



Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

Digitale Verkehrsinfrastruktur

Use Cases und Zertifizierung am Beispiel von „SmartWalk“

vorgelegt von

Andrej Ablajei

MIN-Fakultät

Fachbereich Informatik

Studiengang: M. Sc. Wirtschaftsinformatik

Matrikelnummer: 7213291

Betreuer: Dr. Lothar Hotz

Inhaltsverzeichnis

I.	Abbildungsverzeichnis	II
II.	Tabellenverzeichnis	III
III.	Abkürzungsverzeichnis.....	IV
1	Einführung.....	1
1.1	Digitale Verkehrsinfrastruktur	1
1.2	Projekt „SmartWalk“	3
2	Verwandte Projekte	7
2.1	STEPVIAL: Smart Pedestrian Crossing	7
2.2	Detas SpA: APL.....	8
2.3	Zwischenfazit	9
3	Intelligenter Fußgängerüberweg – Use Cases	10
3.1	Use Cases	11
3.2	Zusammenfassung	15
4	Vorbereitung der Zertifizierung	16
4.1	Informationsbeschaffung	17
4.2	Resultat.....	18
5	Evaluation	20
5.1	Zusammenfassung	20
5.2	Fazit/Ausblick.....	21
	Literaturverzeichnis.....	22
	Anhang	23

I. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Smart Pedestrian Crosswalk in Viimsi (Bercman Technologies, 2020).....	4
Abbildung 2: Komponenten des SPC und Erfassungsbereiche für Fußgänger und Autos (Bercman Technologies, 2020)	5
Abbildung 3: Ansicht der Kameras des SPC: Fußgängerspuren violett, Fahrzeugspuren grün (Bercman Technologies, 2020)	6
Abbildung 4: Smart Pedestrian Crossing in Salamanca (Stepvial Salamanca, 2021)	7
Abbildung 5: Komponenten der Lösung “APL“ (Detas, 2022)	8
Abbildung 6: Vergleich der Lösung “APL“ (Detas, 2022)	8
Abbildung 7: Exemplarischer Aufbau eines Fußgängerüberwegs (eigene Darstellung).....	10

II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Use Cases (eigene Darstellung) 14

III. Abkürzungsverzeichnis

ARIC	Artificial Intelligence Center Hamburg
CE.....	Conformité Européenne ‚Europäische Konformität‘
DIN.....	Deutsches Institut für Normung
e.V.	Eingetragener Verein
EN.....	Europäische Norm
GmbH.....	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
HITeC	Hamburger Informatik Technologie-Center
KI.....	Künstliche Intelligenz
RAL.....	Reichsausschuss für Lieferbedingungen
SPC.....	Smart Pedestrian Crosswalk
StVO.....	Straßenverkehrsordnung
TLP VZ	Technische Liefer- und Prüfbedingungen für vertikale Verkehrszeichen

1 Einführung

1.1 Digitale Verkehrsinfrastruktur

In Deutschland wird die Mobilität stetig vernetzter und flexibler. Durch die steigende Verfügbarkeit von intelligenten Sensoren und die Vielzahl verschiedener Kommunikationsmöglichkeiten wird ein steigender Grad an Vernetzung möglich. Diese Vernetzung kann hierbei sowohl zwischen den Verkehrsteilnehmern und der Infrastruktur als auch zwischen den Verkehrsteilnehmern untereinander erfolgen. Laut Prognosen können so mithilfe der Nutzung von digitaler Verkehrsinfrastruktur bis zum Jahr 2022 jährlich Effekte bis zu 16 Milliarden Euro erzielt werden. Eine effizientere Auslastung der bereits vorhandenen Infrastruktur, eine höhere Sicherheit der Verkehrsteilnehmer und eine höhere Effizienz im Personen- und Güterverkehr bringen hierbei den größten Nutzen. Die Digitalisierung der Infrastruktur bietet somit die Grundlage für die genannten Verbesserungen, indem eine schnelle und effiziente Kommunikation zwischen Dienstleister, Infrastruktur und Verkehrsteilnehmer ermöglicht wird. (Arbeitsgruppe 8 Nationaler IT-Gipfel, 2014, S. 5)

Allen voran muss hier der Aspekt der Verkehrssicherheit besonders betrachtet werden: In Deutschland gab es im Jahr 2019 über 380.000 Verkehrsunfälle mit Personenschäden, wobei in ca. 100.000 Fällen Kinder, Jugendliche und ältere Menschen betroffen waren. Seit 2017 steigt zudem die Anzahl der Todesfälle von Radfahrern stetig an. Ein Grund hierfür ist ein stetig wachsendes und immer komplexer werdendes Verkehrsaufkommen. (Bundesministerium für Digitales und Verkehr, 2021)

Die größten Gefahren für Fußgänger treten beim Überqueren von Straßen und an Kreuzungen auf. Um eine Verbesserung der Verkehrssicherheit zu erreichen, sind sichere Möglichkeiten zur Straßenüberquerung erforderlich. Zum Einsatz kommen hierbei Mittellinien, Fußgängerampeln und Zebrastreifen. Insbesondere Zebrastreifen werden dabei mit einer gewissen Skepsis betrachtet. Untersuchungen der Unfallforschung der Versicherer ergeben jedoch, dass Zebrastreifen sicher sein können, wenn sie richtig geplant werden und bestimmte Anforderungen erfüllen. Dazu gehören unter anderem die Freihaltung der Sicht, deutliche Markierung und Beschilderung und Beleuchtung. (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., 2013, S.11)

In der vorliegenden Ausarbeitung liegt der Fokus auf dem Projekt „SmartWalk“. Hierbei handelt es sich um die Entwicklung einer intelligenten Verkehrsinfrastruktur mit „smarten“ Fußgängerüberwegen, die dem Schutz schwacher Verkehrsteilnehmer wie Radfahrer und Fußgänger dient. (Bundesministerium für Digitales und Verkehr, 2021)

Im Rahmen der Entwicklung eines intelligenten Fußgängerüberwegs beschäftigt sich diese Ausarbeitung konkret mit folgenden zwei Fragestellungen:

Welche Nutzungsszenarien können bei einem intelligenten Fußgängerüberweg auftreten?
Welche Zertifizierungen werden benötigt, um das „SmartWalk“-Schild in Deutschland in Betrieb zu nehmen?

Basierend auf den Fragestellungen ist das Ziel eine detaillierte Beschreibung der Nutzungsszenarien im Rahmen des Smartwalk-Projekts und die Vorbereitung und Beschreibung der Zertifizierung des „SmartWalk“-Schildes in Deutschland.

