



HOCHSCHULE LANDSHUT
HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN

FAKULTÄT INFORMATIK

Bachelorarbeit

TECHNOLOGIESCOUTING ZUR VERBESSERUNG DER SICHERHEIT
FÜR SCHULKINDER AUF SCHULWEGEN

Roland Heinrich

Betreuer: Prof. Dr. Abdelmajid Khelil

ERKLÄRUNG ZUR BACHELORARBEIT

Heinrich, Roland

Hochschule Landshut Fakultät Informatik

Hiermit erkläre ich, dass ich die Arbeit selbständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benützt, sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

.....
(Datum)

.....
(Unterschrift des Studierenden)

Zusammenfassung

In Deutschland geschehen täglich viele Unfälle, in denen Schulkinder involviert sind. Durch bisherige Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit, wie geplante Schulwegrouten lässt sich die Sicherheit für Schulkinder nicht weiter erhöhen. Aufgrund des Zeit- und Managementaufwands sind alternative Verbesserungen gefragt. Hier bietet sich der Einsatz von neuen Technologien an, wobei es hier eine große Auswahl gibt. Folglich wird hier ein Überblick über Technologien gezeigt und wie diese zur Verbesserung der Sicherheit für Schulkinder auf ihren Schulwegen beitragen können. Da schon viele der Technologien auf der Welt eingesetzt werden, um die Sicherheit zu erhöhen, wird durch Literaturrecherche der Bezug zum Thema dieser Bachelorarbeit hergestellt. Es werden Fallbeispiele genannt und wie diese zur Verbesserung der Sicherheit beitragen können. Aufgrund der Vielzahl von Systemen und den unterschiedlichen Einsatzgebieten ist keine klare Empfehlung zu geben. Je nach Anwendungsfall können hier die benötigten Daten- und Informationsquellen/senken variieren.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 2 |
| 1.1 | Projekt 5-Safe | 2 |
| 1.2 | Ziel und Vorgehen | 2 |
| 1.3 | Aufbau | 3 |
| 2 | Anforderungen | 4 |
| 2.1 | Systembeschreibung | 4 |
| 2.2 | Stakeholderanalyse | 5 |
| 2.3 | Funktionale Anforderungen: Schutz der Kinder | 6 |
| 2.4 | Nicht funktionale Anforderungen | 7 |
| 2.4.1 | Datenschutz | 7 |
| 2.4.2 | Verlässlichkeit | 8 |
| 2.4.3 | Benutzerakzeptanz | 9 |
| 2.4.4 | Zeitverhalten | 9 |
| 3 | Daten- und Informationsquellen | 11 |
| 3.1 | Smarte Straßenbeleuchtung | 13 |
| 3.1.1 | Allgemeiner Aufbau | 13 |
| 3.1.2 | Anwendungsszenario | 14 |
| 3.1.3 | Szenarien geordnet nach Umsetzbarkeit | 15 |
| 3.2 | Smarte Ampeln | 17 |
| 3.2.1 | Allgemeiner Aufbau | 17 |
| 3.2.2 | Anwendungsszenario | 18 |
| 3.2.3 | Szenarien geordnet nach Umsetzbarkeit | 19 |
| 3.3 | Videoanalyse | 21 |
| 3.3.1 | Allgemeiner Aufbau | 21 |
| 3.3.2 | Anwendungsszenario | 21 |
| 3.3.3 | Arten von Kameras | 22 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4 | Daten- und Informationssensoren | 26 |
| 4.1 | Wearables | 26 |
| 4.1.1 | Smartphones und -watches | 26 |
| 4.1.2 | Smarte Jacke und Westen | 28 |
| 4.1.3 | Dediziertes Armband | 29 |
| 4.2 | Infrastruktur | 30 |
| 4.2.1 | Dynamische Straßenschilder | 30 |
| 4.2.2 | Smarte Zebrastrifen | 31 |
| 4.3 | Zusammenfassung und Ausblick | 33 |
| | Literaturverzeichnis | 34 |
| | Abbildungs- und Tabellenverzeichnis | 38 |

1 Einleitung

In diesem Kapitel wird als erstes das 5-Safe Projekt der Stadt Landshut genannt. Hier wird die Motivation zur Gründung des Projekts sowie dessen grundlegende Umsetzung beschrieben. Darauf folgt die Zielsetzung der Bachelorarbeit und das Vorgehen zur Klärung der Forschungsfrage. Zum Ende des Kapitels wird der Aufbau der Bachelorarbeit beschrieben.

