Analyse des Sicherungsverhaltens von verletzlichen Verkehrsteilnehmern bei Beinaheunfällen

Nina Brouwer*, Horst Kloeden† und Christoph Stiller‡

Zusammenfassung: Mit Hilfe von aufgezeichneten Videosequenzen von Beinaheunfällen zwischen Fußgängern, Radfahrern und Fahrzeugen in Japan wird das Verhalten von Vulnerable Road Users¹(VRUs) in kritischen Situationen untersucht. Dabei interessiert in Hinblick auf eine Intentionserkennung und Verhaltensprädiktion besonders das Blickverhalten der VRUs, sowie die Umgebungsbedingungen.

Schlüsselwörter: Beinaheunfälle, Fußgängerschutz, Sicherungsverhalten, Unfallanalyse

1 Einleitung

Im Rahmen der Entwicklungen im Bereich des hoch- und vollautomatisierten Fahrens nimmt das Sammeln von Fahrzeug- und Umfelddaten eine immer wichtigere Rolle ein. Besonders das Aufzeichnen sogenannter "Corner-Cases" stellt eine Herausforderung dar, da diese im täglichen Straßenverkehr seltener auftreten, meist aber kritische Fälle abbilden. Diese sind u. a. für das automatische Fahren besonders relevant. Ein Beispiel für diese "Corner-Cases" stellen kritische Situationen mit Fußgängern oder Radfahrern (VRUs) dar. Benötigt werden diese Daten für Algorithmen und Systeme, die es zum Ziel haben, das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer in möglichen Gefahrensituationen zu prädizieren. Bisherige Modelle zur Prädiktion der Verhaltensweise von Radfahrern und Fußgänger, insbesondere deren zukünftigen Aufenthaltsbereichs, nutzen hauptsächlich kinematische Größen wie deren Geschwindigkeit und Beschleunigung. Der Nachteil dieser Modelle ist, dass sie das Verhalten der VRUs nur für einen kurzen Zeitraum sicher vorhersagen können (z.B. spricht [1] hier von wenigen hundert Millisekunden). Studien von [2] zeigen, dass der Mensch das Verhalten von Fußgängern im Straßenverkehr besser einschätzen und vorhersagen kann. Besonders die Absicht eines Fußgängers, demnächst die Straße zu gueren, kann von einem Menschen früher erkannt werden als aktuelle Systeme im Fahrzeug dazu in der Lage sind. Dafür nutzt dieser neben den kinematischen Größen vor allem Informationen über die Umgebung und die Körpersprache des Menschen. Dabei spielt die Kopforientierung und damit das Blickverhalten des Menschen eine entscheidende Rolle. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurden in den letzten Jahren

^{*}Nina Brouwer ist Doktorandin bei der BMW AG, Petuelring 130, 80788 München (e-mail: nina.brouwer@bmw.de).

 $^{^\}dagger Horst$ Kloeden ist Mitarbeiter bei der BMW AG, Petuelring 130, 80788 München (e-mail: horst.kloeden@bmw.de).

[‡]Christoph Stiller ist Inhaber des Lehrstuhls für Mess- und Regelungstechnik (MRT), Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (e-mail: stiller@kit.edu).

¹Verletzliche Verkehrsteilnehmer wie Fußgänger und Radfahrer

Systeme entwickelt, die diese Informationen mit Hilfe von Fahrzeugsensorik und Bildverarbeitungsalgorithmen erfassen können. In [3] wurde der Nutzen der Kopforientierung zur Vorhersage einer Querungsintention für eine kleine Probandenzahl nachgewiesen. Die Arbeiten von [4] und [5] stellen verschieden Ansätze zur Schätzung der Kopforientierung von Fußgängern vor. Zusätzlich zeigt [6] einen Ansatz, der die Kopforientierung in einem System zusammen mit anderen Umgebungsinformationen nutzt und so den Fahrer vor einer drohenden Kollision warnt. Während all diese Arbeiten typische Verhaltensweisen von Fußgängern nutzen, um eine Querungsintention zu erkennen, basieren die Algorithmen auf Daten von nachgestellten oder unkritischen Situationen. Gerade für Warn- oder Notbremssysteme sind jedoch mögliche Abweichungen vom typischen Verhalten interessant, die dann zu einem Unfall führen. Bisher konnte ein spezifisches Blickverhalten von Fußgängern beim Queren in kleinen Probandenstudien nachgewiesen werden. Hier lässt die begrenzte Anzahl an Daten jedoch nur bedingt eine Verallgemeinerung zu. Größere Datensätze wie die GIDAS²-Datenbank enthalten jedoch nicht genügend Details, um im erforderten Maße Auskunft über das Verhalten von VRUs zu geben. Die hier vorgestellte Studie liefert hingegen Auskunft über die Relevanz der Kopforientierung durch einen wesentlich größeren Datensatz, der zusätzlich noch Informationen über den Einfluss von weiteren Umgebungsdaten liefert.