Zunächst wird der aktuelle Stand des „SmartWalk“-Schildes beschrieben und es werden ähnliche, bereits vorliegende digitale Zebrastreifen-Lösungen analysiert. Anschließend werden explizite Nutzungsszenarien des „SmartWalk“-Schildes beschrieben und erläutert. Die Definition der Nutzungsszenarien dient dazu die Möglichkeiten der weiteren Entwicklung des „SmartWalk“-Schildes aufzuzeigen und ist zudem notwendig für die Zertifizierung des Schildes. Im vierten Kapitel geht es um die Vorbereitung der Zertifizierung des Schildes in Deutschland. Abschließend wird die Arbeit zusammengefasst, ein Fazit gezogen und ein Ausblick auf das weitere Vorgehen gegeben.

1.2 Projekt „SmartWalk“

In dem Projekt „SmartWalk“ geht es um die Entwicklung einer intelligenten Verkehrsinfrastruktur, die dem Schutz schwacher Verkehrsteilnehmer dient. Hierbei wird ein intelligentes Straßenschild (Fußgängerüberweg), welches durch KI-Technologien unterstützt wird, mit einem datenschützenden Kamerasystem ausgestattet. Verkehrsteilnehmer, die sich in der Nähe des Fußgängerüberwegs befinden, werden durch das Straßenschild mithilfe von Sensoren, Radaren und Kameras erkannt und mit einem Gefahrenpotential bewertet. Die daraus entstehenden Daten werden zusammengefasst und anschließend analysiert und interpretiert, um komplexe Verkehrssituationen zu erkennen und z.B. kritische Situationen im Vorfeld zu bestimmen bzw. vorhersagen zu können. Auf Grundlage dieser Informationen und Dateninterpretationen zeigt das Straßenschild Lichtsignale an. Weiterhin sollen in einer nächsten Ausbaustufe über Kommunikationsschnittstellen direkte Warnsignale an autonome Fahrzeuge gesendet werden. Dadurch kann auch in komplexen Verkehrssituationen wie Kreuzungen, Kurven und Hindernissen das Risikopotenzial minimiert werden.

Mithilfe einer Multisensorfusion werden, auf Basis der Daten, kritische Verkehrssituationen analysiert und aufbereitet. Die Daten aus dem „SmartWalk“ können im Nachhinein genutzt werden, um Einsichten über das Gefährdungspotenzial zu bekommen. (BMVI Vorhabenbeschreibung, 2021, S. 2)

Das Projekt wird von vier Partnerunternehmen bearbeitet, die im Folgenden kurz beschrieben werden:

NATIX GmbH: Die Natix GmbH hat Expertise in den Bereichen Künstliche Intelligenz, Big Data Engineering und verteilten Netzsystemen mit autarken Kameras. Sie ist für die Bereitstellung des Kamerasystems mit VisionEssentials als Netz von Kamera-KI-Systemen und für das Training von KI-Modellen für die Objekterkennung verantwortlich.

HITeC e.V.: Das Hamburger Informatik Technologie-Center bringt durch Projekte im Bereich Künstliche Intelligenz Kompetenzen im Bereich Maschinelles Lernen und der Verarbeitung von großen Datenmengen mit. HITeC ist verantwortlich für die Aggregation der Daten unterschiedlicher Sensorquellen zu Szeneninterpretationen, die Erstellung von Ontologien bzgl. Verkehrssituationen und die Interpretation von Verkehrsszenen.

ARIC: ARIC e.V. hat das Ziel ein Know-How Center für Künstliche Intelligenz in der Region Hamburg zu etablieren, um branchen- und themenabhängig alle Aktivitäten und Projekte im Bereich KI zu bündeln.

Bercman Technologies: Bercman ist verantwortlich für die Entwicklung der „SmartWalk“-Hardware. Diese besteht aus einem Fußgängerüberwegpfosten, einem hinterleuchteten Schild und Warnleuchten, einem Radar zur Erkennung und Zählung von Fahrzeugen und akustischen Alarmen. Weiterhin entwickelt Bercman die Software für das Radar und die Kommunikation mit NATIX-Kameras. (BMVI Vorhabenbeschreibung, 2021, S. 10)



Abbildung 1: Smart Pedestrian Crosswalk in Viimsi (Bercman Technologies, 2020)

Der Hersteller Bercman Technologies hat eine erste Version des Schildes unter dem Namen „Smart Pedestrian Crossing“ (SPC) in Viimsi, Estland bereits in Betrieb genommen.

Der SPC verwendet hochauflösende Kameras zur Erkennung von Fußgängern und Fahrzeugen auf den Fußgängerüberwegen. Zur Erkennung von Fahrzeugen, die sich der Kreuzung nähern, werden Radargeräte verwendet, die sowohl leichte Krümmungen als auch Steigungen der Straße bewältigen.

Wenn der SPC ein herannahendes Fahrzeug erkennt, leuchten die hinterleuchteten Fußgängerüberweg-Schilder heller auf und lenken die Aufmerksamkeit der Autofahrer frühzeitig auf den Fußgängerüberweg. Dies geschieht auch bei ungünstigen Witterungsverhältnissen, bei denen die Fußgängerüberweg-Schilder mit reflektierenden

Standardaufklebern häufig übersehen werden, wie z.B. bei Nebel, Regen, Dämmerung oder auch bei Kurven und Gefällen.

Bei der Erkennung eines Fußgängers, der sich dem Fußgängerüberweg nähert, fangen die Warnleuchten am Pfosten an zu blinken. Somit wird die Aufmerksamkeit der Autofahrer auf die Personen gerichtet, die die Straße in Augenhöhe des Fahrers überqueren. Diese Beleuchtungsmethode stellt sicher, dass die Aufmerksamkeit der Fahrer auf die richtige Stelle gerichtet wird, die Reaktionszeit der Autofahrer verbessert wird und somit die Sicherheit beim Fußgängerüberweg für alle erhöht wird.

