tig	kein Blickver-halten	linkps, erst auf Insel rechts	Rand beidsei-tig, Insel rechts	Total (n =)
keine Insel	PW	80%	1%	18%	1%			445
	Lieferwagen	72%		28%				18
	LW	81%		19%				31
Insel	PW	49%	1%	7%	1%	12%	30%	673
	Lieferwagen	50%		8%		12%	31%	26
	LW	56%		11%		6%	28%	36
Total	(n =)	756	10	148	11	85	219	1229

Ob sich ein PW, ein Lieferwagen oder ein LW dem Streifen nähert, hat bezüglich Blickverhalten wenig Einfluss. Es wird also nicht besser oder häufiger geschaut, wenn ein grosses oder lautes Fahrzeug an der Interaktion beteiligt ist.

Zusammenhang Warten - Blickverhalten

Zwischen dem Blickverhalten und dem Warten am Trottoirrand besteht ein deutlicher Zusammenhang. FussgängerInnen, die am Strassenrand anhalten, schauen einmal oder mehrmals beidseitig. Kein erkennbares Blickverhalten zeigen beinahe nur Personen, welche ohne Verlangsamung (ungesäumt) auf die Strasse gehen.
Bei den Fussgängerstreifen mit Mittelinsel zeigt sich ein ähnlicher Befund. Wenn Personen anhalten, orientieren sie sich auch häufiger mehrmals nach beiden Richtungen.

Grafik 10: Blickverhalten und Warteverhalten



Personen die ohne Geschwindigkeitsänderung (ungesäumt) die Strasse betreten und gleichzeitig kein erkennbares Blickverhalten zeigen sind sehr selten. Sie machen nur 1% der Gesamtpopulation aus.

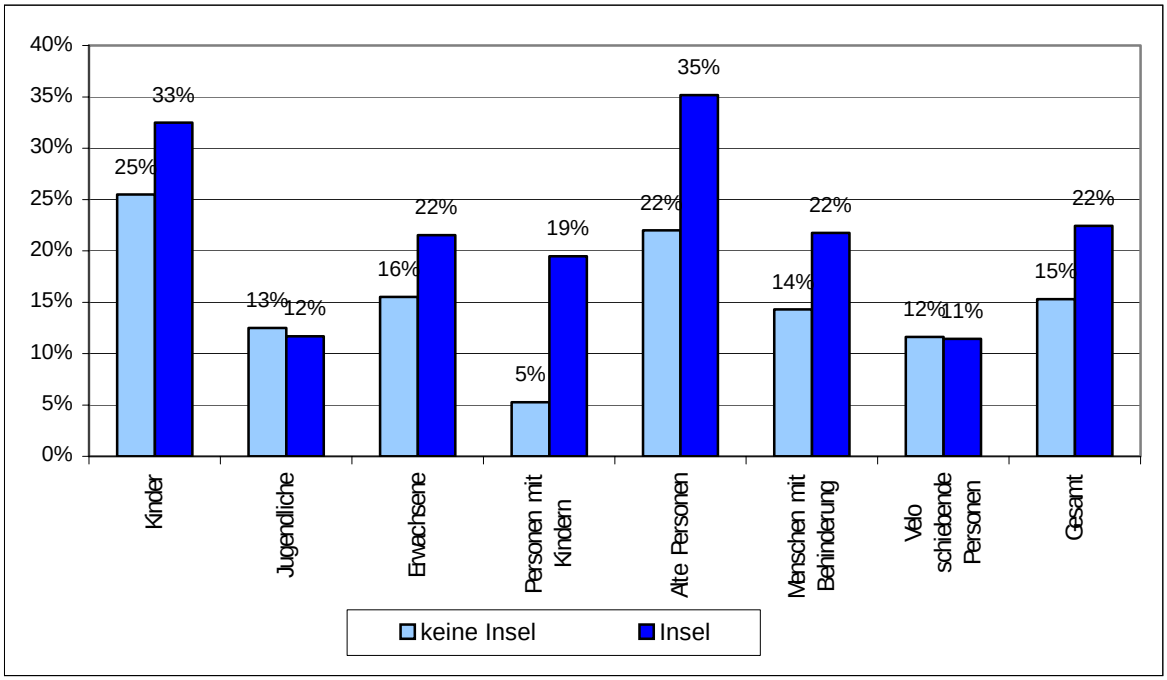
Tabelle 10: Blickverhalten und Warteverhalten

		beid-seitig	ein-seitig	mehr-mals beidsei-tig	links, Insel rechts	Rand beidsei-tig, Insel rechts	kein Blick-ver-halten	Total (n =)
keine Insel	hält an	71%	1%	27%				303
	verlangsamt	91%	1%	8%			1%	192
	ungebremst	84%	3%	4%			9%	138
Insel	hält an	51%		17%	6%	26%		279
	verlangsamt	54%	1%	4%	12%	29%		258
	ungebremst	48%	1%	2%	19%	27%	1%	335
Total	(n =)	962	16	170	115	248	21	1532

Kommunikation

Bei den meisten Personen kann auf Basis der Videosequenzen keine aktive Kommunikation identifiziert werden. Einzige offensichtliche Kommunikation ist das "Bedanken". Das "Bedanken" ist ein Handzeichen, mit welchem FussgängerInnen die Gewährung des Vortrittes quittieren. In der Regel wird dieses Handzeichen unmittelbar vor der Front des Fahrzeuges gegeben. Hier ist ein deutlicher Unterschied zwischen der Situation mit Insel und der Situation ohne Insel auszumachen.

Grafik 11: Anteil der FussgängerInnen, die sich bei den Lenkenden für den Vortritt bedanken



Insgesamt bedanken sich bei einem Fussgängerstreifen ohne Insel 15%, bei einem Streifen mit Insel 22%. Damit konnte ein deutlicher Unterschied festgestellt werden.

Tabelle 11: Anteil der FussgängerInnen, die sich bei den Lenkenden für den Vortritt bedanken

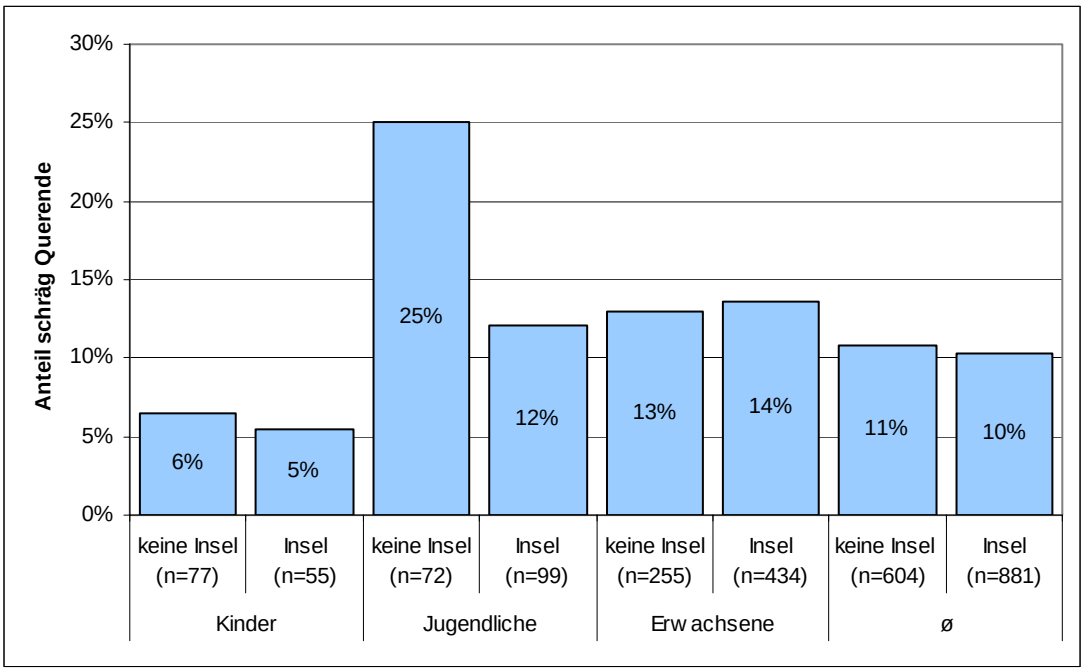
	Kinder	Jugendliche	Erwachsene	Personen mit Kindern	Alte Personen	Menschen mit Behinderung	Velo schiebende Personen	Gesamt	(n=)
keine Insel	25%	13%	16%	5%	22%	14%	12%	15%	72
Insel	33%	12%	22%	19%	35%	22%	11%	22%	163
keine Insel (n=)	51	56	200	57	50	14	43	471	
Insel (n=)	40	77	367	77	108	23	35	727	

Von Insgesamt 472 "Interaktionen ohne Insel" haben sich die Fussgänger in 72 Fällen bedankt, bei 727 "Interaktionen mit Insel" haben sich 163 Personen bedankt.

Weitere Formen der Kommunikation wurden zwar erfasst, sind aber nur in Einzelfällen aufgetreten. Dazu gehört das Handzeichen zum Stoppen des Fahrzeuges, das "klassische" Handzeichen am Fussgängerstreifen. Dieses wurde bei insgesamt 1198 ausgewerteten Interaktionen nur 5 Mal eingesetzt. Davon waren 3 alte Personen, 1 Mal war es ein Kind und 1 Mal eine erwachsene Person. Eine weitere Form der Kommunikation fand in drei Fällen statt: Verzicht auf den Vortritt mittels Durchwinken des Fahrzeuges.

6.4.3 Verhalten bei der Querung

Grafik 12: Anteil schräg Querende nach Fussgängertyp und Inselsituation



Querungsrichtung

89% der FussgängerInnen überqueren die Strasse rechtwinklig zur Fahrbahn und benützen den Fussgängerstreifen auf der gesamten Querung. 11% benutzen zwar den Fussgängerstreifen, aber sie queren schräg zur Fahrbahn und verlassen den Streifen auf ca. der Hälfte der Fahrbahn. Es sind vor allem Jugendliche (und Velofahrende) die den Streifen schräg zur Fahrbahn benutzen. Bei Fussgängerstreifen mit Mittelinsel liegt die Zahl der schräg Querenden insgesamt leicht tiefer. Insbesondere bei Jugendlichen wirkt die Insel offenbar "disziplinierend".

Der höhere Anteil von schräg querenden Erwachsenen erstaunt. Die Analyse ergab, dass diese höhere Zahl von einem einzigen Fussgängerstreifen (Wehntalerstrasse) herrührt. Hier liegen die schräg gehenden Fussgänger bei 30% und beeinflussen somit auch das Gesamtresultat. Wird dieser Streifen nicht berücksichtigt ergibt sich auch bei den Erwachsenen eine Abnahme.

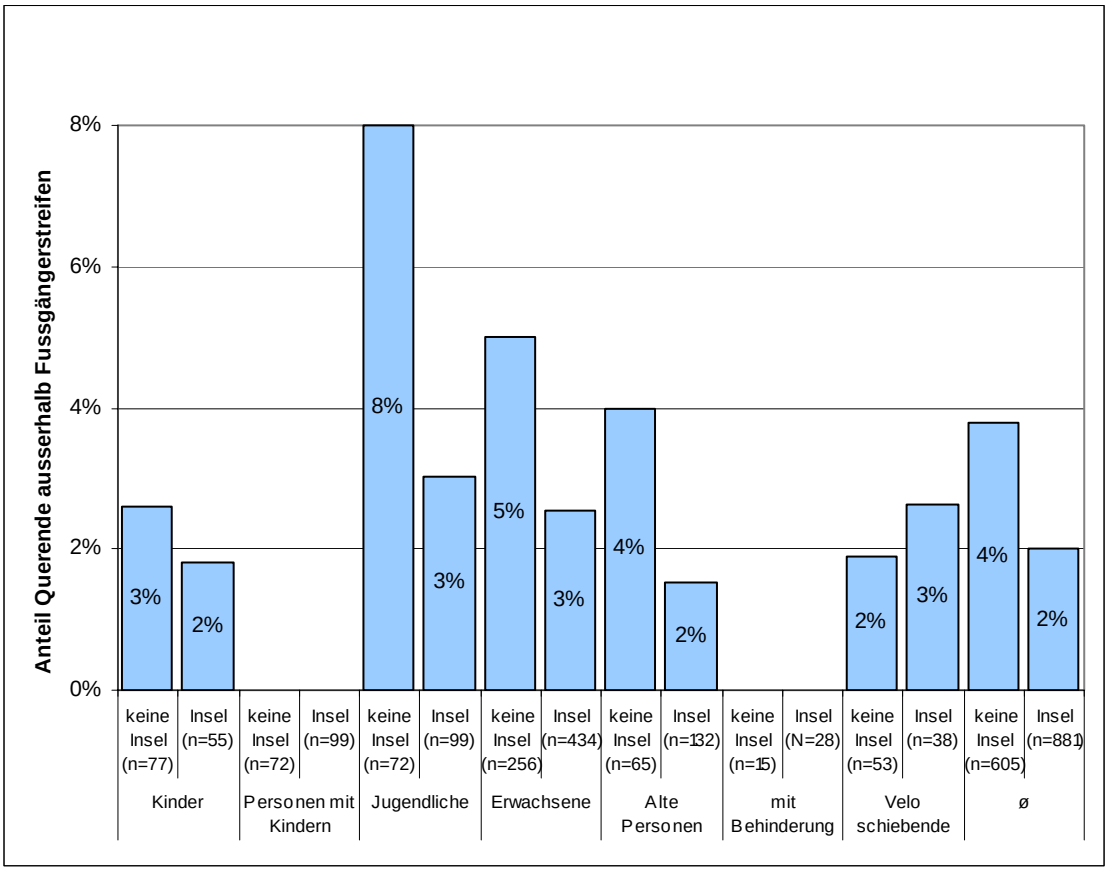
Bei den anderen Fussgängertypen sind die Fallzahlen zu klein um signifikante Aussagen machen zu können.

Querungen ausserhalb des Fussgängerstreifens

Erfasst wurden auch FussgängerInnen, die in der Nähe aber nicht auf dem Streifen die Strasse querten. Bei Fussgängerstreifen ohne Mittelinsel waren dies 4%. Bei Fussgängerstreifen mit Mittelinsel liegt dieser Wert bei 2%.

Die Aufteilung nach Fussgängertyp zeigt, dass v.a. Jugendliche neben dem Streifen queren, demgegenüber Personen mit Kindern und Menschen mit Behinderung immer auf dem Streifen queren. Insgesamt wird aber die Querung durch die Insel besser gebündelt.