2 Stand der Forschung

Für zukünftige intelligente Fußgängerschutzfunktionen und für autonom fahrende Fahrzeuge ist das Prädizieren des Verhaltens von Fußgängern und Radfahrern und das frühzeitige Erkennen möglicher kritischer Situationen eine Kernaufgabe. Dafür müssen neben physikalischen Größen auch Informationen über Fußgängermerkmale und Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden. Ausgehend von Studien mit menschlichen Fahrern, sind dabei vor allem das Blickverhalten und Umgebungsinformationen wichtig. Erst mit diesen Größen ist der Mensch in der Lage, eine Situation richtig einzuschätzen. Da besonders das Verhalten von Fußgängern in kritischen Situationen interessiert, wurden zunächst verschiedenen Datenbanken und Unfallanalysen betrachtete und bewertet, inwieweit diese Studien Informationen über die benötigten Merkmale verfügen. Über die meisten Fallzahlen und einer gleichzeitig hohen Anzahl an Detailinformationen verfügt die GIDAS-Datenbank. Hier werden ausschließlich Situationen mit Unfällen aufgeführt. Mit Hilfe von Zeugenaussagen wird grob der Unfallhergang beschrieben und es werden mögliche Unfallursachen genannt, jedoch stehen keine genauen Daten, vor allem Bilddaten über den Zeitpunkt vor dem Unfall zur Verfügung. Eine wesentliche größere Anzahl an aufgezeichneten Situationen mit Bilddaten findet sich im Bereich der Bildverarbeitung. Hier liefert z.B. die Kitty-Datenbank Kamerabilder zum Training und Evaluieren von Detektions- und Klassifikationsalgorithmen, sowie synchronisierte Referenzdaten eines Velodyne-Scanners. Es handelt sich bei den aufgezeichneten Daten jedoch um allgemeine Verkehrsszenarien, so dass die Zahl der kritischen Situationen sehr gering ist. Eine in den USA durchgeführt Studie InSight liefert hingegen Videoaufzeichnungen verschiedener Verkehrssituationen. Dabei wird nicht nur der Außenbereich, sondern auch der Fahrer gefilmt. Obwohl hier auch kritische Fälle mit VRU vorhanden sind, ist die Fallzahl auf unter Hundert be-

²German In-Depth Accident Study (www.vufo.de)







Abbildung 1: Beispiele für Situationen mit Beinahe-Unfällen und dem zugeordneten GIDAS-Szenario

grenzt. Interessant sind weiterhin Untersuchung, die sich mit dem Querungsverhalten von Fußgängern an Zebrastreifen beschäftigen (z.B. [7]). Diese Studien liefern eine gute Übersicht über typisches Verhaltensweisen und oft auch Bildmaterial. Auch hier werden jedoch kaum kritische Fälle betrachtet. Zusätzlich werden die Daten meist mit stationären Kamerasystem aufgenommen, so dass nur begrenzt sichergestellt werden kann, dass diese Informationen auch einem Fahrzeugsystem mit begrenztem Sichtfeld zur Verfügung stehen würden.

Der vorliegende Datensatz von Beinahe-Unfällen erfüllt hingegen beide Kriterien. Es werden speziell kritische Szenarien betrachtet (insgesamt 1600), bei denen mit einer Fahrzeugkamera aufgezeichnetes Videomaterial vorhanden ist.

3 Analyse der Beinahe-Unfälle

3.1 Datensatz

Bei dem auszuwertenden Material handelt es sich um kurze Videosequenzen zwischen 10 und 30 Sekunden (siehe Abbildung 1). Die Videos wurden von in Taxis installierten Kameras in vier japanischen Großstädten bei unterschiedlichen Tageszeiten aufgenommen. Bei den Szenarien handelt es sich um Konfliktsituationen zwischen Taxifahrzeugen und Fußgängern bzw. Radfahrern. Neben dem Videomaterial wurden zusätzlich Fahrzeugdaten, wie Geschwindigkeit, Beschleunigung, sowie Betätigung des Bremspedals oder des Blinkers aufgenommen.