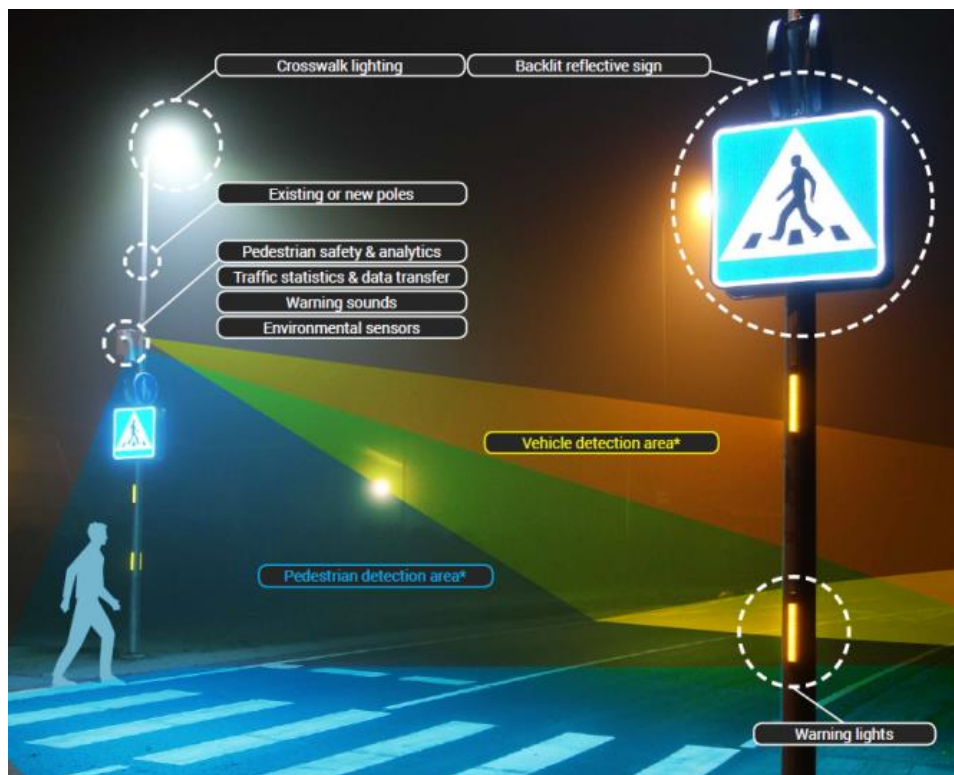


Abbildung 2: Komponenten des SPC und Erfassungsbereiche für Fußgänger und Autos (Bercman Technologies, 2020)

Der SPC sammelt anonyme Informationen über die Anzahl und Richtung von Fußgängern und die Anzahl, Art, Fahrtrichtung und Fahrgeschwindigkeit der Fahrzeuge. Weiterhin werden Umweltdaten, d.h. Luft- und Straßentemperatur und die Luftverschmutzung gemessen. Diese Daten werden der Gemeindeverwaltung mithilfe der Bercman Management Console (BMC) zur Verfügung gestellt. Die Informationen können dann genutzt werden, um z.B. die tägliche Verkehrsdichte der Fahrzeuge, durchschnittliche Fahrzeuggeschwindigkeiten und Geschwindigkeitsüberschreitungen, die Unterschiede der Verkehrsdichte auf beiden Wegen und die tägliche Anzahl der Fahrzeuge und somit den Lärmpegel auf der Straße zu bestimmen. (Bercman Technologies, 2020)

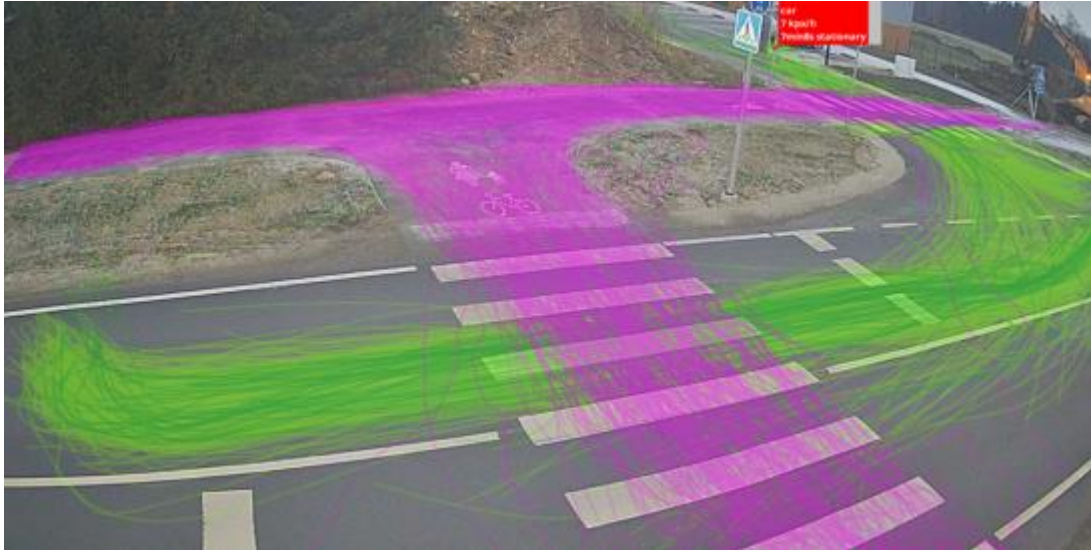


Abbildung 3: Ansicht der Kameras des SPC: Fußgängerspuren violett, Fahrzeugspuren grün (Bercman Technologies, 2020)

2 Verwandte Projekte

2.1 STEPVIAL: Smart Pedestrian Crossing

Die Lösung „Smart Pedestrian Crossing“ von STEPVIAL ist ein intelligentes Sensorsystem, welches Fußgänger erkennt, die eine Straße überqueren. Die Sensoren senden ein Signal aus und die in den Asphalt integrierten LED-Spots leuchten automatisch auf. Die horizontalen LED-Signaltafeln werden durch zwei vertikale LED-Spots ergänzt, die ebenso gleichzeitig aufleuchten. Damit wird der gewünschte Visualisierungseffekt erzielt und die Fahrzeuge halten an. (Stepvial, 2022)

Das Smart Pedestrian Crossing wird bereits in vielen spanischen Städten verwendet. Weiterhin ist es bereits in Mexiko und Portugal im Einsatz.

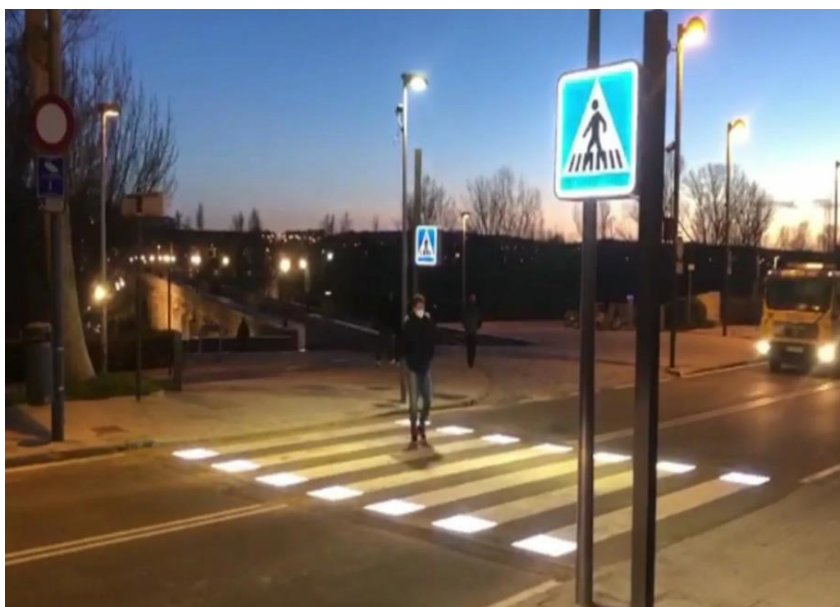


Abbildung 4: Smart Pedestrian Crossing in Salamanca (Stepvial Salamanca, 2021)

Als Beispiel wird hier ein intelligenter Fußgängerüberweg in Salamanca, Spanien aufgeführt. Dieser leuchtet auf, wenn ein Fußgänger erkannt wird, sodass der Fahrer eines Fahrzeugs entsprechend anhalten kann.