Grafik 13: Querungen ausserhalb des Fussgängerstreifens

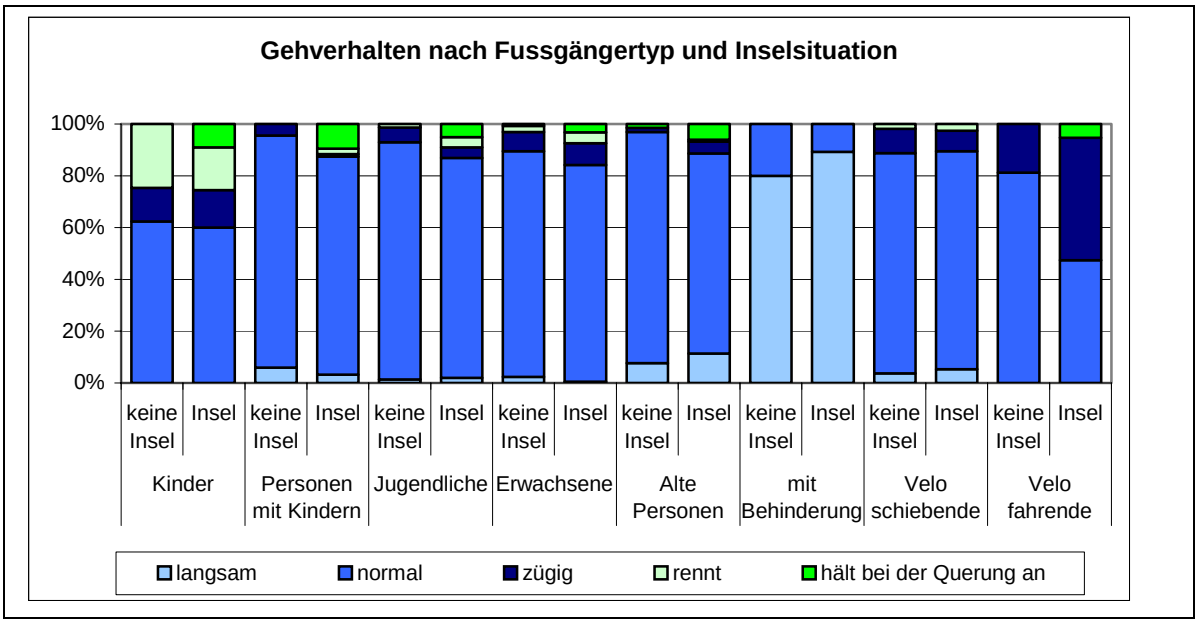


Querungsrichtung nach Querungsort

Personen, die ausserhalb des Fussgängerstreifens queren, tun dies meist auch schräg zur Fahrbahn. Fussgängerstreifen führen also dazu, dass die Strasse eher reckwinklig zur Fahrbahn gequert wird.

Gehgeschwindigkeit

Grafik 14: Gehgeschwindigkeit nach Fussgängertyp



		Langsam < ca. 1 m/sec	Normal ca. 1- 1.5 m/sec	zügig ca. 1.5 - 2 m/sec	rennt > ca. 2 m/sec	hält bei der Que rung an	Total (n=.)
Kinder	keine Insel		62%	13%	25%		77
	Insel		60%	15%	16%	9%	55
Personen mit Kindern	keine Insel	6%	90%	4%			71
	Insel	3%	84%	1%	2%	9%	99
Jugendliche	keine Insel	1%	92%	6%	1%		256
	Insel	2%	85%	4%	4%	5%	434
Erwachsene	keine Insel	2%	87%	7%	2%	1%	67
	Insel		84%	9%	4%	3%	95
Alte Personen	keine Insel	8%	89%	2%		2%	65
	Insel	11%	77%	5%	1%	6%	132
Menschen mit Behinderung	keine Insel	80%	20%				15
	Insel	89%	11%				28
Velo schiebende Personen	keine Insel	4%	85%	9%	2%		53
	Insel	5%	84%	8%	3%		38
Velo fahrende Personen	keine Insel		81%	19%			16
	Insel		47%	47%		5%	19
ø (gleich gewichtet)	keine Insel	13%	76%	8%	4%		620
	Insel	14%	67%	11%	4%	5%	900
Total (n=)	keine Insel	30	515	45	27	3	620
	Insel	49	706	68	35	42	900

Die Gehgeschwindigkeit wurde aus dem Video abgeschätzt und klassiert. Am schnellsten sind Kinder auf dem Fussgängerstreifen unterwegs. Bei ihnen gehen ohne Insel 13% zügig und 25% rennen sogar. Mit Insel sind es 15 bzw. 16%. Bei den anderen Fussgängertypen rennen maximal 4%, unabhängig davon, ob der Fussgängerstreifen eine Mittelinsel hat oder nicht.

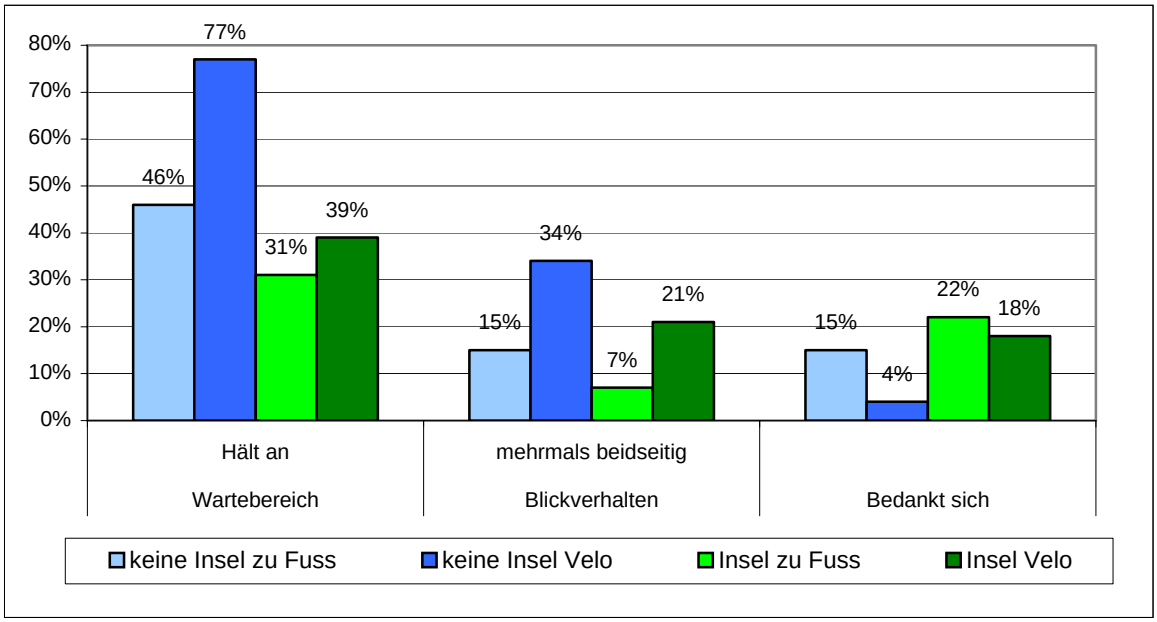
Am langsamsten überqueren – naheliegenderweise – Menschen mit Behinderung den Fussgängerstreifen. Ohne Insel gehen sie zu 80% langsam, mit Insel sogar zu 89%. Alte Personen sind deutlich schneller, nur 8% (ohne Insel) bzw. 11% (mit Insel) von ihnen gehen langsam. Alle anderen Gruppen gehen zu maximal 6% langsam.
Bei den Fussgängerstreifen ohne Insel konnten wir nur 3 Personen beobachten, welche während der Querung anhielten (zwei Erwachsene und eine alte Person). Erstaunlicherweise hält aber auch kaum jemand während der Querung an, wenn eine Insel vorhanden ist. Hier sind es durchschnittlich 5%, die anhalten. Am häufigsten halten Kinder (9%), Personen mit Kindern (9%) und alte Personen (6%) an. Da die Anhaltequote auf der zweiten Fahrbahnhälfte sehr hoch ist, ist das Anhalten auch kaum nötig. (Vgl. Kap. 6.5).

6.4.4 Vergleich Zufussgehende - Velofahrende

Aufgefallen ist grundsätzlich der relativ hohe Anteil von Personen, die den Streifen mit dem Velo queren. In 142 Fällen (9%) wurde mit dem Velo gequert, 3% querten fahrend und 6% schiebend.

Das Verhalten von Velofahrenden unterscheidet sich von jenem der Zufussgehenden. Velofahrende halten sowohl mit als auch ohne Mittelinsel im Wartebereich häufiger an als Zufussgehende (77% mit Insel und 39% ohne Insel). Zufussgehende halten nur zu 46 bzw. 31% an.
Velofahrende blicken häufiger mehrmals beidseitig (34% statt 15% ohne Insel und 21% statt 7% mit Insel). Ausserdem bedanken sie sich weniger häufig.

Grafik 15: Vergleich Zufussgehende - Velofahrende



6.5 Resultate: Verhalten der Lenkenden

6.5.1 Typisierung der beobachteten Fahrzeuge

Anzahl Fahrzeuge nach Ort

Die beobachteten Fahrzeuge wurden in die drei Kategorien Lastwagen, Lieferwagen und Personenwagen eingeteilt. Die Lastwagenquoten entsprechen den vom Kanton ermittelten Grundlagendaten. Zusätzlich wurden die Lieferwagenquoten erhoben. Sie liegen bei zwischen 1% und 6%.

Grafik 16: Fahrzeugtyp

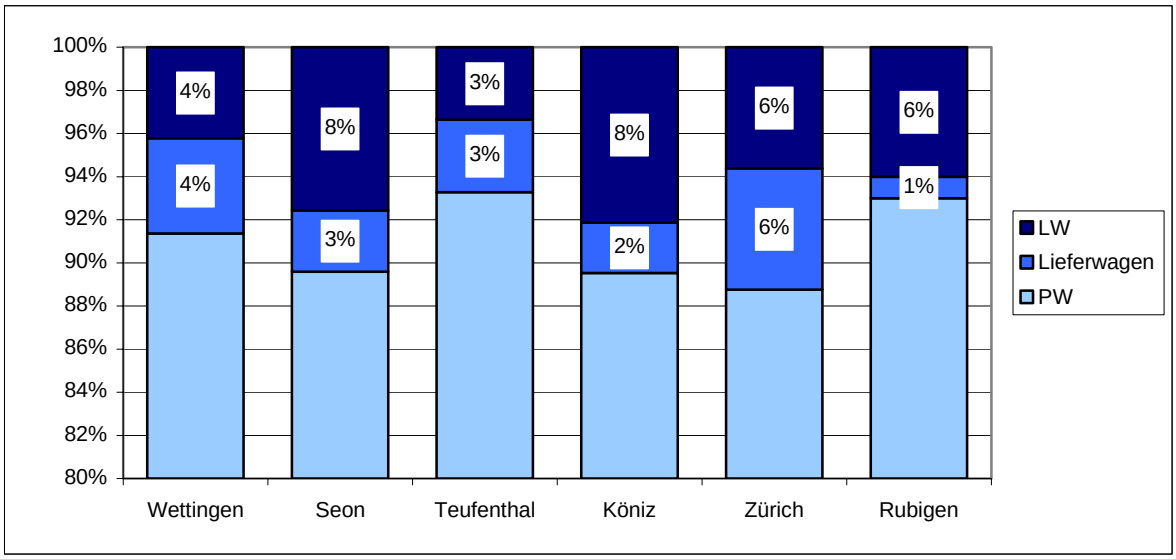


Tabelle 12: Fahrzeugtyp

	PW	Lieferwagen	LW	Total (n=)
Wettingen	91%	4%	4%	521
Seon	90%	3%	8%	317
Teufenthal	93%	3%	3%	119
Köniz	90%	2%	8%	86
Zürich	89%	6%	6%	89
Rubigen	93%	1%	6%	100
Durchschnitt	91%	3%	6%	1232
Total (n=)	1120	44	68	1232

Insgesamt wurden 1120 Interaktionen mit PW, 44 mit Lieferwagen und 68 mit LW ausgewertet.

6.5.2 Anhaltequoten

Methodik der Ermittlung der Anhaltequoten

Neben verschiedenen Merkmalen, die in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben werden, ist die Anhaltequote[8] eine zentrale Grösse.

Die Anhaltequote beschreibt den Anteil der Fahrzeuglenkenden, die den Vortritt gewähren, bezogen auf die Gesamtheit der Fahrzeuglenkenden, die dazu verpflichtet wären.
Für die Ermittlung der Anhaltequote gibt es kein einheitlich definiertes Verfahren. Grundsätzlich kann diese Quote mit Beobachtung zufällig querender Personen ermittelt werden oder mit Probanden und einem standardisierten Verhalten. In der vorliegenden Untersuchung wurden beide Verfahren angewendet.

Bei den Videoanalysen wurde mit Beobachtung zufällig querender Personen gearbeitet. Dabei wurden nur Interaktionen berücksichtigt, bei denen die Fahrzeuge entweder anhielten oder den klaren Tatbestand der Verweigerung erfüllten. Fahrzeuge, die nicht mehr anhalten konnten, da sie sich beim Eintreffen des Fussgängers schon kurz vor dem Streifen befanden und somit rechtlich den Tatbestand der Vortrittsverweigerung nicht erfüllten, wurden also nicht berücksichtigt. Zu dieser Kategorie der "Durchfahrt ohne Verweigerung“ wurden auch jene Fälle gezählt, wo eine Verweigerung nicht zweifelsfrei ermittelt werden konnte.
Bei den Zebrastreifen ohne Insel wurden 15% der Interaktionen von Zufussgehenden mit Fahrzeuglenkenden als Durchfahrt ohne Verweigerung kodiert, bei den Streifen mit markierter Insel 3% und bei der gebauten Insel 1%. Diese Anteile wurden für die Analyse der Anhaltequoten somit nicht berücksichtigt.

Neben dem klaren Signalisieren des Überquerungswunsches durch die Zufussgehenden und den Vortrittsgewährungen auf Seiten der Fahrzeuglenkenden gibt es weitere Fälle, die nicht in die Untersuchung einbezogen werden konnten. Dabei handelt es sich um unklare Situationen (z.B. Warten im hinteren Bereich des Trottoirs, Stehen am Strassenrand ohne Querung, Verzicht auf Vortritt bzw. Fahrzeuge durchwinken.)

Anhaltequote nach Inseltyp und Ort

Fussgängerstreifen mit Mittelinseln zeigen eine deutlich höhere Anhaltequote als Streifen ohne Insel: Ohne Insel liegt die Anhaltequote durchschnittlich bei 75%, mit Insel bei 90%.[9]
Die Anhaltequote unterscheidet sich jedoch nicht nur nach Inselsituation, sondern auch nach Standort:
Der Fussgängerstreifen in Wettingen und in Rubigen (beide ohne Insel) liegen bezüglich Anhaltequote über dem Durchschnitt. Beide Strassen wurden in den letzten Jahren neu gestaltet. In Wettingen ist insbesondere die Geschwindigkeit v85 deutlich tiefer als an den übrigen Orten. In Rubigen dürfte auch die relativ schmale Fahrbahn eine Wirkung zeigen.