In die folgende Auswertung fließen die Ergebnisse von 1600 Einzelvideos ein. Ausgewählt wurden dabei Situationen mit mittlerem oder schwerem Konflikt. Zur Bestimmung der Schwere des Konflikts in den betrachteten Situationen fand eine Vorauswertung statt. Dabei gilt für Situationen mit leichtem Konflikt, dass das Fahrzeug nur schwach oder gar nicht bremst. Ein Fahrzeug, das normal am einem Zebrastreifen hält, gilt folglich als leichter Konflikt. Bei einem mittlerem Konflikt reagiert das Fahrzeug z.B. durch plötzeliches Bremsen, um einen Konflikt zu verhindern. Eine Situation gilt auch als mittlerer Konflikt, wenn der VRU durch das Fahrzeug in seiner ursprünglichen Handlung beeinträchtigt wird. Ein schwerer Konflikt liegt vor, wenn das Fahrzeug plötzlich und stark abbremst und der VRU mit einer Verhaltensweise reagiert, die unter normalen Bedingungen untypisch wäre (vorausgesetzt er nimmt das Fahrzeug wahr). Der Fragenkatalog zur Analyse der einzelnen Szenen ist dabei in unterschiedliche Bereiche aufgeteilt. Einen Überblick liefert Tabelle 1.

elle 1: Themenbereiche der Datenauswer		
	1	Allgemeine Analyse
	2	Risikobewertung
	3	Beschreibung des Verkehrs
	4	VRU Blickverhalten
	5	$Details\ des\ VRU-Verhaltens$
	6	Fahrzeugdaten

Tabell tung

Beispiel für die Auswertung des Parameters VRU-Blickverhalten:

- zum Fahrzeug (schaut direkt auf das Fahrzeug während des Beinahe-Unfalls)
- zur Straße (schaut in Bewegungsrichtung)
- weg vom Fahrzeug (schaut nicht in Fahrzeugrichtung und nicht in die eigene Bewegungsrichtung, der VRU bewegt sich in eine Richtung und schaut in eine andere Richtung)
- nach unten (Handy/Füße)
- nicht sichtbar (geringe Videoqualität)

3.2 Ergebnisse



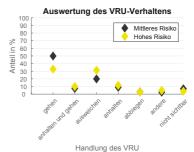
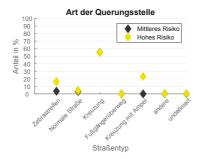


Abbildung 2: Situation mit Beinahe-Unfall (mittel = 1024, hoch = 564)

Abbildung 3: Verhalten des VRU (mittel = 1024, hoch = 564)

Bei den 1600 untersuchten Szenarien handelt es sich in 12 Fällen um Situationen mit einem geringen Risiko, 1024 Situationen mit mittlerem Risiko und 564 Situationen mit hohem Risiko. Die Ergebnisse wurde durch die Gesamtanzahl der Fälle mit dem jeweiligen Risiko dividiert und in Prozent dargestellt.



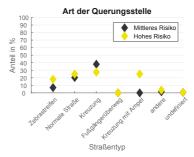


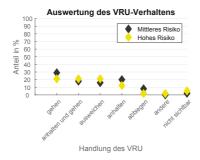
Abbildung 4: Art der Querungsstelle bei kreuzenden Radfahrern (mittel = 400, hoch = 221)

Abbildung 5: Art der Querungsstelle bei kreuzenden Fußgängern (mittel = 329, hoch = 160)

In Abbildung 2 wird für alle Videos die Situation beschrieben, in der es zu einem kritischen Zwischenfall kam. Die Ergebnisse sind dabei nach Höhe des Risikos getrennt. Es wird zwischen querenden und nichtquerenden Fußgängern und Radfahrern unterschieden. Die Daten bestätigen die Ergebnisse der GIDAS-Datenbank, die das Szenario des querenden VRU als häufigste Unfallsituation identifiziert. Die Handlung der VRU kurz vor bzw. während des Zwischenfalls wird in Abbildung 3 dargestellt. In den meisten kritischen Fällen geht der VRU normal. Besonders in Situationen mit einem hohen Risiko ist ein Ausweichen der VRUs zu erkennen. In wenigen Situationen ist auch ein Anhalten bzw. ein Anhalten und dann Weitergehen zu beobachten. Zu begründen ist der hohe Anteil an Ausweichen und Anhalten durch die Art der Daten, bei denen es sich ausschließlich um Beinahe-Unfälle handelt. Das heißt, die Situation wurde in allen Fällen selbstständig durch das Fahrzeug oder den VRU entschärft. Besonders in den Situationen mit hohem Risiko kommt es aber zu einer Beeinträchtigung der VRU, was ebenfalls nicht wünschenswert ist und durch ein System verhindert werden sollte. Des weiteren wurde der Ort des Zwischenfalls ausgewertet. Abbildung 4 und 5 zeigen die Art der Querungsstelle getrennt nach Radfahrern und Fußgängern. Besonders bei Radfahrern geht aus der Analyse der Umgebungsbedingungen hervor, dass es an Kreuzungen häufiger zu kritischen Situationen kommt als auf normalen Straßen. Zusätzlich muss davon ausgegangen werden, dass der Anteil an "normalen" Straßenabschnitten in einer durchschnittlichen Stadt wesentlich höher ist. Dies verschärft die Aussage, dass Kreuzungen eine Gefahrenstelle sind.