Der Fußgängerüberweg enthält ein System von Wärmebildkameras, die Fußgänger in der Nähe erkennen. Sobald ein Fußgänger erkannt wird, werden zwei Lichtsignale aktiviert, um die Fahrzeuge darauf aufmerksam zu machen, dass Fußgänger die Straßenseite wechseln wollen. Die Lichtsignale, welche vertikal und horizontal angeordnet sind, sind an den Enden der Steigleitungen des Zebrastreifens installiert. Zudem sind die Schrittmarkierungen

beleuchtet, was im Vergleich zu herkömmlich reflektierender Farbe die Sichtbarkeit aus einer größeren Entfernung ermöglicht. (Stepvial Salamanca, 2021)

2.2 Detas SpA: APL

Die Lösung „APL“ von Detas SpA ist ein Signalisierungs- und Beleuchtungssystem für Fußgängerüberwege. Dabei liegt der Fokus auf der Beleuchtung von Fußgängerüberwegen und einer speziellen Optik, um einen positiven Kontrast zwischen dem Fußgänger und der Umgebung zu schaffen und eine hohe vertikale Beleuchtung zu gewährleisten.

Die Blinklichter (LEDBOX) werden tagsüber aktiviert, während die Straßenlaternen (LED streetlights) und die hinterleuchteten Schilder (LED backlit signs) nur nachts aktiv sind. (Detas, 2022)

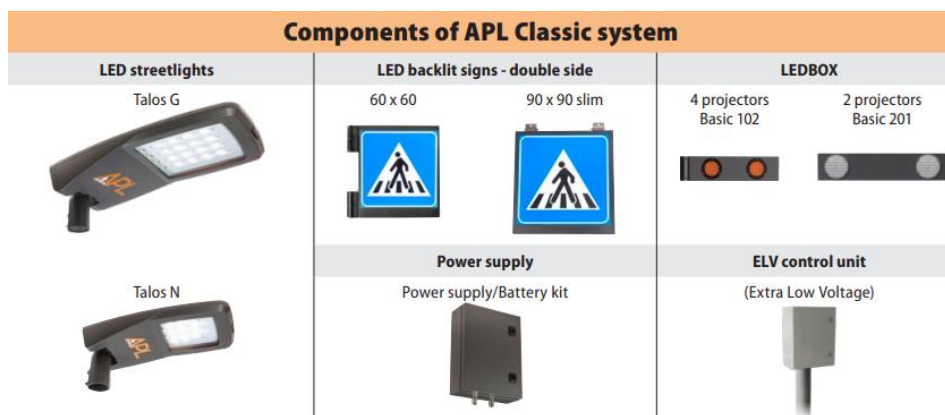


Abbildung 5: Komponenten der Lösung „APL“ (Detas, 2022)

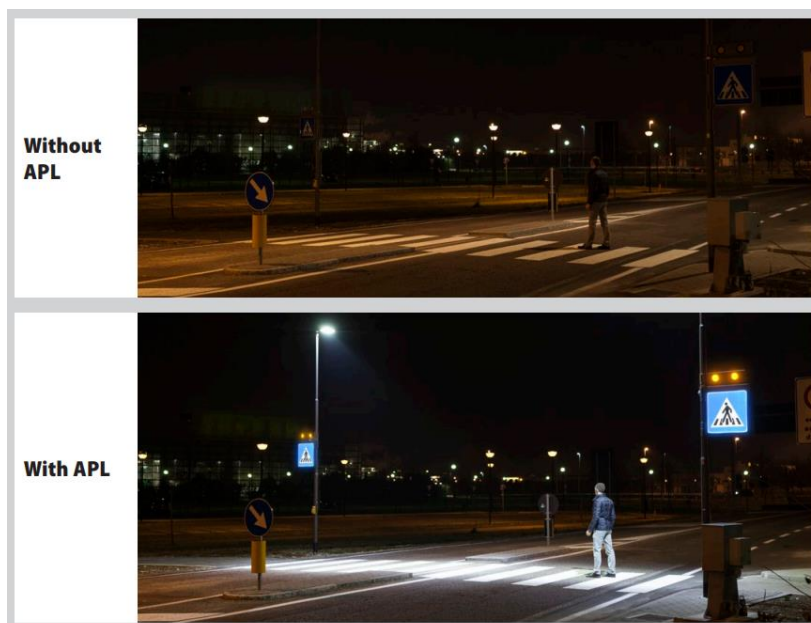


Abbildung 6: Vergleich der Lösung „APL“ (Detas, 2022)

2.3 Zwischenfazit

Die beiden vorgestellten Lösungen „Smart Pedestrian Crossing“ von STEPVIAL und „APL“ von Detas SpA erhöhen die Sicherheit der Fußgängerüberwege mit verschiedenen Arten von zusätzlicher Beleuchtung, wenn ein Fußgänger die Absicht hat, eine Straße zu überqueren.

Berman Technologies hingegen entwickelt darüber hinaus auch Software, die der aktiven Unfallverhütung dient. Neben der Warnung der Verkehrsteilnehmer durch Lichtsignale und Geräusche können insbesondere durch die Entwicklung im Projekt „SmartWalk“ mithilfe der Kombination und Interpretation von Daten aus verschiedenen Quellen kritische Situationen mit Fußgängern vorhergesagt und verhindert werden. Weiterhin nimmt diese Lösung eine Kategorisierung der Verkehrssituationen vor, um die Verkehrsteilnehmer in Abhängigkeit der Gefahr der Verkehrssituation und unter Berücksichtigung verschiedener Verkehrsteilnehmer differenziert zu warnen. Damit bietet die Lösung von Berman Technologies die größtmögliche Sicherheit an Fußgängerüberwegen.