1.1 Projekt 5-Safe

Eine Unfallstatistik des Deutschen Verkehrssicherheitsrates zeigt, dass 2018 noch über 25.000 Kinder an Verkehrsunfällen beteiligt waren [1]. Durch Urbanisierung und damit einhergehender Vermehrung des Verkehrsaufkommens und der Schülerzahlen ist es notwendig die Sicherheit auf Schulwegen nachhaltig zu verbessern. Da die bisherigen Konzepte wie Planung der Schulwegrouten und Elterntaxis mit viel Arbeitsaufwand verbunden sind und dazu nur begrenzt die Sicherheit verbessern, werden neue Maßnahmen benötigt. Deshalb wurde das Projekt 5-Safe [2] der Stadt Landshut gegründet. Es werden neue Technologien wie 5G (5. Generation des Mobilfunkstandards) hinsichtlich ihres Potenzials zur Verbesserung der Sicherheit für Schulkinder auf ihren Schulwegen analysiert. Hierzu wird ein Konzept erstellt, welches an drei ausgewählten Schulen innerhalb der Stadt Landshut getestet wird. Dieses Konzept beinhaltet unter anderem einige der in dieser Bachelorarbeit vorgestellten Technologien.

Deshalb werden Systeme gesucht, welche die Sicherheit für Schulkinder auf ihren Schulwegen zukünftig verbessern.

1.2 Ziel und Vorgehen

Aufgrund der Vorgaben des Projekts 5-Safe sind die in dieser Bachelorarbeit vorgestellten Technologien auf die Verbesserung der Sicherheit für Schulkinder auf ihren

Schulwegen ausgerichtet. Das Ziel ist es einen Überblick über die Systeme und ihren Bezug auf das Thema dieser Arbeit zu erläutern. Hierzu wird durch Literaturrecherche ermittelt, welche Technologien es gibt, wo und wie sie eingesetzt werden und ihr Potenzial hinsichtlich der Verbesserung der Sicherheit für Schulkinder auf Schulwegen.

1.3 Aufbau

Zu Beginn werden die Ansprüche an die Technologien erklärt. Diese wurden aus den Anforderungen des 5-Safe Projekts entnommen. Anhand dieser wurden die Systeme, welche in dieser Bachelorarbeit gezeigt werden, ausgewählt. Bei den Erzeugern der Daten handelt es sich um Geräte, welche wichtige Informationen bezüglich Sicherheit mithilfe Sensoren erfassen oder durch ihre Funktion die Sicherheit verbessern. Hier wird je Daten- und Informationsquelle der allgemeine Aufbau sowie ein Fallbeispiel und ihr Potenzial in Bezug auf das Thema dieser Bachelorarbeit erläutert. Die erzeugten Daten können im nächsten Schritt den Verbrauchern übermittelt werden. Hierbei wird die Verwertung der Daten erklärt. An Geräten und Hilfsmitteln wie LED Schildern, Smartphones sowie -watches werden nach der Auswertung der erzeugten Daten die Informationen gesendet. Bei einer Gefahrensituation soll ein Warnsignal an die Schüler und andere Verkehrsteilnehmer gesendet werden. Durch die Zusammenarbeit von Daten- und Informationsquellen mit Daten- und Informationssenken soll so die Sicherheit für die Schüler auf ihren Schulwegen verbessert werden. Am Ende dieser Arbeit wird in einer Tabelle das Potenzial der einzelnen Quellen und Senken hinsichtlich der Anforderungen grafisch bewertet.

2 Anforderungen

In diesem Kapitel werden die Anforderungen, welche aus dem 5-Safe Projekt stammen, erklärt. Zu Beginn wird eine Systembeschreibung mit aktuellem Stand, Problemstellung und Anwendungsfällen genannt. Darauf folgt die Stakeholderanalyse, welche notwendig ist um die darauffolgenden Anforderungen zu konkretisieren.