3.2.1 Sicherungsverhalten bei Fußgängern und Abhängigkeit zum Situationsrisiko

Ein Problem bei der Auswertung des Sicherungsverhaltens stellt die Qualität des Bildmaterials dar. In Szenarien, in denen es zu einer kritischen Situation kommt, das Blickverhalten der Personen aber nicht erkennbar ist, können nicht ausgewertet werden. Des weiteren soll der Fokus der Auswertung auf dem Verhalten von kreuzenden Fußgänger liegen, daher werden nur diese Situationen für die Beurteilung des Sicherungsverhaltens berücksichtigt.



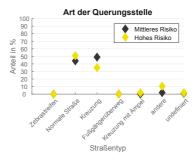


Abbildung 6: Verhalten von kreuzenden Fußgängern, deren Sicherungsverhalten sichtbar ist, während des Zwischenfalls (mittel = 100, hoch = 57)

Abbildung 7: Art der Querungsstelle bei kreuzenden Fußgängern, deren Sicherungsverhalten sichtbar ist (mittel = 100, hoch = 57)

Schließlich werden ebenfalls solche Szenarien herausgefiltert, bei denen der Fußgänger an einem Zebrastreifen oder einer Ampel quert und ein Anhalten des Fahrzeugs erwartet. Diese Sonderszenario wird in Abschnitt 3.2.2 betrachtet. Abbildung 6 zeigt die Handlung von kreuzenden Fußgängern, deren Sicherungsverhalten erkennbar ist. Hier liegt der Anteil der weitergehenden Fußgänger nur leicht über den anderen Verhaltensweisen. In Abbildung 7 ist die Art der Querungsstelle dargestellt. Hier liegt der Anteil der Zwischenfälle an normalen Straßen leicht über denen an Kreuzungen. Durch das nicht Berücksichtigen des Sondersituation am Zebrastreifen, kommen diese Querungsstellen nicht vor.

Besonders interessant sind die Ergebnisse in Abbildung 9. Hier wird gezielt die Blickrichtung des Fußgängers während des Zwischenfalls untersucht. Es wird also die These bestätigt, dass es zu weit mehr kritische Situationen kommt, wenn der Fußgänger in Richtung Straße blickt. Nur ein geringer Anteil blickt in Richtung Fahrzeug und hier handelt es sich zusätzlich um Situationen mit mittlerem Risiko. Abbildung 10 zeigt die Zeit TTC³ vor dem Zwischenfall in der der Fußgänger sichtbar ist. Berücksichtigt man, dass es sich um eine Kamera mit niedrigem Öffnungswinkel handelt, so sind in 50% der Fälle die Fußgänger 2 Sekunden vorher, in 80% der Fälle 1 Sekunde vorher sichtbar.

In Abbildung 11 sind die Ergebnisse zur Analyse der Sicherungsverhaltens dargestellt. Der VRU zeigt dann Sicherungsverhalten, wenn er sich aktiv nach Fahrzeugen umschaut, bevor er die Straße quert. In Situationen mit hohem Risiko war bei Fußgängern in nur 10% der Fälle ein Sicherungsverhalten erkennbar. Bei mittlerem Risiko sind es immerhin 35%. Daraus lässt sich folglich ein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit des Sicherungsverhaltens und des Risikos in einer Querungssituation ableiten. Ist kein Sicherungsverhalten beim Fußgänger erkennbar, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass es zu eine kritischen Situation kommt.