3 Intelligenter Fußgängerüberweg – Use Cases

Im folgenden Abschnitt werden die verschiedenen möglichen Anwendungsszenarien (Use Cases) des intelligenten Fußgängerüberweges beschrieben. Jeder Use Case wird detailliert beschrieben und die Anforderungen für den Use Case werden erläutert. Für jeden Use Case wird die entsprechende Reaktion der Infrastruktur bestimmt. Dabei gibt es folgende drei Warnstufen:

- Kein Blinken → keine Gefahrensituation (Warnstufe 0)
- Langsames Blinken (und ggf. akustische Warnsignale) → Warnung (Warnstufe 1)
- Schnelles Blinken (und ggf. akustische Warnsignale) → kritische Situation (Warnstufe 2)

Weiterhin wird eine interne Warnung ausgegeben, wenn die Funktion des Systems beeinträchtigt ist. Dann können entsprechende Maßnahmen ergriffen werden, wie z.B. die Entfernung eines externen Objekts, um die Funktion des Systems wiederherzustellen.

Die Definition von möglichen Use Cases zeigt Beispiele möglicher weiterer Entwicklungen der Verkehrsinfrastruktur auf und ist zudem im weiteren Verlauf notwendig für die Zertifizierung des Schildes.

Die folgende Grafik zeigt einen exemplarischen Aufbau eines Fußgängerüberwegs und dient als Basis für die Beschreibung der Use Cases.

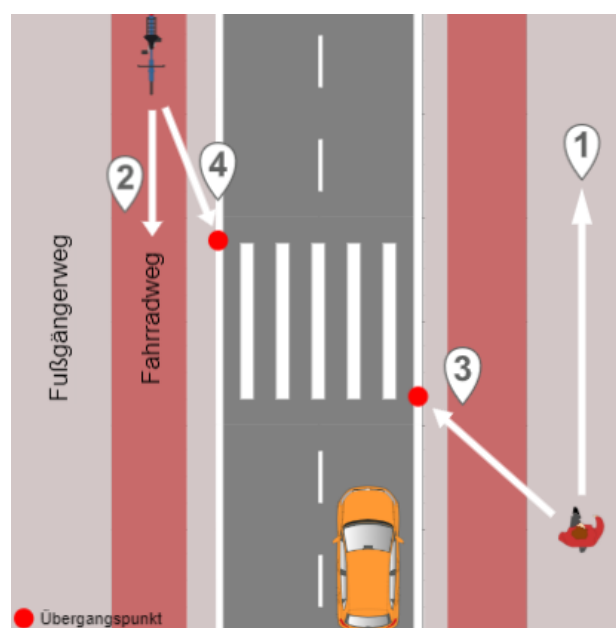


Abbildung 7: Exemplarischer Aufbau eines Fußgängerüberwegs (eigene Darstellung)

3.1 Use Cases

Use Case	Beschreibung	Anforderungen	Reaktion der Infrastruktur
Fußgänger hat nicht die Absicht, die Straße zu überqueren	Der Fußgänger geht den Fußgängerweg entlang, geht parallel zur Straße weiter und nähert sich nicht dem Übergangspunkt (Marker 1) des Zebrastreifens. Die Gehgeschwindigkeit bleibt konstant und der Abstand zum Zebrastreifen bleibt gleich. Er hat nicht die Absicht, die Straße zu überqueren. Weiteres Indiz: Blickrichtung geht nicht Richtung Zebrastreifen/Straße, z.B. Blick auf sein Handy.	Ermittlung der Blickrichtung, Geschwindigkeit und Position des Fußgängers	Kein Blinken (Warnstufe 0)
Fahrradfahrer hat nicht die Absicht, die Straße zu überqueren	Der Fahrradfahrer fährt den Fahrradweg entlang, fährt parallel zur Straße weiter und nähert sich nicht dem Übergangspunkt (Marker 2) des Zebrastreifens. Die Geschwindigkeit bleibt konstant und der Abstand zum Zebrastreifen bleibt gleich. Er hat nicht die Absicht, die Straße zu überqueren.	Ermittlung der Geschwindigkeit und Position des Fahrradfahrers	Kein Blinken (Warnstufe 0)

Fußgänger hat die Absicht, die Straße zu überqueren	Der Fußgänger geht den Fußgängerweg entlang und nähert sich dann dem Übergangspunkt (Marker 3) des Zebrastreifens. Die Gehgeschwindigkeit verringert sich und der Abstand zum Übergangspunkt wird geringer. Er hat die Absicht, die Straße zu überqueren. Weiteres Indiz: Blickrichtung geht Richtung Straße/Fußgängerüberweg.	Ermittlung der Blickrichtung, Geschwindigkeit und Position des Fußgängers	Langsames Blinken (Warnstufe 1)
Fahrradfahrer hat die Absicht, die Straße zu überqueren	Der Fahrradfahrer fährt den Fahrradweg entlang, verringert seine Fahrgeschwindigkeit, nähert sich dem Übergangspunkt (Marker 4) und steigt ggf. von seinem Fahrrad ab. Er hat die Absicht die Straße zu überqueren.	Ermittlung der Geschwindigkeit und Position des Fahrradfahrers	Langsames Blinken (Warnstufe 1)
Jay Walking	Ein Fußgänger überquert die Straße unter Missachtung der Regeln, wie z.B. Überqueren der Straße vor oder nach dem Zebrastreifen.	Erkennung des Fußgängers außerhalb der Übergangszone (und Erkennung der Absicht die Straße zu überqueren). Die Sensoren/Kameras müssen eine bestimmte Reichweite besitzen, um den Fußgänger nach oder vor dem Fußgängerweg zu erkennen.	Langsames Blinken (Warnstufe 1)

Überhöhte Geschwindigkeit	Fahrzeug nähert sich mit überhöhter Geschwindigkeit (über 50 km/h) dem Fußgängerüberweg	Erkennung der Position und Geschwindigkeit des Fahrzeugs.	Schnelles Blinken (Warnstufe 2)
Moderate Speed	Das Fahrzeug bewegt sich mit einer konstanten Geschwindigkeit (30 km/h) auf den Zebrastreifen zu und bremst zunächst nicht ab. Der Fußgänger bewegt sich auf den Zebrastreifen zu und hat die Absicht, die Straße zu überqueren. Das Fahrzeug bremst erst kurz vor dem Zebrastreifen ab.	Ermittlung der Position und Geschwindigkeit des Fußgängers und des Fahrzeugs.	Schnelles Blinken (Warnstufe 2)
Unzulässige Manöver/Gefahren- situationen	Erkennung von unzulässigen Manövern, wie z.B. Überholen kurz vor dem Zebrastreifen, Autofahrer fährt entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung (Falschfahrer).	Erkennung der Fahrtrichtung und Geschwindigkeit des Fahrzeugs. Basierend auf Dateninterpretation: Erkennung von Gefahrensituation auf Basis von bereits vorher gesammelten Daten.	Schnelles Blinken (Warnstufe 2)
Klare Sicht	Funktion des Systems wird durch externe Objekte beeinträchtigt (falsch parkende Autos, abgestellte Fahrräder, Mülltonnen, etc.)	Erkennung von Fahrzeugen, die nicht unmittelbar am Verkehrsgeschehen teilnehmen (wie z.B. parkende Autos) und anderen Objekten.	Interne Warnung bei eingeschränkter Funktion des Systems