2.1 Systembeschreibung

Bisher wurde die Sicherheit für die Schüler auf ihren Schulwegen durch (analoge) schulische Mobilitätsmanagement Maßnahmen geregelt, welche die Routen der Schüler planen [3]. Jedoch sind diese mit einem großen, dauerhaften organisatorischen, zeitlichen und arbeitstechnischen Aufwand verbunden. Zudem sind die Möglichkeiten zur weiteren Verbesserung der Sicherheit von Schülern auf ihren Schulwegen mit diesen Maßnahmen begrenzt.

Systeme zur Verkehrsüberwachung und -steuerung, welche bereits im Einsatz sind, können aufgrund von Kosten und Aufwand nicht flächendeckend installiert werden. Außerdem müssen diese Systeme nicht nur verlässlich, sondern auch eine gewisse Qualität und Geschwindigkeit der Datenübertragung aufweisen. Um eine dauerhafte Lösung für die genannten Probleme zu realisieren, wurde das Projekt 5-Safe der Stadt Landshut eingeführt. Aus diesem Projekt stammen die nachfolgend genannten Anforderungen. In dieser Bachelorarbeit werden verschiedene Technologien vorgestellt, wobei je nach System und Ausstattung andere Anwendungsfälle zustande kommen wie zum Beispiel:

- Durch den Einsatz von Smarten Straßenleuchten lassen sich gefährliche Stellen intensiver beleuchten sowie mit Bewegungsmeldern Heatmaps über Verkehrsaufkommen erstellen.
- Smarte Ampeln können durch Erkennung eines Querungswunsches der Kinder die Ampeln frühzeitig umschalten.

- Mit Videoanalyse und definierten Gefahrenzonen besteht die Möglichkeit ein Warnsignal an Verkehrsteilnehmer oder Kinder zu senden, falls diese betreten werden.
- Werden mögliche Gefahren erkannt, können Smarte Wearables (intelligente technische Geräte, die nahe oder auf der Hautoberfläche getragen werden) Kinder durch gezielte Vibration davor warnen.

2.2 Stakeholderanalyse

Bevor man jedoch eine Entscheidung hinsichtlich der Auswahl des Systems trifft, muss eine Stakeholderanalyse erfolgen. Bei dieser handelt es sich um eine Methode zur Bewertung der Stakeholder. Diese sind Personen oder Gruppen, welche ein berechtigtes Interesse am Verlauf eines Projekts haben.

Die folgende Einteilung bezieht sich auf Krips [4].

Die Stakeholderanalyse lässt sich in drei Schritte unterteilen:

1. Ermittlung der Stakeholder sowie die Ursache für ihr Interesse am Projekt.

Zunächst müssen sämtliche Stakeholder erkannt werden. Hierbei ist es wichtig direkt sowie indirekt beteiligte Personen zu erfassen. Weiter ist darauf zu achten, dass zum Beispiel bei Gruppierungen wie „Stadtverwaltungen“ verschiedene Stakeholder existieren können [vgl. 4, S.13]. Zudem ist es wichtig festzustellen, welches genaue Interesse der jeweilige Stakeholder am Projekt hat [vgl. 4, S.15].

2. Untersuchen der Stakeholder

In dieser Phase beginnt die Untersuchung der erfassten Daten. Hier existieren bestimmte Techniken. Zuerst wird jeder Stakeholder einzeln begutachtet. Danach werden mithilfe dieser Daten Zusammenhänge zwischen Stakeholdern festgestellt. Zum Schluss werden diese Zusammenhänge ausgewertet [vgl. 4, S.18].

3. Verwertung der Daten

Nachdem die Untersuchung der Stakeholder abgeschlossen ist, können die gewonnenen Daten verwertet werden. Hieraus werden Strategien für das weitere Vorgehen des Projekts erstellt wie Kommunikationswege, Vorgehen bei jedem Stakeholder, Vorgehen des Managements und Ziele [vgl. 4, S.28].