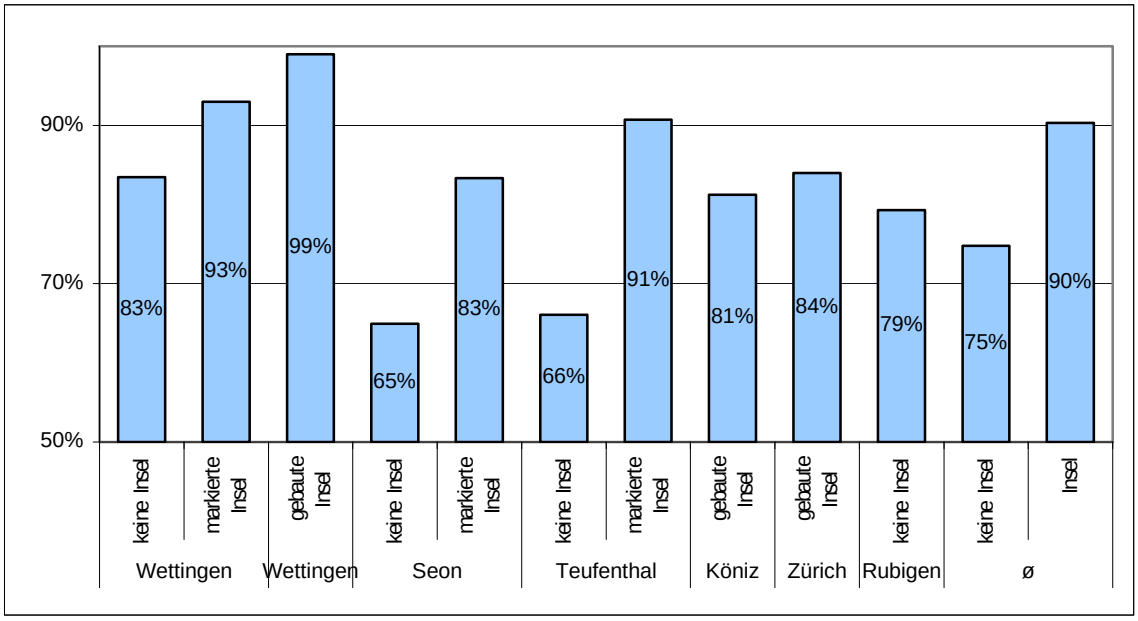
---

8 In verschiedenen Studien wird der Begriff "Anhaltebereitschaft" verwendet, ein Begriff, welcher sprachlich nicht zutreffend ist. Korrekt ist der Begriff Anhaltequote, da das Vortrittgewähren am Fussgängerstreifen obligatorisch und somit keine (freiwillige) Bereitschaft ist. Die Ergänzung ist die Übertretungs- oder Verweigerungsquote. Anhalte- und Übertretungsquote ergeben zusammen 100%.

9 Es besteht ein offensichtlicher Zusammenhang zwischen der Inselsituation und der Anhaltequote.

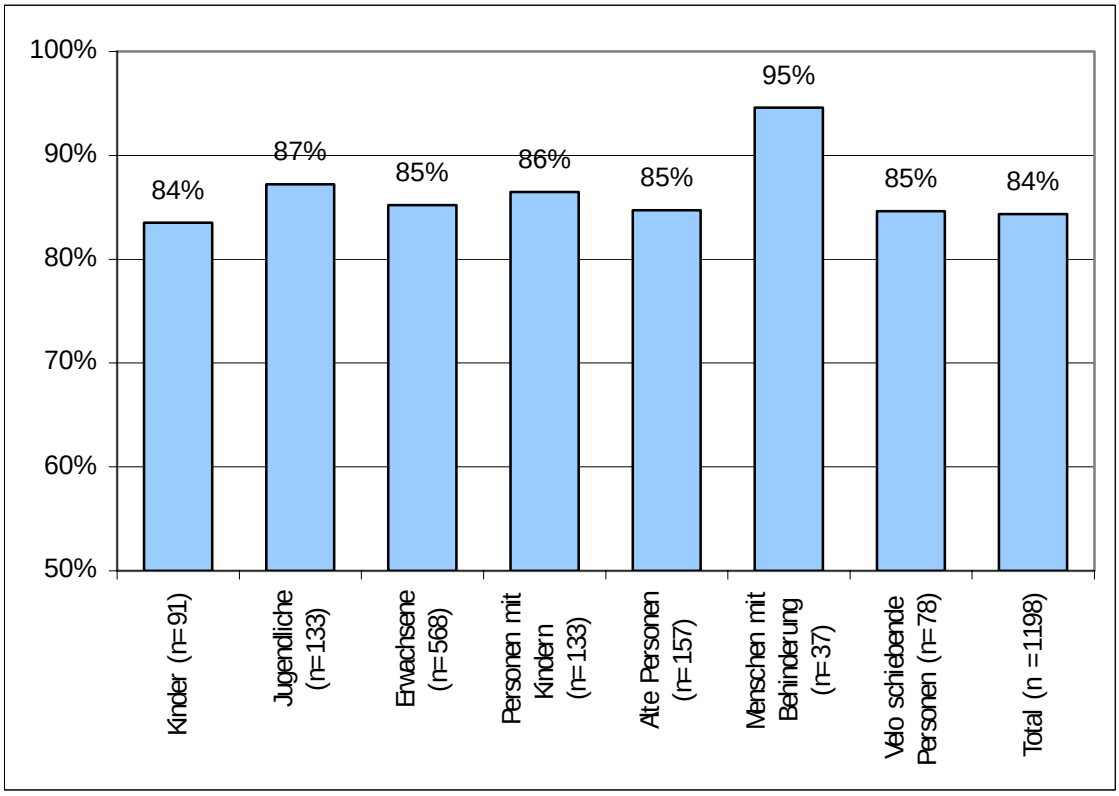
Tiefe Anhaltequoten sind in Seon (ohne Insel) und Teufenthal (ohne Insel) zu verzeichnen. Die Strassen sind hier sehr verkehrsorientiert gestaltet. Das v85 liegt bei 50 km/h.

Grafik 17: Anhaltequote nach Ort und Insel



Anhaltequote nach Fussgängertyp

Grafik 18: Anhaltequote nach Gruppengrösse

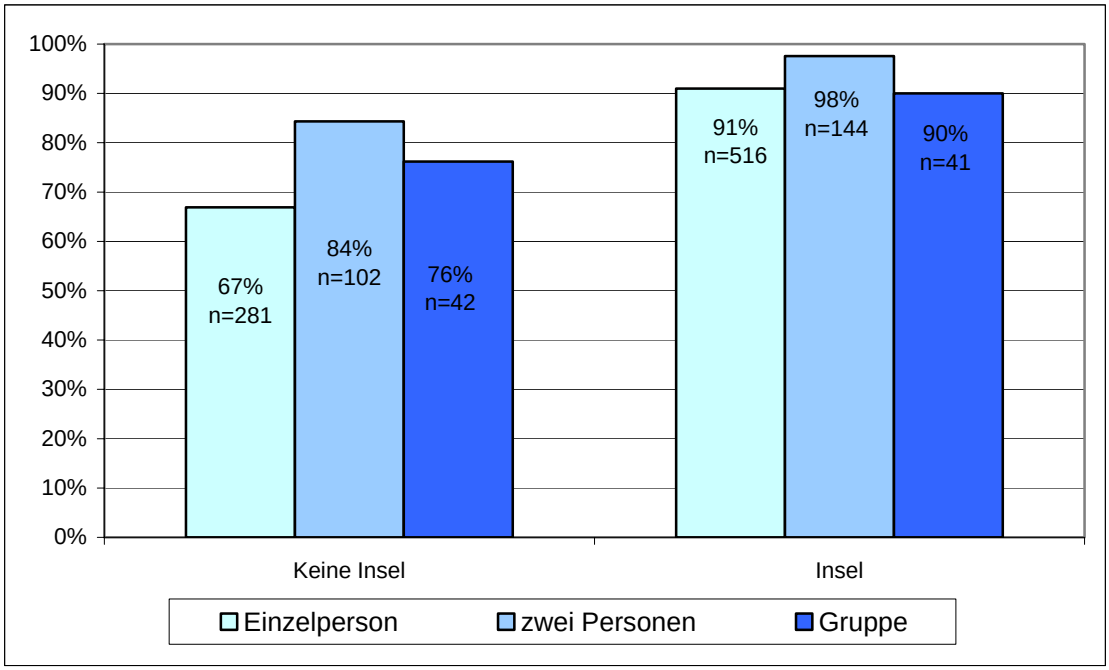


Die Analyse der Anhaltquoten nach Fussgängertypen zeigt eine erstaunlich ausgeglichene Verteilung. Einzig gegenüber Menschen mit Behinderung kann eine höhere Anhaltquote festgestellt werden. Alle übrigen Quoten liegen zwischen 84% und 87% und somit ohne relevante Abweichung.

Anhaltequote nach Gruppengrösse

Die Anhaltequote bei Einzelpersonen ist mit 67% bzw. 91% schlechter als bei zwei Personen. Warum die Anhaltequote bei grösseren Gruppen wieder sinkt ist nicht klar.

Grafik 19: Anhaltequote nach Gruppengrösse

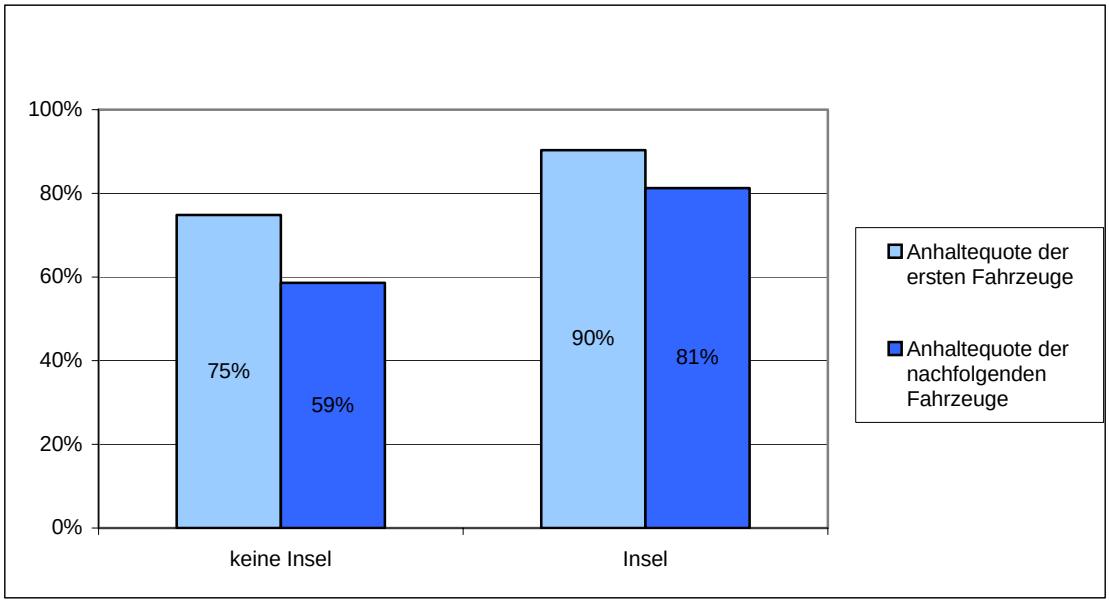


Anhaltequote des ersten und des nachfolgenden Fahrzeugs

In den bisherigen Analysen wurde nur die Anhaltequote des ersten Fahrzeugs betrachtet. In der folgenden Tabelle wird auch das nachfolgende Fahrzeug betrachtet. Dieser Fall ist nur dann relevant, wenn das erste Fahrzeug nicht angehalten hat.
Der Vergleich der Anhaltequote der ersten Fahrzeuge mit jener der nachfolgenden Fahrzeuge zeigt, dass die Anhaltequote bei den Folgefahrzeugen geringer ist als bei "Erstfahrzeugen“. 41% missachten den Vortritt wenn der vordere Lenker den Vortritt schon verweigert hat. Bei Fussgängerstreifen mit Inseln sind es nur noch 19%.

Die Mittelinsel hat hier einen doppelten positiven Effekt. Zum Einen ist die Anhaltequote des ersten Fahrzeugs höher, zum Anderen ist auch die Anhaltequote des zweiten Fahrzeugs höher. Die Wahrscheinlichkeit, dass zwei aufeinander folgende Fahrzeugen beide den Vortritt verweigern, beläuft sich bei einem Fussgängerstreifen ohne Insel auf 10%. Wenn eine Mittelinsel vorhanden ist, liegt die Wahrscheinlichkeit nur noch bei 2%.

Grafik 20: Anhaltequoten 1. und 2. Fahrzeug



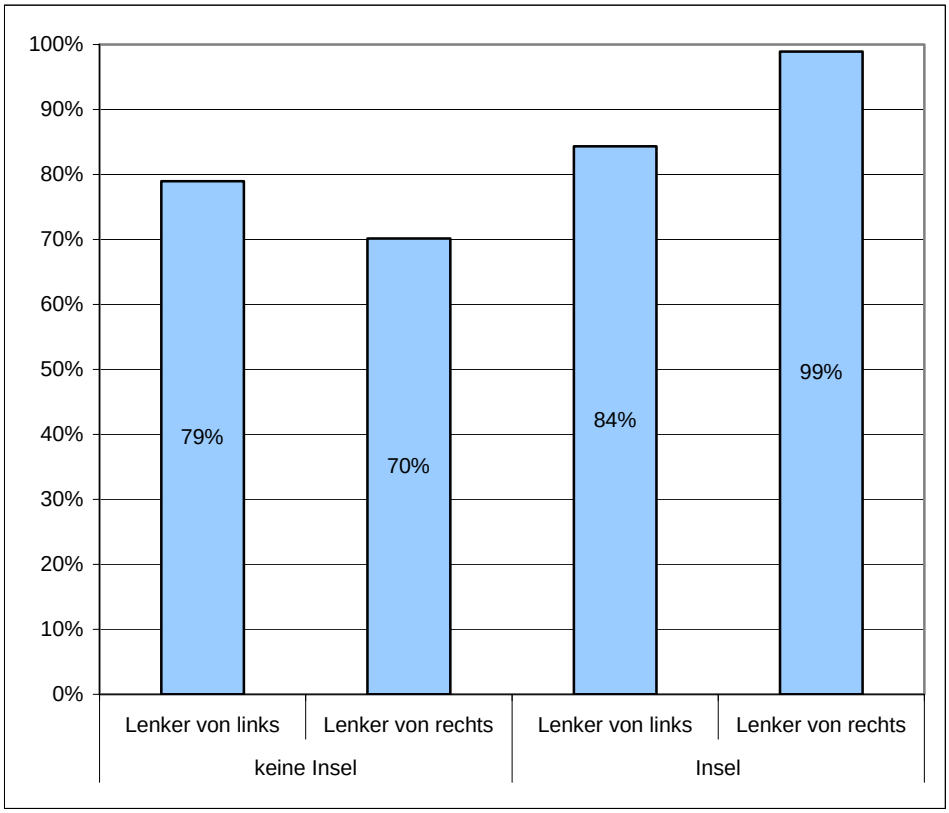
		hält an	hält nicht	Total (n=)
Erstes Fahrzeug	keine Insel	75%	25%	405
	Insel	90%	10%	691
Nachfolgendes Fahrzeug	keine Insel	59%	41%	58
	Insel	81%	19%	48
Total (n=)		1000	202	1202

Anhaltequote nach Richtung

Auf beiden Fahrbahnhälften ist die Anhaltequote bei Fussgängerstreifen mit Mittelinsel höher als ohne Insel. Trotzdem gibt es deutliche Unterschiede zwischen der Anhaltequote auf der ersten und der zweiten Fahrbahnhälfte. Ohne Fussgängerschutzinsel liegt die Anhaltequote der Lenkenden von rechts mit 70% um 9% tiefer als jene der Lenkenden von links.
Bei einem Streifen mit Insel liegt die Anhaltequote auf der zweiten Fahrbahnhälfte bei 99% und ist somit deutlich höher als die Quote auf der ersten Hälfte, welche bei 84% liegt.