Umweltbedingungen	Funktion des Systems muss zu unterschiedlichen Tageszeiten (Tag/Nacht) und bei verschiedenen Wetterlagen, wie z.B. Regen, Schnee, Wind, Nebel sichergestellt sein.	Erkennung der Wetterbedingungen und Tageszeiten.	Interne Warnung bei eingeschränkter Funktion des Systems
V2X (Vehicle-to-X communication), NFC (Near Field Communication)	Kommunikation eines Fahrzeugs mit der Umwelt, im speziellen die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Fußgängern, Fahrradfahrern und der Verkehrsinfrastruktur, wie z.B. Verkehrsschilder.	Die Fahrzeuge müssen technische Voraussetzungen erfüllen, um V2X zu ermöglichen (Sensorik, Mobilfunkstandards 4G/5G, usw.) Zudem müssen Aspekte der IT-Security (u.A. Datenschutz) beachtet werden.	Abhängig von der Verkehrssituation wird zusätzlich eine Warnung direkt an das Fahrzeug gesendet und dem Fahrer z.B. auf dem Autodisplay/Tacho angezeigt.

Tabelle 1: Use Cases (eigene Darstellung)

3.2 Zusammenfassung

Die Reaktion des Systems hängt im Wesentlichen von der Gefährlichkeit der Situation ab. Wenn das System erkennt, dass ein Fußgänger oder Fahrradfahrer nicht die Absicht hat, die Straße zu überqueren, wird keine Warnung ausgegeben (Warnstufe 0). Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass sich die Autofahrer an die Verkehrsregeln halten. Wird also eine überhöhte Geschwindigkeit (über 50 km/h) oder ein unzulässiges Manöver (wie z.B. Überholen kurz vor dem Zebrastreifen) erkannt, blinkt das System schnell (Warnstufe 2), unabhängig davon, ob ein Fußgänger oder Fahrradfahrer die Absicht hat, die Straße zu überqueren.

Weiterhin blinkt das System schnell (Warnstufe 2), wenn der Autofahrer mit einer konstanten Geschwindigkeit fährt, ein Fußgänger oder Fahrradfahrer die Absicht hat, die Straße zu überqueren und das Auto erst kurz vor dem Zebrastreifen abbremst (Moderate Speed).

Das System blinkt langsam (Warnstufe 1), wenn ein Fußgänger oder Fahrradfahrer die Absicht hat, die Straße zu überqueren bzw. überquert, unabhängig davon, ob ein Auto erkannt wird oder nicht.

Weiterhin gibt das System eine interne Warnung aus, wenn die Funktion des Systems durch externe Objekte oder bestimmte Witterungsverhältnisse eingeschränkt ist, sodass Maßnahmen ergriffen werden können, um die Funktion wiederherzustellen.

4 Vorbereitung der Zertifizierung

RAL (Reichsausschuss für Lieferbedingungen) Gütezeichen kennzeichnen einige Tausend Produkte und Dienstleistungen, die nach genau festgelegten Qualitätskriterien hergestellt, angeboten und kontinuierlich überprüft werden. Für jede Produkt- und Leistungsgruppe legt RAL in Zusammenarbeit mit Herstellern, Verbrauchern, Prüfinstituten und Behörden die Anforderungen für das jeweilige Gütezeichen fest. Die Qualitätskriterien umfassen sämtliche Aspekte, die für die Nutzung relevant sind. Aktuell existieren etwa 150 Gütezeichen, wie z.B. für Möbel, Trockenbau oder Dünger. (RAL Gütezeichen, 2022)

Das RAL Gütezeichen für Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen ist ein deutsches Gütesiegel und wird vorausgesetzt, um in Deutschland vertikale Verkehrszeichen aufzustellen. Die Güteschutzgemeinschaft Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen e.V. (GSG VZ) ist die von RAL anerkannte Organisation zur Durchführung der Gütesicherung für diese Produktgruppe. (Gütezeichen Verkehrszeichen, 2022)

Das RAL-Zeichen inkludiert die europäischen Vorgaben des CE-Zeichens (europäische Normen), welches die europäischen Mindestanforderungen in den Punkten Standsicherheit, spezifischer Mindestrückstrahlwert, Leuchtdichtefaktor, Farbort und Dauerhaftigkeit erfüllt. Damit ein Verkehrszeichen in Deutschland zum Einsatz kommen darf, reicht das CE-Zeichen alleine nicht aus. Zusätzlich müssen die RAL-Gütebedingungen erfüllt werden:

- Abmessung/Bauart des Bildträgers
- Ausführung der Rückseite
- Haftfestigkeit
- Bildinhalte, Piktogramme, Aufschriften
- Farbgebung (Reflecto GmbH, 2022)

Das Ziel der vorliegenden Ausarbeitung ist eine Aufstellung der wesentlichen Kosten und Anforderungen für die Zertifizierung des „SmartWalk“-Schildes in Deutschland. Die eigentliche Zertifizierung soll nach Abschluss des Projekts durchgeführt werden.

4.1 Informationsbeschaffung

Über das Mitgliederverzeichnis der Güteschutzgemeinschaft Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen e.V. wurden Unternehmen ausgewählt, die berechtigt sind eine Zertifizierung durchzuführen.

Für die Vorbereitung der Zertifizierung wurden folgende Unternehmen schriftlich kontaktiert:

- Bremicker Verkehrstechnik GmbH
- Colberg & Forster GmbH
- Fritz Lange Gruppe GmbH
- Schilderwerk Beutha GmbH
- Signature Hiller GmbH

Mit den Unternehmen Bremicker Verkehrstechnik GmbH, Schilderwerk Beutha GmbH und Signature Hiller GmbH wurden nach einer Rückmeldung Telefoninterviews geführt. In den Interviews wurde das „SmartWalk“-Projekt detailliert beschrieben und das Vorhaben, welches in zwei Schritten erfolgen soll, erläutert:

1. Erstellung eines erweiterten Kostenvoranschlags und Auflistung der exakten Anforderungen/Kriterien für eine Zertifizierung
2. Durchführung der Zertifizierung

Die Bremicker Verkehrstechnik GmbH teilte mit, dass sie ausschließlich für den Bau des Schildes verantwortlich ist und nicht für die Zertifizierung des Schildes, sodass es vorerst zu keiner weiteren Korrespondenz kam.