Durch die Stakeholderanalyse lassen sich Anforderungen an das Projekt konkretisieren. In Bezug auf das Thema dieser Bachelorarbeit können aufgrund der Auswahl von Anforderungen bereits im Vorfeld Technologien ausgeschlossen werden.

2.3 Funktionale Anforderungen: Schutz der Kinder

Die folgenden funktionalen und nicht funktionalen Anforderungen stammen aus dem Projekt 5-Safe [3].

Ziel des 5-Safe Projekts ist es den Schutz der Schulkinder auf den Schulwegen zu verbessern. Deshalb ist diese Anforderung besonders wichtig und muss in jeder Technologie erfüllt sein.

Die funktionale Anforderung des Systems ist es, den Schutz der Kinder zu gewährleisten. Hierzu soll das System definierte Zonen (vgl. 2.1) überwachen, die erfassten Daten auswerten und bei Gefahrensituationen eine Warnung an Verkehrsteilnehmer sowie Schulkinder senden. An passenden Stellen werden die nötigen Informations- und Datenquellen installiert, um eine optimale Überwachung und Schutz zu bieten. Die Verarbeitung kann je nach Anwendungsfall direkt in den installierten Geräten oder, falls mehr Rechenkapazität benötigt wird, durch Edge Computing (dezentrale Datenverarbeitung am Rand des Netzwerks) erfolgen. Das Betreten von Gefahrenzonen oder die Nichteinhaltung von Verkehrsregeln stellt eine Gefahrensituation dar. Hierbei muss das System die Situation erkennen und ein Warnsignal an Smarte Wearables, Infrastruktur oder an Verkehrsteilnehmer senden. Bei Wearables kann dies beispielsweise durch Vibration oder ein akustisches Signal geschehen. Des Weiteren können auch Straßenschilder und eine gezielte Lampensteuerung auf unmittelbare Gefahren hinweisen bzw. andere Verkehrsteilnehmer auf Kinder aufmerksam machen.



Quelle: [3]

Abb. 2.1: 5-Safe Zonen Definition

2.4 Nicht funktionale Anforderungen

2.4.1 Datenschutz

Hinsichtlich dem Einsatz von Video-, Wärme- oder Radarkameras ist besonders auf den Datenschutz zu achten. Dieser befasst sich mit der Privatsphäre von Personen. Er legt fest wie und im speziellen welche personenbezogene Daten erfasst, vermittelt und verarbeitet werden dürfen [vgl. 5, S.4].

Nach Ronald Petrilc lässt sich der Datenschutz in Regulierungen, Selbstregulierung und Selbstschutz zusammenfassen.

Bei den sogenannten Regulierungen handelt es sich um die aktuell geltenden Gesetze im Hinblick auf Datenerfassung und -verarbeitung. Diese sind in Deutsch-

land im Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) sowie in der europaweit geltenden EU-Datenschutzgrundverordnung (EU-DSGVO) festgelegt. Sie beinhalten für Kinder Sonderregelungen, die es bei der Verwendung von Kamertechnik unbedingt zu beachten gilt (vgl. DSGVO, Art.8). Da die vorliegende Arbeit den Fokus auf die Sicherheit von Kindern setzt, spielen diese Sonderregelungen in der späteren Bewertung der verschiedenen Technologien eine maßgebliche Rolle.

Selbstregulierung bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die jeweiligen Anbieter sich selbstständig um die Einhaltung der Datenschutzrichtlinien kümmern. Dies kann sich eine Stadt, die sich für die Nutzung von Kameras entschieden hat, beispielsweise durch regelmäßige Prüfungen von offiziellen Stellen zertifizieren lassen.

Falls eine Person oder der Betreiber selbst durch Hilfsmittel den Schutz erhöht, ist dies Selbstschutz [vgl. 5, S.4].

2.4.2 Verlässlichkeit

Die Verlässlichkeit ist eine der wichtigsten Komponenten eines eingebetteten Systems. Sie ist der Überbegriff für drei unterschiedliche Eigenschaften, welche Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und funktionale Sicherheit sind [vgl. 6, S.174].