Die Interpretation dieses Sachverhaltes muss vor dem Hintergrund der veränderten Ausgangslage bezüglich rechtlicher Situation und Definition der Anhaltequote diskutiert werden. Auf der ersten Fahrbahnhälfte ändert sich rechtlich nichts. Hier ist somit eine reale Erhöhung von 79% auf 84% festzuhalten. Die Erhöhung auf der zweiten Fahrbahnhälfte ist teilweise durch die veränderte Definition verursacht. Nicht die gesamte Erhöhung von 70% auf 99% ist also dem Verhalten zuzuschreiben. Zu erwarten wäre eine Angleichung der Anhaltquote auf der ersten und zweiten Fahrbahnhälfte. Es zeigt sich aber, dass bei Inseln eine sehr hohe Anhaltequote auf der zweiten Fahrbahnhälfte zu beobachten ist, welche in unseren untersuchten Beispielen nahe bei 100% liegt.

Grafik 21: Anhaltequote nach Richtung und Inseltyp

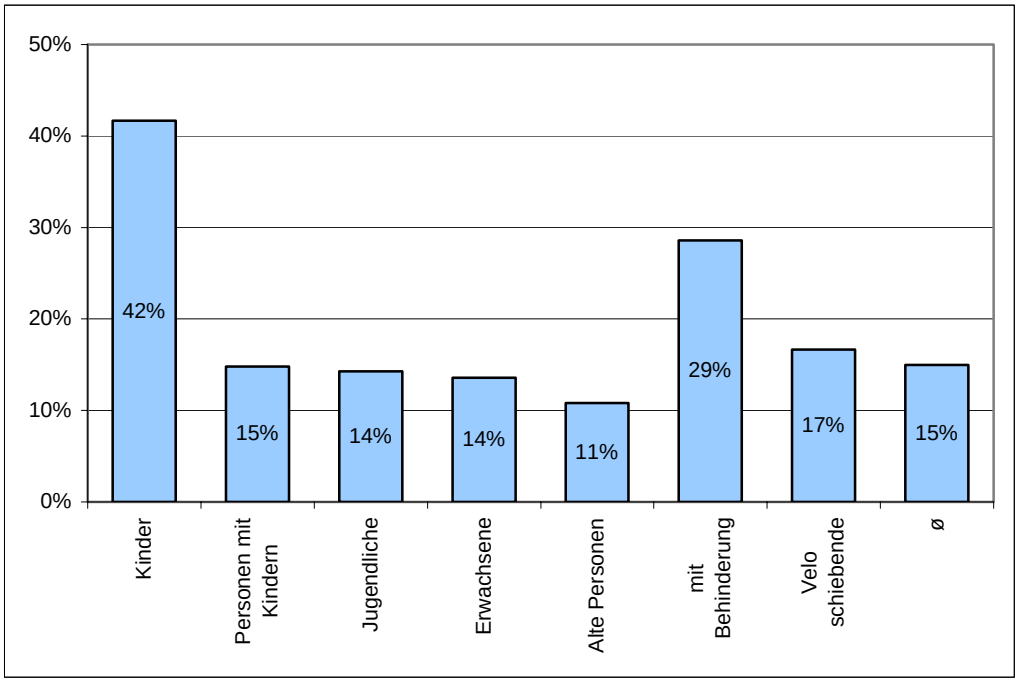


Vorausschauendes Anhalten

Bei einem Zebrastreifen mit einer Mittelinsel wird der Tatbestand der Vortrittsverweigerung erst erfüllt, wenn die querende Person die Mittelinsel erreicht hat. Dennoch hielten durchschnittlich 15% der Fahrzeuglenkenden vorausschauend auf der zweiten Fahrbahnhälfte bereits an, bevor die querende Person die Mittelinsel erreicht hat. Dieses Verhalten wird als "vorausschauendes Anhalten" bezeichnet. Dabei wird die rechtliche Vortrittsregelung zu Gunsten der Fussgänger nicht ausgeschöpft. Dieses Verhalten bringt einen hohen zusätzlichen Sicherheitsgewinn.

Die Untersuchung zeigt, dass sich das vorausschauende Anhalten stark nach Personentyp unterscheidet. Bei Kindern und bei Menschen mit Behinderung wird häufiger frühzeitig abgebremst oder angehalten als bei anderen Personentypen. Bei Kindern ist es beinahe die Hälfte aller Lenkenden auf der zweiten Fahrbahnhälfte. Bei Menschen mit Behinderung sind es 29%. Bei den anderen Personentypen liegt die Quote des frühzeitigen Anhaltens jeweils zwischen 11 und 15%. (Der Aufteilung nach verschiedenen Personentypen liegen allerdings geringe Fallzahlen zugrunde)

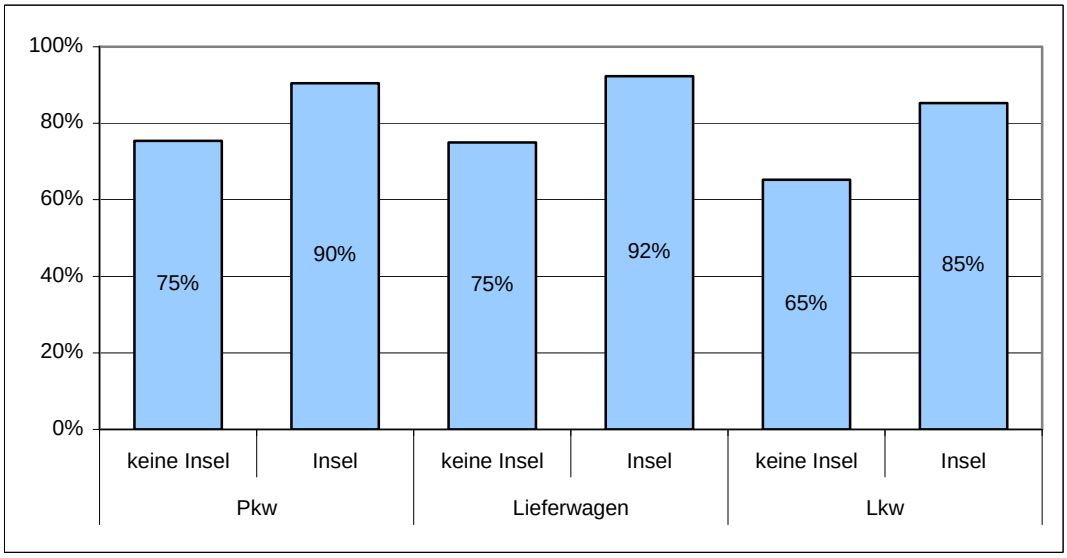
Grafik 22: Vorausschauendes Anhalten durch Lenkende von rechts



Anhaltequote nach Fahrzeugtyp

Die Anhaltequote wurde auch bezüglich Fahrzeugtyp ausgewertet. PW und Lieferwagen haben eine sehr ähnliche Anhaltequote: Ohne Insel 75%, mit Insel 90 bzw. 92%. Die Quoten bei den Lastwagen liegen mit 65% bzw. 85% tiefer. (Dieses Resultat basiert auf relativ geringen Fallzahlen bei Lieferwagen und LW: 42 bzw. 57 Fahrzeuge.)

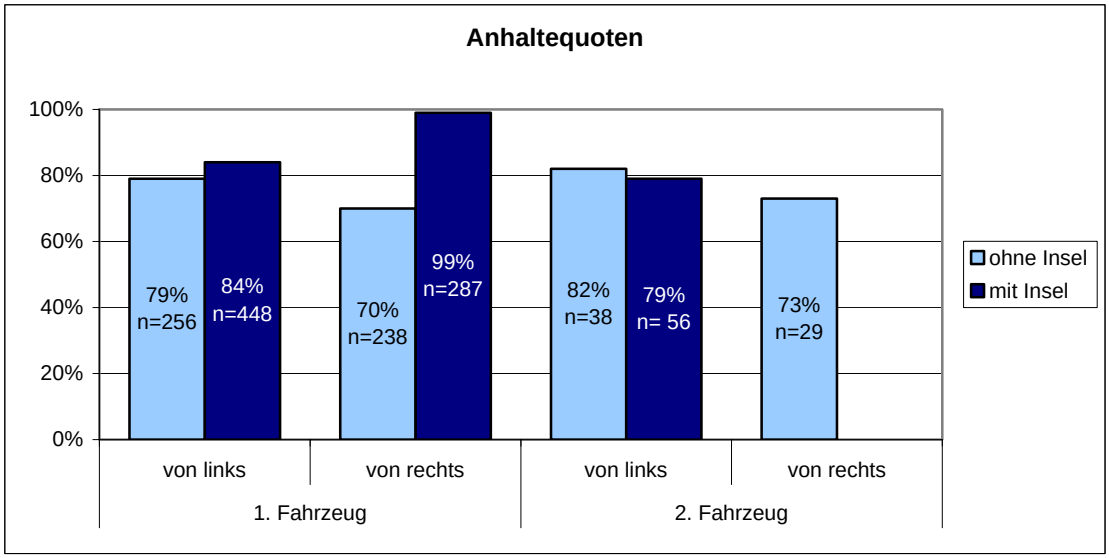
Grafik 23: Anhaltequote nach Fahrzeugtyp



Anhaltequote nach Richtung

Die Anhaltequoten wurden für die beiden Fahrstreifen separat sowie für das erste und zweite Fahrzeug in der Kolonne ausgewertet. Dies ergibt folgende Übersicht.

Grafik 24: Anhaltequoten in der Übersicht

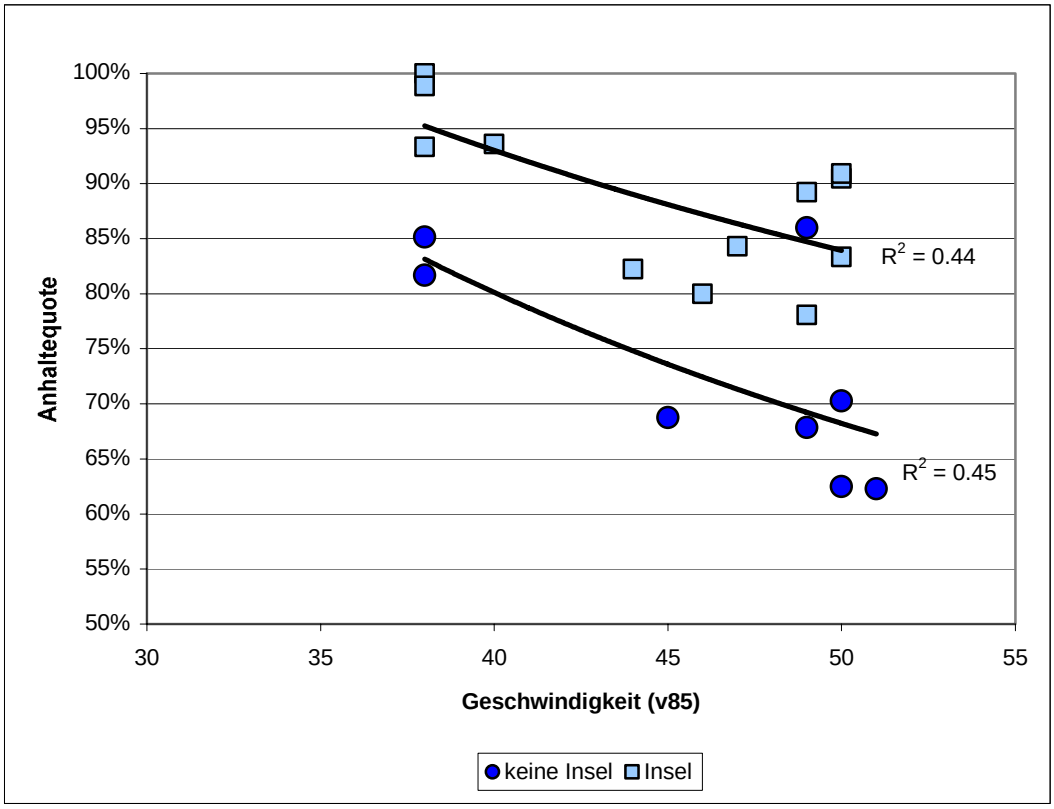


Für die Anhaltequote der Folgefahrzeuge liegen nur noch wenige Fälle vor. Es handelt sich hier um Situationen, wo das erste Fahrzeug durchgefahren ist (mit oder ohne Verweigerung).
Die Auswertung der Fälle "mit Insel von rechts" ist nicht mehr möglich, da hier in der Regel bereits das erste Fahrzeug hält. Es konnten nur noch 3 Fälle erfasst werden.

Anhaltequote und Durchschnittsgeschwindigkeit

Bei den untersuchten Fussgängerstreifen wurde mittels Radar die Geschwindigkeit je Richtung ermittelt (v85). Diese wurde mit der Anhaltequote korrelliert, wobei unterschieden wurde, ob eine Mittelinsel vorhanden ist oder nicht. Zusätzlich wurde die Anhaltequote je Fahrtrichtung differenziert. Obwohl die Datenbasis durch diese Differenzierung relativ schmal ist, zeigt sich ein klarer Zusammenhang von Anhaltequote und Geschwindigkeit. Dieser Befund stützt die Grafik, welche in der Literatur (vgl. Kap. 5.3) als Idealtypische Anhaltequote nach Annährungsgeschwindigkeit aufgeführt ist.