Dies wird durch Abbildung 12 bestätigt. Hier wird die Aufmerksamkeit des Fußgängers betrachtet. Hat der Fußgänger zwei Sekunde vor dem Zwischenfall zumindest einmal in Richtung Fahrzeug geblickt, so wird davon ausgegangen, dass er dieses bemerkt hat. In

³Time to Collision

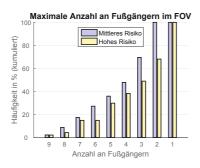


Abbildung 8: Maximale Anzahl an Fußgängern, die sich gleichzeitig im Field of View befinden und deren Sicherungsverhalten sichtbar ist. Betrachtet wird ein Zeitraum 2 Sekunden vor dem Zwischenfall bis zum Zeitpunkt des Zwischenfalls (mittel = 100, hoch = 57)

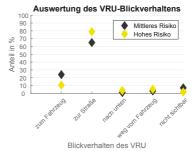


Abbildung 9: Blickrichtung von kreuzenden Fußgängern, deren Sicherungsverhalten sichtbar ist (mittel = 100, hoch = 57)

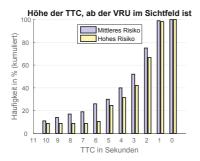


Abbildung 10: TTC, ab der kreuzenden Fußgänger sichtbar sind (mittel = 100, hoch = 57)

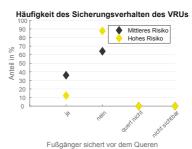
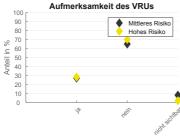


Abbildung 11: Sicherungsverhalten von kreuzenden Fußgängern, deren Sicherungsverhalten sichtbar ist (mittel = 100, hoch = 57)





Fußgänger hat Fahrzeug erkannt

Fehler des VRU

Abbildung 12: Ist der VRU aufmerksam und hat das Fahrzeug bemerkt? (mittel = 100, hoch = 57)

Abbildung 13: Ursache, falls der Beinahe-Unfall vom VRU verursacht wurde (mittel = 100, hoch = 57)

weniger als 30% der Fälle war diese der Fall. Ungenügendes Absichern ist ebenfalls einer der Hauptgründe, aus der ein Fußgänger eine kritische Situation verursacht. Ein Verstoß gegen Verkehrsregeln ist ein weiterer Grund, der besonders bei Fällen mit hohem Risiko auftritt, bzw. diese verursacht. Bei einem Verstoß handelt es sich um eine Missachtung der Verkehrsregeln, wie z.B. das Queren bei Rot. Die Anzahl an ausgewerteten Daten für ein niedriges Risiko reichen nicht aus, um eine Aussage über das Sicherungsverhalten zu treffen.

3.2.2 Einfluss von Umgebungsbedingungen auf das Sicherungsverhalten von Fußgängern

Um den Einfluss von Umgebungs- und Straßeninformationen zu berücksichtigen, wurde der Ort des Zwischenfalls analysiert. Besonders die Szenarien, in denen der Fußgänger aufpasst und es trotzdem zu kritischen Situationen kommt, lassen sich durch Betrachtung der Umgebung und Straßenbedingungen erklären. Gezielt wurde untersucht, ob und in welchen Szenarien der Fußgänger erwartet, vom Fahrzeug vorgelassen zu werden. Eine Missachtung des Fahrers dieser Erwartung führt dann zu einer kritischen Situation.

Abbildung 14 zeigt, dass Fußgänger, die ein Anhalten des Fahrzeugs erwarten, auch in kritischen Situationen häufiger Sicherungsverhalten gezeigt haben als Fußgänger, die dieses nicht erwarten (siehe Abbildung 15). Gleichzeitig erkennt man an Abbildung 16 und 17, dass die Erwartungshaltung tatsächlich hauptsächlich an Zebrastreifen und Ampelkreuzungen vorkommt. Für eine korrekte Interpretation des Sicherungsverhalten und eine möglichst genaue Prädiktion des Fußgängers ist also das Kontextwissen: Fußgänger will über einen Zebrastreifen gehen, wichtig. Nur dann ist es möglich aus dem Blickverhalten auf ein mögliches Queren des Fußgängers zu schließen.