1. Nach Karsten Berns ist die **Zuverlässigkeit** die Wahrscheinlichkeit, dass das Gerät seine Aufgabe unter festgelegten Richtlinien für eine definierte Zeit ohne Unterbrechungen und Fehler erfüllt. Hierbei ist der durchgängig fehlerfreie Betrieb essentiell. So ist es bei dem Einsatz von Kameras wichtig, dass diese eine hohe Lebensdauer aufweisen, sowie eine fehlerfreie Erkennung der Verkehrsteilnehmer gewährleisten.
2. Die **Verfügbarkeit** gibt an, wie lange das System die zugewiesene Aufgabe erfüllt hinsichtlich ihrer gesamten Lebensdauer. Hier wird jedoch nicht eine durchgängige Erfüllung der Aufgabe beachtet. Zur Berechnung der Verfügbarkeit gibt es nach Karsten Berns folgende Formel:

$$\text{Verfügbarkeit} = \frac{\text{Gesamtzeit} - \text{Ausfallzeit}}{\text{Gesamtzeit}}$$

3. Bei der **funktionalen Sicherheit** geht es um die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Gefährdung sowie deren Auswirkung (Risiko). Das System ist funktional

sicher, wenn es frei von Risiken ist, welche inakzeptabel sind. Diese existiert zum Beispiel bei Smarten Straßenleuchten. Falls eines der verbauten Geräte hier zum Ausfall der Beleuchtung führen würde, wäre der komplette Schutz nicht länger gewährleistet [vgl. 6, S.174 f.].

2.4.3 Benutzerakzeptanz

Bei einigen Technologien muss auch die Akzeptanz der Stakeholder überprüft werden. Falls nun eine Technologie ausgewählt wird, bei der eine Anschaffung der Eltern für ihre Kinder notwendig wird, wie z.B. ein Smartphone, wäre dies vorab erst durch eine Umfrage zu klären. Bei einem Meldedienst wiederum sollte bei den Anwohnern nachgefragt werden, ob dies erwünscht ist. Die Überprüfung der Akzeptanz kann mithilfe von Onlinebefragungen, Fragebögen oder durch persönliche Gespräche geklärt werden, um Missverständnisse zu vermeiden.

2.4.4 Zeitverhalten

Wie bei allen eingebetteten Systemen unterliegen auch hier die Systeme den strikten Zeitanforderungen. Hierbei ist besonders darauf zu achten, ob das System harter oder weicher Echtzeit unterliegt und ereignis- oder zeitgesteuert ist.

Vergleich zum folgendem Abschnitt Christian Siemers [7].

Harte Echtzeit bedeutet, dass das Nichteinhalten des Zeitlimits schwerwiegende Folgen haben kann. Im Falle unserer Systeme wäre dies eine Gefährdung der Sicherheit von Schulkindern.

Weiche Echtzeitsysteme führen lediglich zu einer geringeren Qualität, nicht jedoch zu einer direkten Gefährdung. Ein Beispiel hierfür wäre eine Videokamera, welche aufgrund von Nichteinhaltung des Zeitlimits eine geringere Framerate liefert.

Zeitgesteuerte Systeme besitzen einen festen Zeitrahmen, welcher periodisch wiederkehrt. Das System wird somit intern durch einen Takt gesteuert. Eine solche Vorgabe kann zum Beispiel sein, dass das System alle 500ms eine Rechenzeit von 30ms zugeteilt bekommt.