Grafik 25: Anhaltequote und Durchschnittsgeschwindigkeit



7. Untersuchungen mit Testpersonen

7.1 Anhalteverhalten der Autolenker: Versuche mit Testpersonen

An drei verschiedenen Standorten Seon, Teufenthal und Zürich löste eine Testperson zusätzliche Vortrittssituationen aus. Diese Methode wurde in der Studie des Kuratoriums für Verkehrssicherheit (Österreich) beschrieben und entsprechend übernommen. [10]

In Seon Teufenthal und Zürich wurden für jede untersuchte Situation je 30 Fussgänger-Lenker-Interaktionen erhoben, wobei ein Proband (männliche Person, nicht auffallend gekleidet) in Richtung Trottoirkante startet, sobald sich ein Fahrzeug 50m[11] vor dem Fussgängerstreifen befindet. Die Querung der Fahrbahn wird nach Aufnahme des Blickkontakts mit der lenkenden Person des herannahenden Fahrzeuges und entsprechend seiner Reaktion entweder fortgesetzt oder abgebrochen. Die Fahrzeuglenkenden werden folglich als "Anhaltende" (gewährt dem Fussgänger/Proband den Vortritt) oder "Durchfahrende“ registriert.

Die Versuchsanlage ist so angelegt, dass eine hohe Vergleichbarkeit gewährleistet ist. Einerseits wird ein standardisiertes Verhalten des Fussgängers gewählt, andererseits tritt der Fussgänger erst ins Blickfeld des Autolenkenden, wenn sich das Fahrzeug genau 50m vom Streifen entfernt befindet. Dazu ist eine zweite Person notwendig, welche der Testperson ein Zeichen gibt, wann sie ins Blickfeld des Autolenkenden treten soll. Diese zweite Person protokolliert die gesamte Situation.

Methodendiskussion

Grundsätzlich erlaubt diese Methodik eine hohe Vergleichbarkeit von verschiedenartigen Situationen und erlaubt auch interessante Interpretationen. In der erwähnten österreichischen Studie wurden damit insgesamt über 7'000 Interaktionen ausgelöst.

Bei unseren gleichartigen Versuchen ergaben sich allerdings Schwierigkeiten und Bedenken, die schliesslich nach 180 ausgelösten Interaktionen zu einem Abbruch des Einsatzes dieser Methode führten.

Einerseits wurde von Autolenkern, die diese Strecke in kurzer Zeit mehrmals passierten (davon gibt es erstaunlicherweise etliche: z.B. Handwerker, Bauverkehr, Anwohner in der Nähe) die Versuchsanlage als "verdächtiges" Verhalten interpretiert und die Polizei anvisiert. Die wissenschaftliche Untersuchung am Streifen war vorgängig vom Kanton genehmigt worden, ein entsprechendes Schreiben konnte der Polizeistreife, die bereits nach kurzer Zeit eingetroffen war, vorgelegt werden. Dennoch zeigte sich dabei klar, dass die Versuchsanlage von den Autolenkern nicht als "normal“ eingestuft wurde.

Andererseits ergaben sich auch Bedenken bezüglich Verkehrssicherheit. Die Situation, dass ein querungswilliger Fussgänger "plötzlich" am Strassenrand steht, entspricht zwar einer realen Situation. Bei unseren Versuchen mit der Testperson ergaben sich aber zwei kritische Situationen, die

---

10 Kuratorium für Verkehrssicherheit KfV; Dez. 2006; Verkehrssicherheitsvergleich unterschiedlicher Varianten der Schutzwegausstattung; im Auftrag des Verkehrsicherheitsfonds (MVVIT)

11 Grundsätzlich ist ein Anhalteweg von rund 30m ausreichend (1 sec Reaktionszeit = 14m Reaktionsweg + 7.5 m/sec2 Bremsverzögerung = 13m Bremsweg). In der Praxis kann aber eine solche Vollbremsung nicht erwartet werden. Sie wird nur eingeleitet, wenn sich der Fussgänger bereits auf dem Streifen befindet und somit eine Kollision verhindert werden muss. Für eine handhabbare Vortrittsgewährung wurde mit einer Reaktionszeit von 1.5 sec gerechnet und einer Bremsverzögerung von 3.75 m/sec2. Dies ergibt einen Reaktionsweg von 21m und einen Bremsweg von 26m, insgesamt also rund 50m.

zu einem brüsken Bremsmanöver, in einem Falle sogar zu einer Vollbremsung führten. Diese, durch die Versuchsanlage bewusst ausgelöste Verhaltenreaktionen, wurden in der Folge als problematisch eingestuft.
Aufgrund der relativ hohen Geschwindigkeiten und des dichten motorisierten Verkehrs mit oft ungenügenden Fahrzeugabständen bestand die Gefahr eines Auffahrunfalles. Nach der provozierten Interaktion, welche mit Vollbremsung der Fahrzeuglenkerin endete, wurden die Verkehrsversuche mit Testpersonen eingestellt.
Die bisherigen Versuche wurden noch ausgewertet, neue Versuche aber nicht mehr durchgeführt.
Ursprünglich war geplant, dass verschiedene Fussgängertypen (neben der erwachsenen Person war auch eine Situation mit einem Kind und einer alten Person vorgesehen) als Probanden eingesetzt werden und das Verhalten der Autolenkenden miteinander verglichen wird.

7.2 Anhaltequoten nach Fahrbahnhälften

Eine Auswertung der 205 Testquerungen mit Probanden ergab folgende Resultate.

Tabelle 13: Anhaltequoten mit standardisiertem Verhalten einer Testperson

	Anhaltequote	
	ohne Insel	mit Insel
Seon 1. Fahrbahnhälfte (Richtung Lenzburg)	65%	69%
Teufenthal 1. Fahrbahnhälfte (Richtung Zentrum)	19%	65%
Zürich, Wehntalerstrasse 1. Fahrbahnhälfte (Richtung stadtauswärt)		60%
Durchschnitt 1. Fahrbahnhälfte	42%	65%
Seon 2. Fahrbahnhälfte (Richtung Luzern)	35%	90%

In Seon und Teufenthal wurden zwei Versuchsreihen durchgeführt. Zuerst ohne die (markierte) Mittelinsel, dann mit der Insel. In Zürich fand der Versuch bei einer gebauten Insel statt.
Die zweite Fahrbahnhälfte wurde nur in Seon getestet. Die anderen Situationen waren ungeeignet für einen Test der zweiten Fahrbahnhälfte.
Die Auswertung zeigt den gleichen Befund wie bei den Videoanalysen: Die Anhaltequote mit Insel auf der zweiten Fahrbahnhälfte ist deutlich höher als auf der ersten Fahrbahnhälfte.
Auch hier muss auf die veränderte Testsituation mit Insel hingewiesen werden. Ohne Insel wartet die Testperson am Strassenrand. Sie geht erst los, wenn der Fahrzeuglenker von rechts sein Fahrzeug sichtlich verlangsamt und den Vortritt gewährt. Bei der Situation mit Insel startet die Person in der selben Art und Weise, wartet aber nicht am Strassenrand, sondern beginnt bereits mit der Querung der ersten Fahrbahnhälfte. Die Testperson erreicht dann die Mittelinsel, wenn der Lenker entweder noch durchfährt oder aber bereits vor der Insel anhält und die vortrittsberechtigte Querung ermöglicht.

Tabelle 14: Anhaltequoten mit standardisiertem Verhalten einer Testperson nach Fahrtrichtung

		Videoauswertung zufällig querende Fussgänger		Standardisierte Erfassung mit Testperson	
		ohne Insel	mit Insel	ohne Insel	mit Insel
1. Fahrzeug	von links	79%	84%	42%	65%
	von rechts	70%	99%	35%	90%

Der Vergleich mit zufällig querenden Personen zeigt, das die Anhaltequoten mit Testpersonen deutlich tiefer sind als beim Video. Dies ist vermutlich auf die grösseren Sichtdistanzen zurückzuführen.
Bei den Versuchen mit Testperson trat diese erst ins Blickfeld des Lenkenden, wenn das Fahrzeug 50m vom Streifen entfernt war. Die zufällig anwesenden FussgängerInnen traten oft schon früher ins Blickfeld und wurden daher schon aus grosser Distanz vom Lenker wahrgenommen. Entsprechend gross war dann auch die Reaktionszeit für den Bremsvorgang.

8. Fazit und Schlussfolgerungen

Die Resultate unserer Forschungsarbeit stützen die Befunde in der Literatur und konnten diese vertiefen. Die Interaktion zwischen Fahrzeuglenkenden und FussgängerInnen beginnt – wenn die Sichtverhältnisse es erlauben – bereits sehr früh, also in relativ grosser Distanz vor dem Fussgängerstreifen. Die Fussgängerinnen und Fussgänger beschleunigen oder verlangsamen ihren Schritt, um die Vortrittssituation für beide Beteiligten zu klären. Auch die Lenkenden reagieren und passen ihr Verhalten oftmals entsprechend an.

Mittels Videoaufnahmen konnten wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden. Insgesamt wurden 1560 Interaktionen zwischen FussgängerInnen und Lenkenden quantitativ statistisch ausgewertet. Die Beobachtungen stammen von 10 verschiedenen Fussgängerstreifensituationen. Die Aussagen beziehen sich auf diese – möglichst repräsentativ – ausgewählten Streifen. Eine Verallgemeinerung der Aussagen ist somit nur unter dem Vorbehalt dieser Repräsentativität möglich. Die Auswertungen zeigen viele plausible Resultate, andere sind aber durchaus neu und werden hier kurz präsentiert.

- 72% aller Querungen sind Querungen von Einzelpersonen. In 21% wird zu Zweit gequert und lediglich bei 7% wurde die Querung von mehreren Personen gleichzeitig vorgenommen.
- Die Fussgängerstreifen werden regelmässig von Personen mit Velo benützt (9%). Zwei Drittel schieben das Velo, ein Drittel quert fahrend.
  -> Bei der Planung von Querungsstellen sind die Velos vermehrt zu berücksichtigen.
- 9% der Querenden sind Kinder. Jedes vierte Kind rennt über den Streifen, wenn keine Insel vorhanden ist. Bei Streifen mit Inseln rennt "nur" jedes sechste Kind.
- Die Videoaufnahmen zeigen aber, dass Kinder in hohem Masse vorsichtig sind. Sie halten oft vor dem Streifen an und sichern mit Blickverhalten in beide Richtungen.
- Diese beiden Aussagen scheinen sich zu widersprechen. Es ist aber so, dass die Kinder oft anhalten und erst nachher rennen.
  -> Die Verkehrssicherheitsarbeit bei Kindern hat einen hohen Stand erreicht.
- Alte Personen und Menschen mit Behinderung sind **nicht** überdurchschnittlich vorsichtig. Sie verhalten sich lediglich durchschnittlich.
  -> Hier liegt noch ein Potenzial zur Erhöhung der Sicherheit.
- 4% der FussgängerInnen queren neben dem Fussgängerstreifen, wenn dieser keine Mittelinsel aufweist. Mit Mittelinseln sind es noch 2%. Die Mittelinsel führt auch dazu, dass eher senkrecht, also auf dem kürzesten Weg, gequert wird und nicht schräg.
  -> Die Mittelinsel bündelt die Fussgängerquerungen und fördert das sichere Verhalten der Fussgängerinnen und Fussgänger.
- Ca. 20% aller Fussgängerinnen und Fussgänger bedanken sich bei den Fahrzeuglenkenden für die Vortrittsgewährung. Dieser Anteil ist bei Fussgängerstreifen mit Mittelinsel deutlich höher als bei Fussgängerstreifen ohne Insel.

-> Die Kommunikation zwischen den Verkehrsteilnehmenden wird durch eine Mittelinsel begünstigt.

- Die aus dem Video ermittelten Anhaltequoten von zufällig anwesenden Passanten liegen zwischen 65% und 95%. Interessant ist insbesondere die Tatsache, dass die Anhaltequote bei Inseln deutlich höher ist, als ohne Insel. Dies konnte insbesondere bei den vorher-nachher-Untersuchungen mit markierten Fussgängerschutzinseln vergleichend untersucht werden.
  -> Mittelinseln führen zu höheren Anhaltequoten .

- Beim Vorhandensein einer Mittelinseln liegt die Anhaltequote deutlich höher, sowohl auf der ersten Fahrbahnhälfte (Fahrzeug von links) als auch auf der zweiten Fahrbahnhälfte (Fahrzeug von rechts). Hier halten viele Fahrzeuglenkende "vorausschauend" an – also bevor der Fussgänger die Insel erreicht hat.
  -> Mittelinseln führen insgesamt zu einem rücksichtsvolleren Verhalten und bieten damit mehr Sicherheit.

- Die Anhaltequoten werden durch den Fussgängertyp (Kinder, Erwachsene mit Kind, Erwachsene, alte Personen, Velo schiebende Person) kaum beeinflusst. Einzig für Menschen mit Behinderung wird deutlich öfters angehalten.
  -> Hier liegt noch ein Potenzial zur Verbesserung der Sicherheit. Eine höhere Anhaltequote sollte auch bei anderen, namentlich den besonders verletzlichen Personengruppen (Kinder, alte Personen) erreicht werden.

- Bei Einzelpersonen ist die Anhaltequote tiefer als bei Zweier- oder grösseren Gruppen.

- Verweigert der erste Lenker den Vortritt, so besteht eine höhere Wahrscheinlichkeit, dass auch der nachfolgende Lenker den Vortritt verweigert.
  -> Hier dürften zu geringe Fahrzeugabstände ein wichtiger Faktor sein; ein Aspekt der aber in vorliegender Studie nicht untersucht wurde.

- Die Anhaltequote wurde zusätzlich mit einem standardisierten Verhalten durch eine Testperson ermittelt. Die Sichtdistanz zwischen Lenker und querender Person wurde durch die Versuchanlage auf genau 50m definiert. Dabei lagen die Anhaltequoten deutlich tiefer als bei Querungen von zufällig anwesenden Personen. Hier war die Sichtdistanz grösser als 50m. Dieser Befund zeigt, dass die meisten Interaktionen bereits mehr als 50m vor dem Streifen beginnen.
  -> Gut einsehbare Warteräume führen zu besseren Anhaltequoten.

- Der in der Literatur ermittelte enge Zusammenhang von gefahrenen Geschwindigkeiten und Anhaltequoten konnte –allerdings mit geringen Fallzahlen – bestätigt werden.
  -> Eine mathematische, formelmässige Erfassung dieses Zusammenhangs wäre für die Verkehrssicherheitsarbeit von Bedeutung.

9. Weiterer Forschungsbedarf

Im Rahmen der Forschungsarbeit konnten diverse Befunde aufgezeigt werden, die aber in zusätzlichen Untersuchungen noch vertieft und breiter abgestützt werden sollten.
Mit dem **Lasersensor** sind in kurzer Zeit eine grosse Menge von Informationen gleichzeitig erfassbar. Dies erlaubt grundsätzlich ein grosses Spektrum von wissenschaftlichen Auswertungsmöglichkeiten.