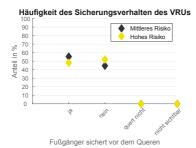


Abbildung 14: Sicherungsverhalten (wenn sichtbar) von kreuzenden Fußgängern, die Anhalten des Fahrzeugs erwarten (mittel = 65. hoch = 25)



Fußgänger sichert vor dem Queren

Abbildung 15: Sicherungsverhalten (wenn sichtbar) von kreuzenden Fußgängern, die kein Anhalten des Fahrzeugs erwarten (mittel = 100, hoch = 57)

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der Untersuchung wurden Verhaltensweisen von VRUs und Umgebungsbedingungen, die typisch für kritische Situationen sind, identifiziert. Der Fokus lag dabei vor allem auf dem Blickverhalten der Fußgänger, Umgebungsinformationen, wie das Vorhandensein eines Zebrastreifens und der Art der Situation. Hierzu wurden kurze Videosequenzen, die kritischen Zwischenfälle zwischen Fahrzeug und VRUs darstellen analysiert und Daten über das Blickverhalten und die Verkehrssituation extrahiert. Im Gegensatz zu anderen Datensätzen in diesem Forschungsbereich handelt es sich bei den ausgewerteten Videos ausschließlich um kritische Situationen zwischen Fahrzeugen und verletzlichen Verkehrsteilnehmern. Bereits bestehende Analysen stützen sich auf wesentlich kleinere Datensätze oder beinhalten keine ausreichend detaillierten Informationen über die Zeit vor dem Zwischenfall. Auch stehen für kritische Situationen nur begrenzt Kameradaten zur Verfügung. Aus den in dieser Arbeit analysierten Videos geht hervor, dass die Häufigkeit des Sicherungsverhaltens und die Blickrichtung des Fußgängers mit der Höhe des Risikos negativ korreliert. Für eine Fußgängerwarnfunktion bedeutet dies, dass durch die Berücksichtigung des Blickverhaltens kritische Situationen sicherer erkannt und früher von Situationen mit geringerem Risiko unterschieden werden können. Als Sonderfall wurde hier das Queren an einem Zebrastreifen oder einer Ampel identifiziert. Hier unterscheidet sich das Blickverhalten des Fußgängers, da er trotz erkanntem Verkehr häufiger quert. Diese Information spielt daher eine entschiedene Rolle beim Prädizieren des Fußgängerverhaltens und einer möglichen Warnung eines Assistenzsystems.

Die vorgestellten Ergebnisse beruhen auf einem Datensatz, der auf ein Land beschränkt ist. Hier ist ein zusätzlicher Vergleich mit Verhaltensweisen in anderen Ländern sinnvoll. Es handelt sich außerdem in allen Situationen um Beinahe-Unfällen. Die Situation wurde also vom Fahrer oder VRU selbstständig entschärft. Mögliche Besonderheiten dieser Situationen im Vergleich mit Situationen, in denen es tatsächlich zu einem Unfall kommt, können aus dem Datensatz alleine nicht identifiziert werden. Für diese Auswertung werden Aufzeichnungen mit vergleichbaren Informationen aber nicht verhinderten Unfällen



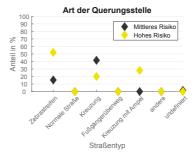


Abbildung 16: Querungsstelle von kreuzenden Fußgängern, die Anhalten des Fahrzeugs erwarten (mittel = 65, hoch = 25)

Abbildung 17: Querungsstelle von kreuzenden Fußgängern, die kein Anhalten des Fahrzeugs erwarten (mittel = 100, hoch = 57)

benötigt.

Literatur

- C. Braeuchle et al., Situation analysis and decision making for active pedestrian protection using bayesian networks. In Proc. of the 6. Tagung Fahrerassistenz, München, 2013
- [2] S. Schmidt und B. Färber, Pedestrian at the kerb recognising the action intention of humans. Transportation Research Part F: Traffic Psychology, Band 12, Seiten 300-310, 2009.
- [3] H. Kloeden et al., Potenzial der Kopfposenerkennung zur Absichtsvorhersage von Fußgängern im urbanen Verkehr. In 9. FAS Workshop Fahrerassistenzsysteme, Walting, Germany, 2014.
- [4] F. Flohr et al., Joint probabilistic head and body orientation estimation. In Proc. of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Dearborn, USA, 2014.
- [5] E. Rehder, H. Kloeden und C. Stiller, Head Detection and Orientation Estimation for Pedestrian Safety. In Proc. IEEE Int. Conf. Intelligent Transportation Systems, Seiten 2292-2297, Oct 2014.
- [6] J. F. P. Kooij et al., Context-based Pedestrian Path Prediction. In Proc. of the ECCV, Part VI, LNCS, Band 8694, Seiten 618-633, Springer, 2014.
- [7] T. Schweizer et al., Verhalten am Fussgängerstreifen. In Fussverkehr Schweiz, Zürich, Schweiz, 2009.