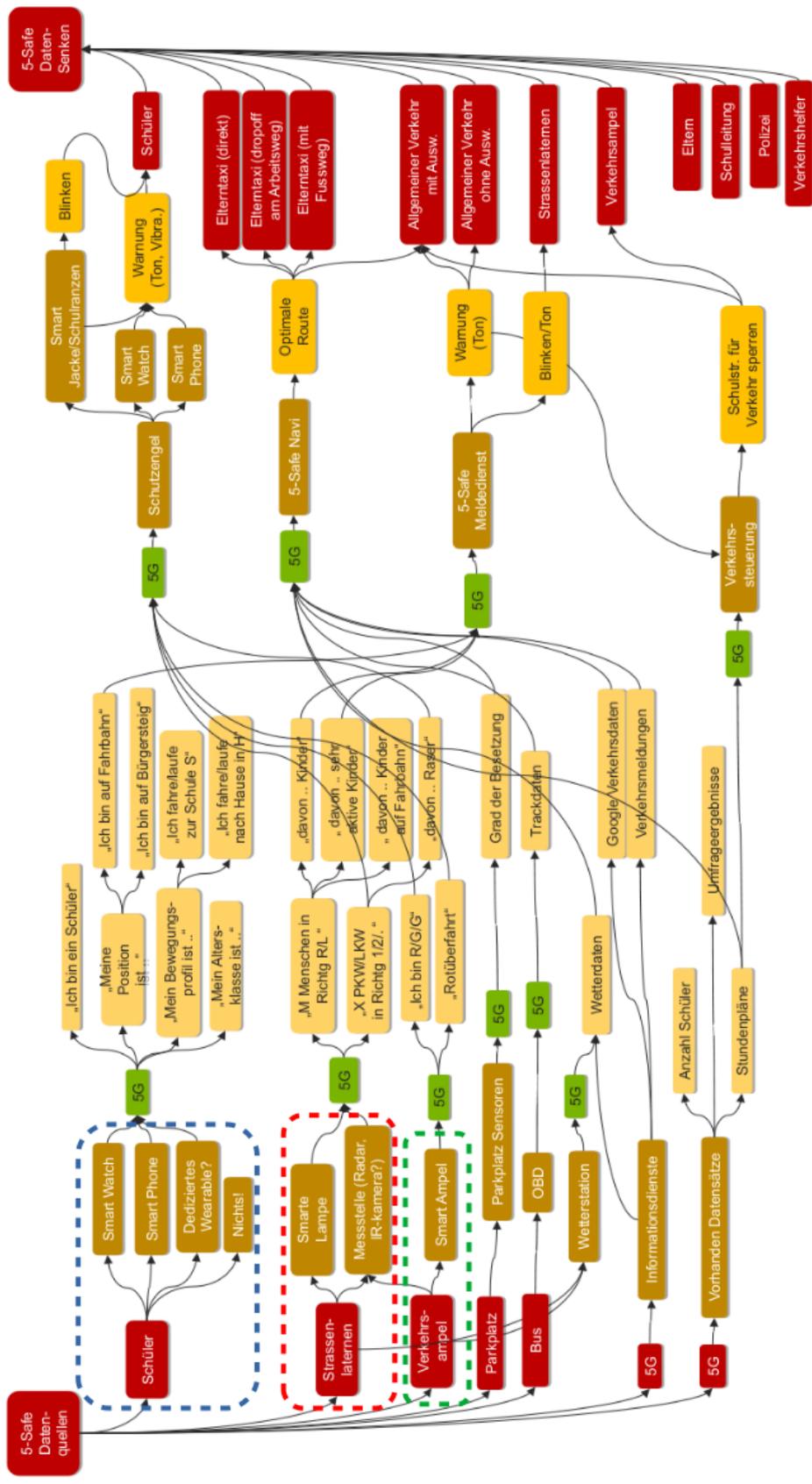
Bei **ereignisgesteuerten Systemen** ist dies nicht der Fall. Hier führt ein externes Event zur Ausführung der Aufgabe. Zum Beispiel stellt das Betreten des Erfassungsbereiches eines Bewegungsmelder ein solches Ereignis dar. Durch ein Interrupt, der von außen getriggert wird, beginnt das System zu reagieren.

Zur Bestimmung des Zeitverhaltens sind verschiedene Zeiten vorgegeben:

- Latenzzeit, welche die Zeit von Eintritt des Triggers bis zum Start der Bearbeitung beschreibt.
- Ausführungszeit ist die Zeit, die das System zum Auswerten benötigt.
- Die Reaktionszeit ergibt sich aus der Latenzzeit und der Ausführungszeit. Sie ist also die Zeit, die das System benötigt, um die Daten zu erfassen und auszuwerten.
- Die Frist (Deadline) gibt an, wie lange das System maximal Zeit hat, auf eine Situation zu reagieren. Für jede Situation muss eine Frist definiert werden.