- Für den Einsatz von Lasersensoren ist eine gezielte Weiterentwicklung der Software notwendig. Wichtig sind dabei Visualisierungen in Echtzeit, um die entscheidenden Interaktionen eingrenzen und Algorithmen bilden zu können. Mit dem Lasersensor können Analysen von Fahrzeugverhalten (PW, LW), Geschwindigkeitsprofile, das Spurverhalten, Abstandsverhalten und vieles mehr erfasst werden. Auch bezüglich Interaktionen zwischen verschiedenen Verkehrsteilnehmenden ist der Lasersensor grundsätzlich geeignet.
- Für die Interaktion zwischen Fahrzeuglenkenden und FussgängerInnen müssten zwei Sensoren gekoppelt werden, um eine genügend grosse Fläche erfassen zu können. Die Technologie ist für andere Einsatzzwecke bereit erprobt, müsste aber für des Verhalten am Fussgängerstreifen noch spezifisch weiterentwickelt werden. Die Lasertechnologie kann theoretisch auch für Ordnungsbussen eingesetzt werden, wie dies bei Geschwindigkeitsmessungen bereits geschieht. Die Erkenntnisse der Testphase mit dem Lasersensor zeigen ein grosses Potenzial der Lasererfassung, das aber im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht zur Einsatzreife gebracht werden konnte.

Die Erfassung mit **Video** und die quantitativen Auswertungen können über das konkrete Verhalten am Fussgängerstreifen ein grosses Spektrum an Verhaltensparameter liefern. Hier wäre eine weitere Vertiefung der Analysen sinnvoll:

- Videoanalyse: Versuchsreihe mit einer deutlich grösseren Zahl von Fussgängerstreifen, um die statistische Signifikanz zu erhöhen und Effekte, die auf einzelne Streifen zurückzuführen sind, zu minimieren.
- Differenzierung von verschiedenen Streifentypen, namentlich Fahrbahnbreiten, Umfeld des Streifens, Lage innerhalb der Siedlung, stark und schwach begangene Streifen usw.
- Auswirkungen der Fahrzeugmenge und der Fahrzeugabstände auf die Anhaltequoten.
- Ermittlung der Anhaltequoten differenziert nach Annäherungsgeschwindigkeiten.
- Testen von Massnahmen zur Erhöhung der Anhaltequote.

Für die Ermittlung der **Anhaltequote** ist ein standardisiertes Verfahren zu entwickeln. Dieses soll so aufgebaut sein, dass die Vergleichbarkeit verschiedener Orte möglich ist. Dieses Verfahren soll sowohl für Forschungszecke anwendbar sein als auch für die Polizei zur Kontrolle der Anhaltepflicht .

10. Literatur

Arbeitsgruppe Verkehrssicherheit, 1987: Sicherheit an Fussgängerstreifen. Bern

ASTRA Expertengruppe Verkehrssicherheit, 1998, Tödliche Verkehrsunfälle auf Fussgängerstreifen, Bern

Belloli, Thomas, Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kt. AG, Fussgängersicherheit im Kanton Aargau, 2008, Grundlagenbericht zu Fussgängerquerungen, Aarau

bfu, Ewert, Uwe 1997, Neue Regelung am Fussgängerstreifen: Verhaltensänderungen bei Fussgängern und Autofahrern, Einige Beobachtungsstudien

bfu, Walter Esther u.a. 2007, Sicherheitsdossier Fussverkehr, Unfallgeschehen, Risikofaktoren und Prävention, Bern

bfu; Ernst Basler & Partner, 1983: Einfluss der Anzahl von Fussgängerstreifen auf das Unfallgeschehen mit Fussgängern. Bern

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, 2001: Richtlinien für die Anlage und Ausstattung von Fussgängerüberwegen. Köln

Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kt. AG, Fussgängersicherheit im Kanton Aargau, 2008, Grundlagenbericht zu Fussgängerquerungen, Aarau

Dietiker et al. 1994, Verstetigung des Verkehrs durch bauliche und organisatorische Massnahmen, TBA Kt. Bern

ETH/IVT Volkswirtschaftsdirektion des Kt. ZH, IVT-ETH, 2008, Versuch mit markierter Fussgängerschutzinsel, Zürich

Fontaine, H. and Gourlet, Y. (1996) Fatal pedestrian accidents in France: A typological analysis. Accident Analysis and Prevention, vol. 29, no. 3, pp. 303-312.

Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, 2002: Empfehlungen für Fussgängerverkehrsanlagen EFA. Köln

Füsser Klaus et al., 1993: Sicherheitsbewertung von Querungshilfen für den Fussgängerverkehr. Verkehrstechnik Heft V 4. Bremerhaven

Ghielmetti Marco et al., 2006: Fussgängerstreifenlose Ortszentren. SVI-Studie, Bern

Holland, C. and Hill, R. (2007) The effect of age, gender and driver status on pedestrians' intentions to cross the road in risky situations. Accident Analysis and Prevention, vol. 39, no. 2, pp. 224-237.

Institut Belge pour la securité routière, 1998: Passages pour piétons. Bruxelles

Institut Belge pour la securité routière, 1999: Traversées piétonnes. Bruxelles

Kuratorium für Verkehrssicherheit (kfv) 2006, Verkehrssicherheitsvergleich unterschiedlicher Varianten der Schutzwegausstattung, Wien

Laube Roger et al., 2000: Beurteilung der Anordnung von Fussgängerstreifen. Zürich

Lee, C. and Abdel-Aty, M. (2005) Comprehensive analysis of vehicle-pedestrian crashes at intersections in Florida. Accident Analysis and Prevention, vol. 37, no. 5, pp. 775-786.

Lindenmann H.P. et al., 2003: Auswirkungen passivbeleuchteter Fussgängerstreifen auf die Verkehrssicherheit. Zürich

Ortlepp Jörg, Ziegler Udo, 2002: Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung von Fussgängerüberwegen. Düsseldorf

Oxley, J. A., Ihsen, E., Fildes, B. N., Charlton, J. L. and Day, R. H (2005) Crossing roads safely: An experimental study of age differences in gap selection by pedestrians. Accident Analysis and Prevention, vol. 37, no. 5, pp. 962-971.

Schlüter, Thomas et al., 1992: Zebrastreifen - Schritte zur Fussgängerstadt. Berlin

Schmitz et al., 1996: Fussgängerquerungsanlagen innerhalb bebauter Gebiete. FGSV-Arbeitspapier Nr. 39. Köln

Sisiopiku, V. P. and Akin, D. (2003) Pedestrian behaviors at and perceptions towards various pedestrian facilities: An examination based on observation and survey data. Transportation Research Part F, vol. 6, no. 4, pp. 249-274.

Stadtpolizei Zürich, Abteilung für Verkehr, Unfallverhütung, 1982: Kommunikation am Fussgängerstreifen. Zürich

Stewart John, 1999: Rough Crossing. London

te Velde, A. F., van der Kamp, J., Barela, J. A. and Savelsbergh, G. J. P. (2005) Visual timing and adaptive behaviour in a round crossing simulation study. Accident Analysis and Prevention, vol. 37, no. 3, pp. 399-406.tcs, Pucci Thierry, 2007, Projet pilote tcs "securisation des passages piétons", Vernier

Várhelyi, A. (1998) Drivers' speed behaviour at a zebra crossing: A case study. Accident Analysis and Prevention, vol. 30, no. 6, pp. 731-743.

Wiebusch-Wothge Rainer, 1989: Kriterien für Gestaltung, Einsatz und Sicherheit von alternativen Fussgängerüberwegen. Bericht zum Forschungsprojekt 8023. Bergisch Gladbach

Zegeer Charles V. et al., 2002: Safety Effects of Marked vs. Unmarked Crosswalks at uncontrolled Locations - Executive Summary and Recomemended Guidelines. Georgetown

Anhang A Grundlagen zur Lasermethodik

A1 Prototyp

Ausstattung des Gerätes:

Das eingesetzte Messgerät ist ein eigens entwickelter Prototyp und besteht aus folgenden Komponenten:

- Laserscanner
- Rechner
- Ladegerät
- 2 Auto-Batterien
- Massive Bodenplatte
- Säule zur Montage der verschiedenen Komponenten
- Lüftung
- Metallhülle mit Sichtfenster

Mit einer zylinderförmigen Metallhülle und einem Durchmesser von rund 40 cm sieht das Gerät wie ein moderner Abfallkübel aus und fällt daher kaum auf. Gerade im Zusammenhang mit möglichen Folgen des Vandalismus ist dies ein wichtiger Vorteil. Zudem kann davon ausgegangen werden, das durch das Objekt selber das Verhalten am Fussgängerstreifen nicht beeinflusst wird.

Im Verlauf der Entwicklung des Prototypen mussten diverse Probleme gelöst werden. Er überhitzte sich an heissen Sommertagen (Einbau Lüftung), Regenwasserprobleme mussten gelöst werden (Änderung Grundkonstruktion). Gegen den allfälligen Vandalismus wurde ein schlagfestes Spezialglas eingebaut. Dieses Glas führte aber zu Spiegelungen, welche die Datengenauigkeit des Lasersensors beeinträchtigten.
Der Betrieb erfolgt entweder mittels Batterien (2 Autobatterien reichen für fünf Stunden) oder mittels externer Stromversorgung ab einem normalen 220V Anschluss.

Standortevaluation

Gesucht wurden möglichst "typische“ Standorte von Fussgängerstreifen.

- Geraden Strecke, möglichst ohne Fremdeinflüsse wie Einlenker, Ausfahrten usw.
- Relativ hohe Verkehrsbelastung und möglichst grosse Anzahl von Fussgängerquerungen, um eine hohe Anzahl von Begegnungsfällen zu erreichen.
- Situationen, wo der Einbau einer Mittelinsel geplant ist (Vergleich vorher – nachher)

A2 Testmessungen

Folgende Testmessungen wurden durchgeführt:

Baar, Hauptstrasse

- Dauer: 8. Juni 2006, 11.15 – 14.15 Uhr
- Hauptstrasse Tempo 50 km/h, innerorts, Zentrum, Fussgängerstreifen vor der Post
- Beidseitiges Trottoir, keine Mittelinsel, Fahrbahnbreite 6 m
- Wetter: trocken, sonnig
- DTV: ca. 10'000 Fzg/Tag

Bei der Ortsdurchfahrt von Baar handelt es sich um eine neu gestaltete Strasse mit relativ schmaler Fahrbahn und niedrigen Randabschlüssen.

Zürich, Bahnhofquai, Höhe Mühlesteig

- Dauer: 22. Juni 2006, 14.00 – 16.30 Uhr
- Hauptstrasse Tempo 50 km/h, innerorts, Fussgängerstreifen Waisenhausplatz / Mühlesteg
- Mittelinsel
- Fahrbahnbreite 8 m
- Wetter: trocken, bewölkt, zeitweise leichter Nieselregen
- DTV: ca. 24'000 Fzg/Tag

Beim Waisenhausplatz/Mühlesteg quert eine viel begangene Fusswegverbindung den stark befahrenen Bahnhofquai. Die Fahrzeuge kommen hier direkt von der Unterführung mit relativ hohen Geschwindigkeiten. Der Strassenverlauf weist vor dem Streifen eine Steigung auf (die Autos kommen aus der Unterführung). Dies beeinträchtigte die Sichtdistanz des Laser und somit die Aufnahmequalität. Die Aufnahmen konnten in der Folge für die weiteren Auswertungen nicht verwendet werden.

Luzern, Zentralstrasse

- Dauer: 29. Juni 2006, 12.10 – 14.10 Uhr
- Hauptstrasse Tempo 50 km/h, innerorts, Zentrum, Fussgängerstreifen beim Bahnhof-Nebeneingang
- Mittelinsel, beidseitige Radstreifen
- Fahrbahnbreite 10m
- Wetter: bewölkt, zeitweise leichter Regen
- DTV: ca. 19'000 Fzg/Tag

Die Zentralstrasse führt parallel zu den Gleisen entlang des Bahnhofs Luzern und weist eine hohe Verkehrsbelastung auf. Ein Seitenausgang des Bahnhofs führt auf den Fussgängerstreifen, welcher daher stark begangen wird. Eine gewisse Schwierigkeit boten an diesem Standort die am Strassenrand platzierten Veloabstellplätze.

Luzern, Schlösslihalde (Wochenmessung)

- Dauer: 25. Juli 2006, 11.00 Uhr bis 2. August 2006, 8.00 Uhr
- Hauptstrasse Tempo 50 km/h, innerorts, Ausfallstrasse, Fussgängerstreifen zu neuem Wohnquartier
- beidseitiges Trottoir, keine Mittelinsel, nähe Bushaltestelle
- Fahrbahnbreite 10m
- Wetter: sonnig, heiss
- DTV: ca. 10'000 Fzg/Tag

Der Fussgängerstreifen Schlösslihalde verbindet ein neu erstelltes Wohnquartier mit der nahe gelegenen Bushaltestelle. Eine Vorher-Nachher-Untersuchung sollte den Vergleich der Situation mit und ohne Mittelinsel erlauben. Eine Wochenmessung erfolgte knapp vor Einbau einer Mittelinsel. Die Frequenzen während den Sommerferien waren allerdings gering. Die Nachher-Messung wurde nicht mehr ausgeführt, einerseits weil keine genügende Anzahl Querungen ermittelt werden konnten, andererseits weil zwischenzeitlich die Projektanlage neu überdacht wurde.