Die Schilderwerk Beutha GmbH verwies auf die Güteschutzgemeinschaft Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen e.V. und den Ansprechpartner Christian Barga. Dieser wurde daraufhin schriftlich kontaktiert.

Die Signature Hiller GmbH erklärte sich grundsätzlich bereit dazu, die Zertifizierung durchzuführen und ist einer der drei aktuellen Ansprechpartner im Rahmen der Vorbereitung der Zertifizierung.

4.2 Resultat

Aktuell gibt es folgende drei Ansprechpartner:

- Signature Hiller GmbH: Tim Hiller
- Güteschutzgemeinschaft Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen e.V.: Christian Bargen
- Bundesanstalt für Straßenwesen: Dr. Sandra Jacobi

Die Kontaktdaten der Ansprechpartner befinden sich im Anhang.

Nach Durchführung von Telefoninterviews und schriftlicher Korrespondenz mit den Ansprechpartnern Signature Hiller GmbH und der Güteschutzgemeinschaft Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen e.V., welche in direktem Kontakt mit der Bundesanstalt für Straßenwesen steht, konnte folgendes Resultat ermittelt werden:

Wesentliche Grundlagen für eine Zulassung sind europäische Normen (in diesem Fall EN 12899-1:2007) sowie nationale Anforderungen, die sich im Wesentlichen aus der Straßenverkehrsordnung (StVO) oder nationalen Normen ergeben, wenn es keine europäische Regelung gibt (z.B. Beleuchtung nach DIN 67523). Beim „SmartWalk“-Schild muss die gesamte Anlage des Fußgängerüberwegs betrachtet werden. Dabei muss zwischen den Eigenschaften, für die es keine entsprechende Zulassungskriterien gibt und neuen Funktionen, für die es noch keine Grundlage in der StVO und auch noch keine Prüfverfahren gibt, differenziert werden. Die Funktion als innenbeleuchtetes Fußgängerüberweg-Schild ist nach EN 12899-1:2007 in Verbindung mit den Technischen Liefer- und Prüfbedingungen für vertikale Verkehrszeichen, Ausgabe 2011 (TLP VZ) geregelt. Ein entsprechendes Zulassungsverfahren für das innenbeleuchtete Schild könnte somit durchgeführt werden. Eine eigenständige Zulassung für das innenbeleuchtete Schild macht jedoch laut Signature Hiller keinen Sinn, weil es solche bereits mehrfach am Markt gibt.

Zu allen weiteren Funktionen, d.h. der Erkennung und Warnung der Verkehrsteilnehmer müssen Einsatzgrundsätze definiert werden. Bis zum Abschluss des „SmartWalk“-Projekts im September 2022 sind ggf. Änderungen hinsichtlich der Funktionalität vorgesehen. Vor Prüfung und Zulassung von neuen Funktionen sollte der Abschluss des Projekts abgewartet werden, weil hier Grundlagen für ggf. erforderliche Änderungen in der StVO betreffend Warneinrichtungen und Schutzfunktionen gegeben werden.

Da der Hersteller Bercman Technologies AS bereits Prüfungen und eine Zulassung für die EN 12899-1:2007 hat, können diese hinsichtlich der Klassenauswahl in den Technischen Liefer- und Prüfbedingungen für vertikale Verkehrszeichen ausgewertet und ggf. eingesetzt werden. Eine entsprechende Prüfung und Bewertung von Eigenschaften, die europäisch nicht geregelt sind, wird zusätzlich erforderlich sein (z.B. Maße des Sinnbildes, Farbe der Schildrückseite bzw. des Gehäuses und Beleuchtung des Fußgängerüberwegs nach DIN 67523).

Eine vollständige RAL-Zertifizierung ist noch wesentlich umfangreicher, da sie auch weitere Produktvarianten wie die retroreflektierenden Standverkehrszeichen und die Wegweisung als Grundlage mit einbezieht. Das liegt mit dem „SmartWalk“-Schild nicht vor. Somit werden nur zutreffende Eigenschaften geprüft werden können, aber kein RAL-Gütezeichen zu vergeben sein.

Aufgrund der vielen offenen Anforderungen an das Zulassungsverfahren lässt sich ein Kosten- und Prüfplan aktuell nicht verbindlich zusammenstellen.

5 Evaluation

5.1 Zusammenfassung

Im Rahmen der Entwicklung einer intelligenten Verkehrsinfrastruktur beschäftigte sich diese Arbeit mit den möglichen Nutzungsszenarien eines intelligenten Fußgängerüberwegs und den Zertifizierungen, die notwendig sind, um das „SmartWalk“-Schild in Deutschland in Betrieb zu nehmen.

Zunächst wurde die Motivation für das Thema der Entwicklung von intelligenten Fußgängerüberwegen beschrieben und das Projekt „SmartWalk“, welches auf dem Produkt „Smart Pedestrian Crosswalk“ vom Hersteller Berman Technologies basiert, vorgestellt.

Im zweiten Kapitel wurden ausgewählte, bereits vorliegende digitale Zebrastreifen-Lösungen vorgestellt, analysiert und mit der Lösung von Berman Technologies verglichen.

Kapitel 3 zeigte Beispiele für mögliche Anwendungsszenarien (Use Cases) des SmartWalk-Schildes auf. Hierbei wurden für die Use Cases jeweils detaillierte Beschreibungen erstellt, Anforderungen definiert und die Reaktionen des Systems bestimmt. Diese Use Cases sind notwendig für die Vorbereitung der Zertifizierung und zeigen mögliche Weiterentwicklungen des „SmartWalk“-Schildes auf.

Das letzte Kapitel beschäftigte sich mit der Vorbereitung der Zertifizierung des „SmartWalk“-Schildes. Das Ziel hierbei war, wesentliche Kosten und Anforderungen für die Zertifizierung zu ermitteln. Zunächst wurde recherchiert, welche Zertifikate benötigt werden, um das „SmartWalk“-Schild in Deutschland in Betrieb zu nehmen und welche Institutionen dafür verantwortlich sind. Darauf basierend wurden neben der schriftlichen Korrespondenz Telefoninterviews mit der Signature Hiller GmbH und der Güteschutzgemeinschaft Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen e.V., die in direktem Kontakt mit der Bundesanstalt für Straßenwesen stand, geführt.