3 Daten- und Informationsquellen

Dieses Kapitel befasst sich mit zukünftigen und bereits vorhandenen Technologien, welche zu einer erhöhten Sicherheit der Schulwege für die Schüler beitragen können. Hierbei wird jeweils ein Gebiet genannt, bei dem diese Technologie bereits eingesetzt wird und zu welchem Zweck. Weiterhin wird hier der Bezug zum Thema dieser Bachelorarbeit dargestellt, weitere Szenarien erklärt und zukünftige Möglichkeiten aufgezeigt. Als Grundlage wird hier das Use Case Diagramm des 5-Safe Projekts verwendet (siehe Abbildung 3.1). Im darauffolgendem Kapitel wird ein Vergleich aller Daten- und Informationsquellen sowie Senken und deren Potenzial im Bezug auf die festgelegten Anforderungen gezeigt.



Quelle: [3]

Abb. 3.1: 5-Safe Datenflüsse

3.1 Smarte Straßenbeleuchtung

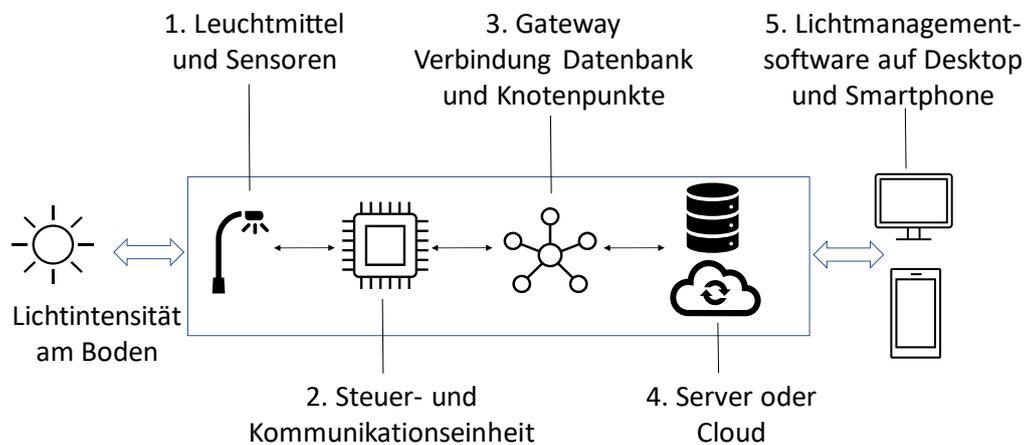
Zurzeit ist an jeder Schule in Deutschland eine Straßenbeleuchtung zu finden. Diese bietet bereits einen Schutz für die Schüler hinsichtlich Sichtbarkeit. Jedoch existiert noch keine Funktion, welche aktiv auf Schüler auf Gehwegen aufmerksam macht. Smarte Straßenbeleuchtungen können hier Abhilfe schaffen und durch den Einsatz verschiedenster Techniken die Sicherheit für Schüler auf ihren Schulwegen verbessern. Smarte Straßenbeleuchtungen können nicht nur als Daten- und Informationsquellen dienen, sondern auch als Daten- und Informationssenken. Ein durch Frequenz erzeugtes Blinken der Leuchtmittel kann zugleich aktiv auf die Präsenz von Schulkindern aufmerksam machen.

3.1.1 Allgemeiner Aufbau

Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich auf die Abbildung 4.4. Diese stellt den grundlegenden Aufbau einer smarten Straßenbeleuchtung dar.

1. Zeigt das Leuchtmittel in Verbindung mit den Sensoren. Bei den Leuchtmitteln handelt es sich um LEDs (Leuchtdioden). Als Sensoren können hier verschiedenste Geräte verwendet werden, je nach Einsatzgebiet. Ein Bewegungssensor oder Kameras zur Objekterkennung, Wettersensoren zur Erfassung der Wetterlage oder auch Mikrofone zum Erkennen von Lärm durch Unfälle.
2. Die Steuer- und Kommunikationseinheit ist das Verbindungsstück zum Gateway und verarbeitet die Befehle der Lichtmanagementsoftware, wie das Dimmen des Leuchtmittels.
3. Das Gateway stellt die Verbindung zwischen den Steuer- und Kommunikationseinheiten sowie dem Server oder Cloud her. Ein Beispiel eines solchen Mechanismus wäre Secure WebSockets.
4. Als Datenbank wird ein Server oder eine Cloud Lösung benötigt. Hier werden die Daten persistent gespeichert. Die Kommunikation mit der Lichtmanagementsoftware wird zum Beispiel mit HTTPS (engl. Hypertext Transport Protocol Secure) gesichert.
5. Durch die Lichtmanagementsoftware, welche über einen Desktop oder Smartphone bedient werden kann, können die Parameter verändert werden. Oftmals