Zürich Zeltweg (Wochenmessung)

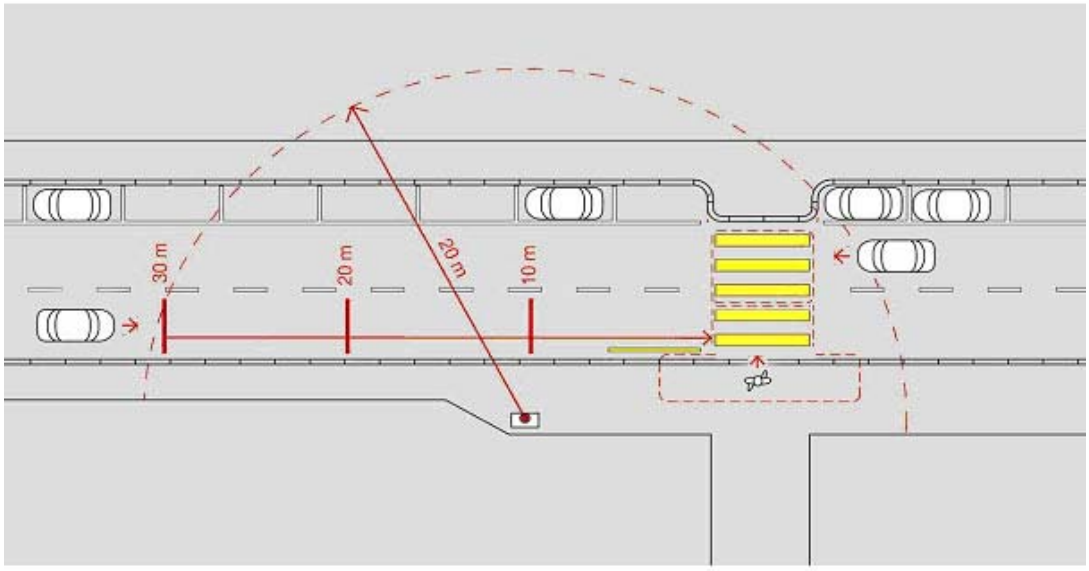
- Dauer:
  8. August 2006, 11.00 Uhr bis
  15. August 2006, 11.00 Uhr
- Hauptstrasse Tempo 50 km/h, innerorts
- beidseitiges Trottoir, keine Mittelinsel,
- Fahrbahnbreite 6 m
- Wetter: wechselhaft, regnerisch
- DTV: ca. 20'000 Fzg/Tag

Der Zeltweg ist eine relativ schmale, hoch belastete Strasse im Innenstadtbereich von Zürich zwischen Kreuzplatz und Pfauen. Da der Verkehr am Kreuzplatz und am Pfauen mit einer Lichtsignalanlage geregelt ist, fährt der Verkehr paketweise durch die Strasse. Dadurch lassen sich Rückschlüsse auf das Verhalten im Kolonnenverkehr ableiten.
Mit dem Einsatz einer Testperson wurde die Querungshäufigkeit während 40 Minuten erhöht. Es wurden damit zusätzliche Begegnungsfälle provoziert.

A3 Theoretische Grundlagen zu Definition des Begegnungsfalles

Die Versuchsanordnung ist in Grafik 26 dargestellt. Der Lasersensor steht ca. 10m vor dem Fussgängerstreifen. Die Reichweite des Sensors, in welchem er genügend genaue Daten liefert, beträgt 20m. Damit kann sowohl der Fussgängerstreifen als auch die Fahrbahn erfasst werden. Die Fahrbahn wird nur von links her erfasst.

Grafik 26: Versuchsanordnung



Zur Analyse des Verhaltens am Fussgängerstreifen wurde die mit dem Messgerät erfassbare Fläche in verschiedene Zonen unterteilt

- die Wartezone für die Fussgänger auf beiden Seiten der Strasse
- Fussgängerstreifen (unterteilt in je eine Fahrbahnhälfte)
- Verzögerungsstrecke auf der Fahrbahn für Fahrzeuge, die von links kommen (unterteilt in verschieden Teilflächen)

Anhand der "Belegung“ dieser Zonen wurde der "Begegnungsfall" definiert.

- Ein Begegnungsfall findet dann statt, wenn ein Fussgänger am Strassenrand wartet und ein Fahrzeuglenker die Verzögerungsstrecke befährt.

In einem zweiten Schritt müssen drei Fälle unterschieden werden.

- Vortrittsgewährung (Fahrzeug hält und gewährt Vortritt oder Fahrzeug bremst und gewährt Vortritt ohne anzuhalten.)
- Vortrittsverweigerung (Fahrzeug fährt durch, obwohl die Möglichkeit zum Anhalten gegeben wäre)
- Durchfahrt ohne Vortrittsverweigerung (da der Lenker nicht mehr halten kann)

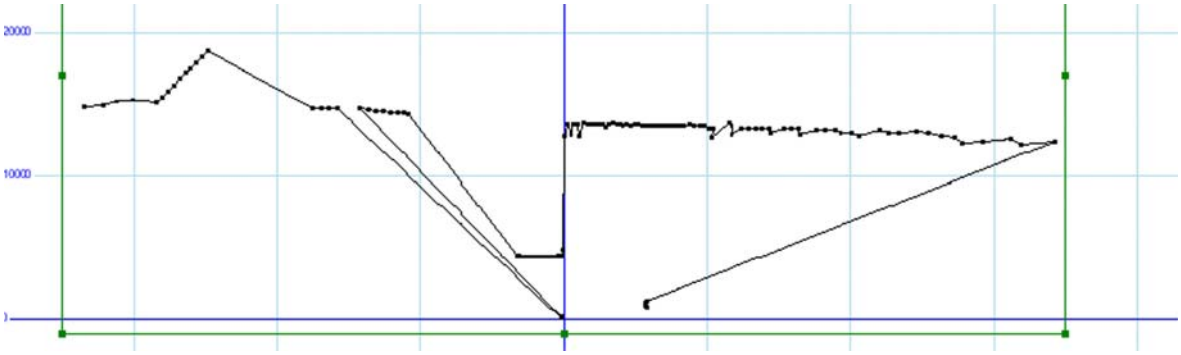
Die Algorithmen für die Definition dieser verschiedenen Fälle wurden in mehreren Schritten verfeinert.

A4 Berechnung der Objekte und der Begegnungsfälle

Die in den verschiedenen Messreihen aufgenommenen Daten wurden mittels eines speziell entwickelten Programms in mehreren Schritten ausgewertet. Im fFolgenden werden diese Schritte kurz dargestellt.

1. Schritt: Trajektorien berechnen

Grafik 27: Rohdarstellung der Laseraufnahme



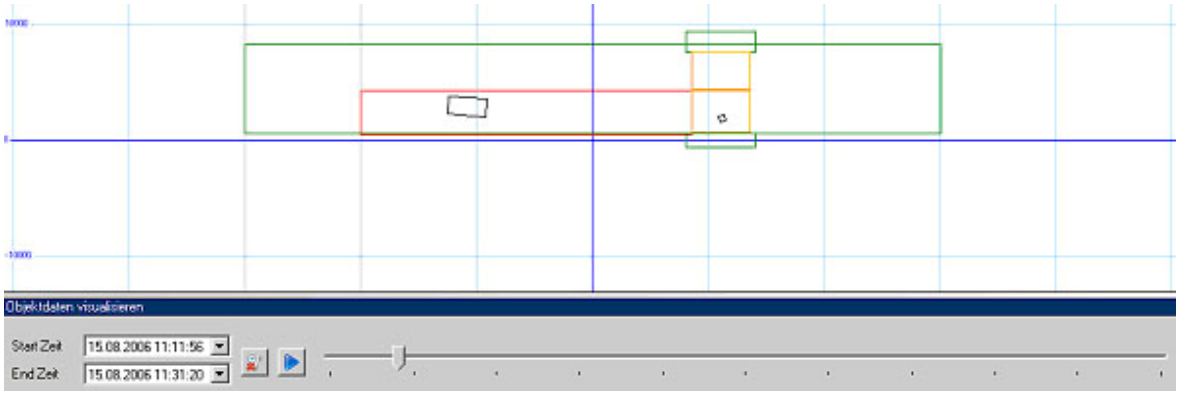
Grafik 27 zeigt die originale Laseraufnahme. In der oberen Hälfte des Bildes wird die Strassenbegrenzung als verbundene Punkteschar dargestellt. In der Mitte ist ein Fahrzeug zu erkennen, rechts ein Fussgänger. In der linken Hälfte, vom Nullpunkt ausgehend, besteht ein Spiegelungseffekt.
Die Messung kann abgespielt und damit visualisiert werden. Zu sehen sind eine Punkteschar, bewegte und unbewegte Punkte.

In einem ersten Schritt werden nun alle unbewegten (statischen) Objekte herausgefiltert. Es verbleiben die bewegten Objekte. Mittels Algorithmen werden diese aufgrund ihrer Grösse und ihres Bewegungsverhaltens den einzelnen Verkehrsmitteln bzw. Verkehrsteilnehmenden zugewiesen. Es wird also festgelegt, ob es sich um einen Fussgänger, ein Auto, einen Lastwagen oder um ein Zweirad handelt.
Diese Objekterkennung musste in diversen Programmierschritten verbessert werden. Es galt verschiedene Probleme wie Abschattung, Spiegelung und Objektverfolgung so zu lösen, dass die Objektzuordnung eine möglichst hohe Genauigkeit aufweist.
Als Resultat wird das Verkehrsmittel als rechteckige Box dargestellt, welche sich auf Trajektorien, (Vektorlinien) bewegt. Diese Rechenschritte benötigen relativ viel Zeit. Die Auswertung einer Stunde Aufnahmezeit dauert je nach Anzahl Fahrzeuge und Rechnerleistung 20 bis 30 Minuten.

2. Schritt: Berechnung der Begegnungsfälle

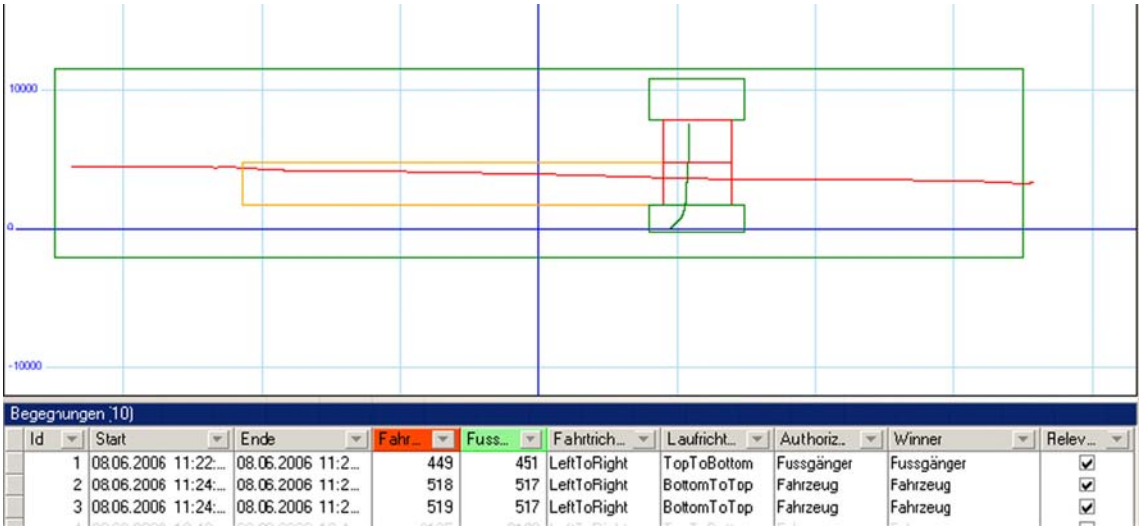
Nach der Berechnung der Trajektorien sind die Objekte als Vierecke auf dem Bildschirm erkennbar. Die Situation kann nun wiederum abgespielt werden. Der Fussgängerstreifen, die Wartebereiche und die Verzögerungsstrecke vor dem Fussgängerstreifen werden eingezeichnet. Nun können die Begegnungsfälle ermittelt werden. Sobald ein Fussgänger in den Warteraum tritt, wird ermittelt, ob sich ein Fahrzeug auf der Verzögerungsstrecke vor dem Fussgängerstreifen befindet.

Grafik 28: Aufgearbeitete Darstellung der Laseraufnahme



Die beiden Wartebereiche (grün), der Streifen (gelb) sowie die Verzögerungsstrecke (rot) sind für die Definition der Begegnung relevant. Das Fahrzeug sowie ein Fussgänger sind als kleine schwarze Rechtecke erkennbar.
Die Auswertung der Begegnungsfälle erfolgt lediglich auf der dem Messgerät zugeordnetem Fahrstreifen (Fahrverkehr von links), aber für den Fussverkehr von beiden Richtungen (von oben und unten). Die Auswertung von Begegnungsfällen auf der gegenüberliegenden Seite ist wegen des Einzugsbereiches des Scanners und wegen Abdeckungen im Verkehr nur schlecht oder gar nicht möglich.

Grafik 29: Ermittlung der Interaktionen



Die Lage und die Richtung der Fussgänger und der Fahrzeuge werden aufgezeichnet. In der Liste zu den Begegnungsfällen werden die Objektnummern der einzelnen Fahrzeuge und Fussgänger sowie die Fahrtrichtung aufgelistet. Zudem wird aufgezeichnet, wer im Fall der Begegnung vortrittsberechtigt war und wer den Vortritt tatsächlich beansprucht hat.
Die einzelnen Begegnungsfälle können als Film abgespielt werden. Dies erlaubt eine Handselektion, nach dem Kriterium, ob der mit dem Programm ermittelte Begegnungsfall für die Untersuchung tatsächlich relevant ist.
Das Verhalten der in den Begegnungsfall involvierten Objekte kann näher analysiert werden. Von besonderem Interesse ist hierbei das Geschwindigkeitsverhalten der Fahrzeuge vor dem Fussgängerstreifen.

Grafik 30: Situation und Geschwindigkeitsprofil

Grafik 30 zeigt zwei übereinander gelegte Begegnungsfälle. In der oberen Hälfte ist die Situation im Grundriss dargestellt, unten der Geschwindigkeitsverlauf zweier Fahrzeuge.