Das Resultat hierbei war, dass sich ein Kosten- und Prüfplan aktuell nicht verbindlich zusammenstellen lassen kann. Die Gründe hierfür sind unter anderem fehlende Grundlagen für die Änderung der StVO, die sich ggf. erst nach Abschluss des Forschungsprojekt im September 2022 ableiten lassen können und fehlende Prüfverfahren für die Erkennung und Warnung von Verkehrsteilnehmern durch das „SmartWalk“-Schild.

5.2 Fazit/Ausblick

Durch die Beantwortung der Fragen „Welche Nutzungsszenarien können bei einem intelligenten Fußgängerweg auftreten?“ und „Welche Zertifizierungen werden benötigt, um das SmartWalk-Schild in Deutschland in Betrieb zu nehmen?“ in der vorliegenden Arbeit konnte ein grober Anforderungsrahmen für die Zulassung des SmartWalk-Schildes in Deutschland ermittelt werden.

Im weiteren Verlauf soll dieser grobe Anforderungsrahmen verfeinert werden, um somit konkrete Anforderungen und Kosten für die Zulassung des SmartWalk-Schildes abzuleiten. Bis zum Abschluss des Projekts „SmartWalk“ im September 2022 sind ggf. weitere Entwicklungen der Funktionalität des SmartWalk-Schildes vorgesehen. Zunächst sollte daher das Projekt abgeschlossen werden, um die Grundlage für mögliche Änderungen der Straßenverkehrsordnung bezüglich neuer Funktionen der Erkennung und Warnung von Verkehrsteilnehmern ableiten zu können und die Entwicklung entsprechender Prüfverfahren vorzunehmen. Weiterhin müssen Einsatzgrundsätze bzw. Rahmenbedingungen der Funktionalität (z.B. Definition der Detektionsgrenzen des „SmartWalk“-Schildes) genau definiert werden.

Ein weiteres relevantes Forschungsfeld, welches im Rahmen der Entwicklung dieses Projekts betrachtet werden sollte, ist die Verhaltensanalyse und Intentionserkennung im Straßenverkehr. Schwache Verkehrsteilnehmer kommunizieren mithilfe von Gesten und senden unbewusst Signale aus. Mithilfe dieser Gesten (z.B. Handzeichen eines Radfahrers) und Signale (Kopf- und Körperpose, Blickrichtung oder Beinstellung) können andere Verkehrsteilnehmer auf deren zukünftiges Verhalten schließen. Für die genaue Verhaltensanalyse und Intentionserkennung ist zudem der Kontext (Bordsteinkanten, Objekte, Belegung/Freifläche), in dem die Verkehrsteilnehmer agieren, relevant. Basierend auf den erkannten Posen und Gesten und unter Berücksichtigung der relevanten Kontextinformationen kann folglich eine Intentionserkennung erfolgen. (atCity, 2018)

Literaturverzeichnis

Arbeitsgruppe 8 Nationaler IT-Gipfel (2014): *Anforderungen an die digitale Infrastruktur für intelligente Mobilität*. Abgerufen von <https://plattform-digitale-netze.de/app/uploads/2016/06/IT-Gipfel-2014-AG8-Strategiepapier.pdf> (02.02.2022)

atCity (2018): *Teilprojekt 7. Interaktion mit schwächeren Verkehrsteilnehmern*. Abgerufen von https://www.atcity-online.de/partial_projects/sp7/___TP-7.html (26.06.22)

Bercman (2020): *A Smart Pedestrian Crosswalk (SPC) Use Case Study*. Abgerufen von <https://www.bercman.com/wp-content/uploads/2021/05/Viimsi-use-case-ENG.pdf> (03.02.2022)

BMVI Vorhabenbeschreibung (2021): *Vorhabenbeschreibung SmartWalk [internes Dokument]*

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2021): *Datenbasiertes, intelligentes Straßenschild zum Schutz schwacher Verkehrsteilnehmer – SmartWalk*. Abgerufen von <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/smartwalk.html> (14.12.2021)

Detas (2022): *Classic and Classic-ELV. Pedestrian crossing lightning systems*. Abgerufen von https://download.d-power.com/assets/apl/APL-CLASSIC-D-Power_eng.pdf (05.02.2022)

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (2013): *Unfallforschung kompakt. Untersuchungen zur Sicherheit von Zebrastreifen*. Abgerufen von <https://www.udv.de/resource/blob/79328/d9afa03103a0aac02ff31873f477836d/41-untersuchungen-zur-sicherheit-von-zebrastreifen-data.pdf> (04.02.2022)

Gütezeichen Verkehrszeichen (2022): *Über uns*. Abgerufen von <https://www.guetezeichen-verkehrszeichen.de/organisation/ueber-uns/> (12.03.2022)

Reflecto GmbH (2022): *RAL-Gütezeichen und CE-Zertifizierung für Verkehrszeichen*. Abgerufen von <https://www.verkehrszeichen.de/wissenswertes/ral-guetezeichen-und-ce-zertifizierung-fuer-verkehrszeichen> (12.03.2022)

RAL Gütezeichen (2022): *Was sind RAL Gütezeichen?* Abgerufen von <https://www.ral-guetezeichen.de/ueber-ral-guetezeichen/> (17.04.2022)

Stepvial (2022): *Smart Pedestrian Crossing*. Abgerufen von <https://www.stepvial.com/en/solutions> (05.02.2022)

Stepvial Salamanca (2021): *Smart Pedestrian Crossing in Salamanca*. Abgerufen von <https://www.stepvial.com/en/smart-pedestrian-crossing-in-salamanca> (05.02.2022)

Anhang

Kontaktdaten der aktuellen Ansprechpartner

Güteschutzgemeinschaft Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen e.V.

Fleyer Straße 204

58097 Hagen

Telefon: 02331 / 37795-93

E-Mail: info@gsg-vz.de

Webseite: <https://www.guetezeichen-verkehrszeichen.de/>

Direkter Ansprechpartner: Dr. Christian Bargaen (Geschäftsführer)

E-Mail: c.bargaen@gsg-vz.de

Bundesanstalt für Straßenwesen

Brüderstraße 53

51427 Bergisch Gladbach

Telefon: 02204 / 43-0

E-Mail: post@bast.de

Webseite: <https://www.bast.de/>

Direkte Ansprechpartnerin: Dr. Sandra Jacobi (Leiterin der Prüfstelle Straßenausstattung)

E-Mail: psstra@bast.de

Signature Hiller GmbH

Achtstraße 67-69

55765 Birkenfeld

Telefon: 06782 / 14-0

E-Mail: info@signature-hiller.de

Webseite: <https://www.signature-hiller.de/>

Direkter Ansprechpartner: Tim Hiller (Prokurist)

E-Mail: t.hiller@signature-hiller.de