Anhang B Erhebungen mit Videogeräten

Im folgenden werden die Orte, an denen Videoaufnahmen stattfanden kurz dokumentiert

B1 Rubigen, Thunstrasse

Blick Richtung Thun

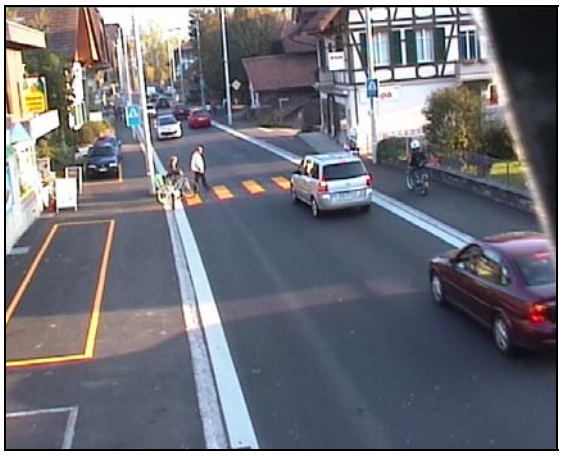
Blick Richtung Bern

Charakterisierung

- Kantonsstrasse: Tempo 50km/h, innerorts, Zentrum, beidseitiges Trottoir
- keine Mittelinsel / Fahrbahnbreite 6.75 m
- DTV 7'000
- Aufnahmedatum: 15./16.10.07
- Geschwindigkeit: eigene Messung: v85 = 50 km/h / v50 = 45 km/h

- ländliche Situation
- Signal 4.11 beidseitig

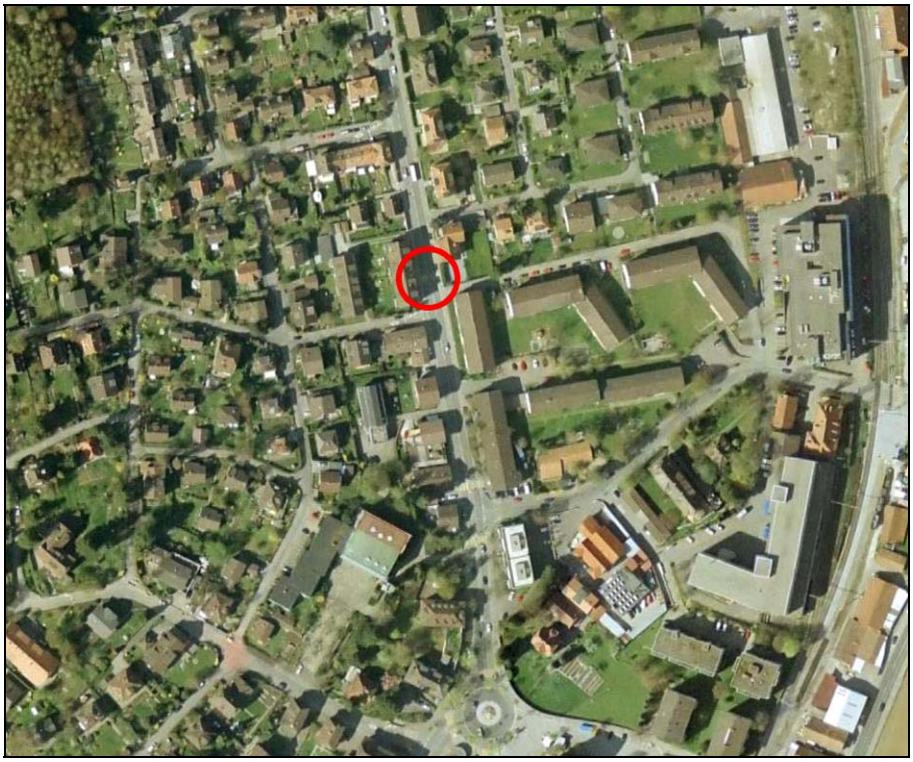
Die Thunstrasse in Rubigen (2643 EinwohnerInnen) ist die ehemalige Hauptverbindungsstrasse zwischen Thun und Bern. Heute übernimmt die Autobahn A6 diese Aufgabe.
Die Thunstrasse wurde 2004 umgestaltet und optisch durch weisse Randmarkierungen (Bänder am Fahrbahnrand) auf 6m verschmälert. Zur Sicherung des Wartebereichs wurden Schutzpfosten am Fahrbahnrand angebracht. Diese stehen unmittelbar am Fahrbahnrand. Auch die Beleuchtungskandelaber stehen relativ nahe am Fahrbahnrand.
Der Fussgängerstreifen bei der Drogerie liegt auf dem Weg zwischen dem westlichen Dorfteil (Unterdorf) und dem Bahnhof in der Dorfmitte sowie der Schulanlage östlich der Eisenbahnlinie (Oberdorf). In der Nähe des Fussgängerstreifens befinden sich zudem verschiedene Einkaufsgeschäfte. Die Fussgängerfrequenz ist entsprechend hoch.
Die Strasse wirkt durch die Gestaltung und die nahe am Fahrbahnrand stehenden Gebäude eher eng.



Videobild: Blick Richtung Thun

Videobild: Blick Richtung Bern

B2 Köniz, Könizstrasse beim Thomasweg



Blick Richtung Köniz

Blick Richtung Bern

Charakterisierung

- Kantonsstrasse: Tempo 50km/h, innerorts, Zentrum, beidseitiges Trottoir,
- Mittelinsel 1.5m / Fahrspur 2 x 3.15m (+ 50 cm Pflästerungsstreifen)
- DTV 14'000
- Aufnahmedatum: 15./16.10.07
- Geschwindigkeit: eigene Messung: v85 = 45 km/h / v50 = 41 km/h
- städtische Situation
- Signal 4.11 in der Mitte und beidseitig

Videobild Blick Richtung Bern

Der Fussgängerstreifen an der Könizstrasse in Köniz (38'000 Einw.) befindet sich in einem Wohnquartier, in der Nähe des Zentrums. Die Strasse führt vor allem zu Pendlerzeiten viel Verkehr, der sich aufgrund der Fahrbahnhaltestellen des Linienbusses schnell staut. Die gemessenen Geschwindigkeiten sind daher relativ tief.
Die Fahrbahn ist 7.80m breit. Im Bereich der 1.5m breiten Insel wurde ein überfahrbarer Pflästerungsstreifen auf Strassenniveau angebracht. Dadurch wird die Durchfahrtsbreite bei der Insel um 50cm auf 3.75m verbreitert.
Die meisten querenden Fussgängerquerungen sind Buspassagiere, welche die Bushaltestelle aufsuchen.

B3 Zürich, Wehntalerstrasse bei der Haltestelle Birchdörfli

Blick Richtung Zentrum

Blick Richtung Affoltern

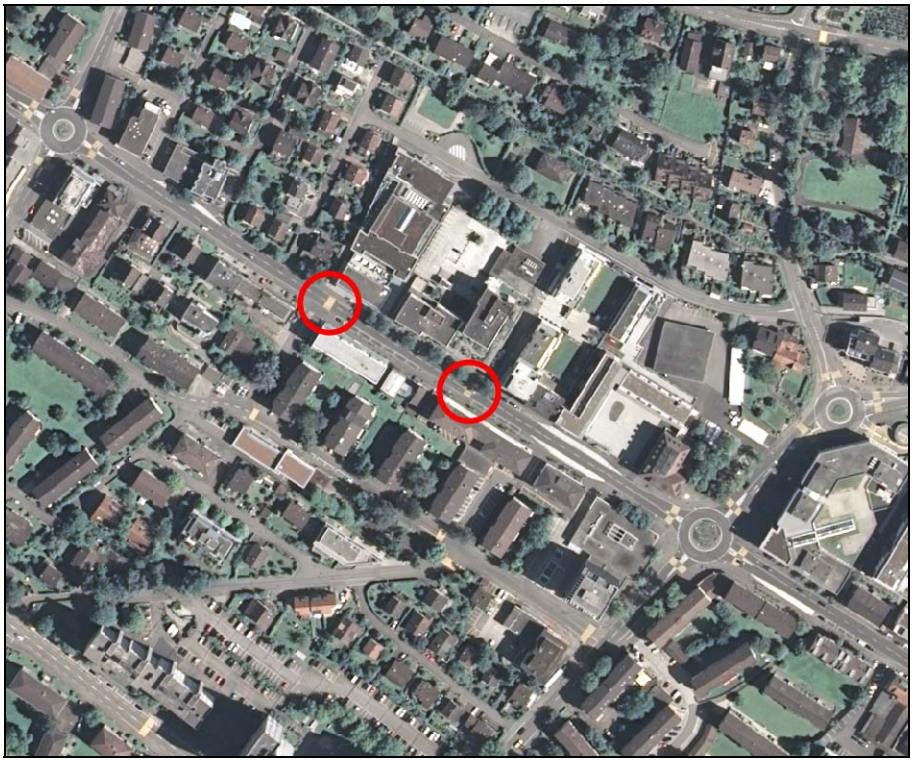
Charakterisierung

- Kantonsstrasse: Tempo 50km/h, innerorts, nicht zentral, beidseitiges Trottoir,
- Mittelinsel 1.5m / Fahrspur 2 x 3.50m
- DTV 14'000
- Aufnahmedatum: 24./25.09.07
- Geschwindigkeit: eigene Messung: v85 = 49 km/h / v50 = 45 km/h
- städtische Situation
- Signal 4.11 in der Mitte

Die Wehntalerstrasse verbindet Zürich Affoltern (und die Autobahn A1) mit dem Stadtzentrum und ist stark befahren. Der Fussgängerstreifen befindet sich zwischen einem Wohnquartier und dem Friedhof, verbindet jedoch auch den angrenzenden Kindergarten und die nahe Kantonsschule mit der Bushaltestelle Richtung Zentrum.

Videobild: Blick Richtung Zentrum

B4 Wettingen, Landstrasse beim Migros (westlich)



Situation vorher: keine Insel

Blick Richtung Würenlos

Blick Richtung Baden

Charakterisierung

- Kantonsstrasse: Tempo 50km/h, innerorts, zentral, beidseitiges Trottoir,
- ***Vorher:*** keine Mittelinsel, Fahrspur 7.50m
- ***Nachher:*** Mittelinsel 1.5m, Fahrstreifen 2 x 3m.
- DTV 13’000
- LW-Anteil 4%
- Aufnahmedatum: 16.8.07 (vorher) / 13.10.07 (nachher)

- Geschwindigkeit: eigene Messung: v85 = 38 km/h / v50 = 33 km/h
- städtische Situation
- ***Vorher***: Signal 4.11 einseitig, Richtung Würenlos
- ***Nachher***: Signal 4.11 in Strassenmitte

Videobild vorher: Blick Richtung Würenlos

Situation nachher: Markierte Insel

Blick Richtung Würenlos

Blick Richtung Baden

Videobild nachher: Blick Richtung Baden

B5 Wettingen, Landstrasse beim Migros (östlich)

Gebaute Insel

Blick Richtung Würenlos

Blick Richtung Baden

Videobild: Blick Richtung Würenlos

Charakterisierung

- Kantonsstrasse: Tempo 50km/h, innerorts, zentral, beidseitiges Trottoir,
- Mittelinsel 1.5m, Fahrstreifen 2 x 3.75 m.
- DTV 13’000
- LW-Anteil 4%
- Aufnahmedatum: 16.8.07
- Geschwindigkeit: eigene Messung: v85 = 38 km/h / v50 = 33 km/h
- städtische Situation
- Signal 4.11 in Strassenmitte

Die Landstrasse in Wettingen (18'600 Einw.) ist sowohl Durchgangsachse als auch wichtige Geschäftsstrasse.
Die untersuchten Fussgängerstreifen liegen 70m von einander entfernt westlich und östlich der Migros. Die hohe Nutzungsdichte mit einer Vielzahl von Einkaufsgeschäften hat entsprechend hohe Fussgängerfrequenzen zur Folge. Darüber hinaus verbindet der Fussgängerstreifen das angrenzende Wohngebiet mit dem Geschäftszentrum. Vormittags queren insbesondere ältere Perso-

nen und Mütter mit Kindern den Fussgängerstreifen, um in den Geschäften einkaufen zu gehen. Gegen Nachmittag und Abend ist die Zusammensetzung der Fussgängergruppen nach Personenmerkmalen eher ausgeglichen. Kinder hat es generell wenige, da sich der Fussgängerstreifen nicht auf einem Schulweg befindet.
Die Längsparkierung entlang der Strasse mit den entsprechenden Manövern und diverse Ein- und Ausfahrten beeinflussen den Verkehrsablauf. Gleichzeitig bewirken diese Störfaktoren aber auch eine starke Verkehrsberuhigung. Die Strasse ist mit 50 km/h signalisiert, die gefahrenen Geschwindigkeiten liegen aber deutlich tiefer.

B6 Seon, Seetalstrasse bei der Haltestelle Seon der Seetalbahn

Situation vorher: Blick Richtung Luzern

Situation vorher: Blick Richtung Lenzburg

Situation nachher: Blick Richtung Luzern

Situation nachher: Blick Richtung Lenzburg

Videobild vorher Blick Richtung Lenzburg

Videobild nachher Blick Richtung Lenzburg

Charakterisierung

- Kantonsstrasse: Tempo 50km/h, innerorts, zentral, beidseitiges Trottoir,
- ***Vorher:*** keine Mittelinsel, Fahrspur 7.50m
- ***Nachher:*** Mittelinsel 1.5m, Fahrstreifen 2 x 3m.
- DTV 17’500
- LW-Anteil 5.5%
- Aufnahmedatum: 13.09.07 (vorher) / 23.10.07 (nachher)
- ***Vorher und nachher***: Geschwindigkeit: eigene Messung: v85 = 49 km/h / v50 = 44 km/h
- ländlich
- ***Vorher***: kein Signal 4.11
- ***Nachher***: Signal 4.11 in Strassenmitte

Die Seetalstrasse ist die Hauptverbindungsachse durch Seon (4'650 Einw.) und durchs Seetal.
Das Verkehrsaufkommen ist mit einem DTV von 17’500 Fahrzeugen sehr hoch.
Neben den Einheimischen gehen viele Kinder und Jugendliche aus den umliegenden Dörfern in Seon zur Schule, welche auf Sekundarstufe I alle Schultypen (Realschule, Sekundarschule und Bezirksschule) anbietet.

Der Fussgängerstreifen liegt nördlich der Haltestelle der Seetalbahn. Er dient der Verbindung der beiden durch die Strasse und die Seetalbahn getrennten Teile von Seon. Zudem verbindet er die Haltestelle der Seetalbahn mit dem Wohn- und Geschäftsquartier. Der Fussgängerstreifen ist während des ganzen Tages stark frequentiert. Er liegt in der Nähe eines Altersheims und ist auch Teil des Schulwegnetzes. Zudem erhöht die nahe Haltestelle die Fussgängerfrequenzen.

B7 Teufenthal, Dürrenäscherstrasse beim Schulhaus

Situation vorher: Blick Richtung Dürrenäsch

Situation vorher: Blick Richtung Teufenthal

Situation nachher: Blick Richtung Dürrenäsch

Situation nachher: Blick Richtung Teufenthal

Videobild vorher Blick Richtung Teufenthal

Videobild nachher Blick Richtung Teufenthal

Charakterisierung

- Kantonsstrasse: Tempo 50km/h, innerorts, nicht zentral gelegen, beidseitiges Trottoir,
- ***Vorher:*** keine Mittelinsel, Fahrspur 7.50m
- ***Nachher:*** Mittelinsel 1.5m, Fahrstreifen 2 x 3m.
- DTV 3’700
- LW-Anteil 5.3%
- Aufnahmedatum: 19.09.07 (vorher) / 23.10.07 (nachher)
- ***Vorher***: Geschwindigkeit: eigene Messung: v85 = 51 km/h / v50 = 46 km/h
- ***Nachher*** Geschwindigkeit: eigene Messung: v85 = 50 km/h / v50 = 45 km/h
- ländlich
- ***Vorher***: kein Signal 4.11
- ***Nachher***: Signal 4.11 in Strassenmitte

Teufenthal (1'600 Einw.) liegt im Wynental. Die Dürrenäscherstrasse verbindet Teufenthal mit den Gemeinden Dürrenäsch, Hallwil und Leutwil und dient somit als Querverbindung zwischen dem Wynental und dem Seetal. Der durchschnittliche tägliche Verkehr ist gering: Der Fussgängerstreifen liegt zwischen dem Schulhaus und einer Bäckerei. Die Frequenzen sind eher gering. Nur bei Schulbeginn und -ende wird der Fussgängerstreifen rege frequentiert.