ist die Lichtmanagementsoftware frei wählbar und nicht durch die verwendeten Produkte vorgegeben.



Quelle: In Anlehnung an [8]

Abb. 3.2: Aufbau smarte Straßenbeleuchtung

3.1.2 Anwendungsszenario

Dortmund ist in Deutschland eine der ersten Städte, in der Smarte Straßenbeleuchtung flächendeckend eingesetzt wird. Laut Trilux sollen bis 2023 noch 25.000 Leuchten auf LED umgerüstet und an das Managementsystem angeschlossen werden [9]. Dem Betreiber bietet dies eine Vielzahl von Einstellungen und Informationen wie den aktuellen Stand der Lampen, ob eine Verbindung besteht, die Anbindung des Systems an eine Datenbank, Anzeigen für Fehler sowie der Verkehrsdaten und Störungen. Dortmunds Ziel ist es die Kosten durch geringeren Energieverbrauch deutlich zu senken und den CO₂-Ausstoß zu verringern [9].

Mit diesen Funktionen lässt sich bereits die Sicherheit für die Schulkinder verbessern. So werden zum Beispiel ausgefallene Straßenlampen auf Schulwegen sofort lokalisiert. Das hat zur Folge, dass die Information den Betreiber sofort erreicht, ohne Verzögerung.

Außerdem können durch gezielte Einstellung der Lichtintensität gefährliche Stellen wie Zebrastreifen, Kreuzungen oder Querungsiseln stärker beleuchtet werden.

In Verbindung mit einem Bewegungsmelder oder Kameras kann das Licht an den Gehwegen gezielt auf die Kinder ausgerichtet werden (siehe Abbildung 3.3). Klar ist, dass hier der Fokus der Verkehrsteilnehmer gezielt auf bestimmte Stellen gelenkt wird. Zusätzlich bieten einige Bewegungsmelder die Funktion anhand des Verkehrsaufkommens eine Heatmap zu erstellen. Durch diese Funktion lassen sich die Schulwege optimieren, indem lediglich Routen mit wenig Verkehr gewählt werden.



Quelle: [10]

Abb. 3.3: Control Module

3.1.3 Szenarien geordnet nach Umsetzbarkeit

Automatische Notruf Alarmierung

Je nach Anbieter lassen die Module auch Erweiterungen ihrer Sensoren zu. Ausgestattet mit Kamera und Mikrofonen ist es möglich Ausnahmesituationen zu erkennen. Durch Mikrofone können Kinder erkannt werden und wie viele Personen beteiligt sind. Die Kamera kann die verschiedenen Objekte wie Personen, Autos und Radfahrer erfassen. Anhand dieser Daten ist es möglich die Situation genauer

einzuschätzen. Nun kann das System mithilfe eines Algorithmus den Notfalldienst selbst alarmieren oder auch eine Nachricht an die Betreiber senden. Als Alternative kann ein Notrufknopf installiert werden, wobei dieser dann eher kritisch zu betrachten ist. Er könnte mit falscher Intention betätigt werden. Hieraus ergibt sich jedoch, dass Unfälle schneller an die zuständigen Stellen kommuniziert werden und Rettungskräfte früher eintreffen.

Warnsignal durch Leuchtkraft

Mithilfe von installierten Sensoren wie Kameras können an gefährlichen Gebieten andere Verkehrsteilnehmer über die Präsenz von Schülern informiert werden. Nachdem im Erfassungsbereich des Sensors ein Schulkind erkannt wurde, wird durch sequentielles Blinken der Leuchtmittel auf dieses aufmerksam gemacht. Die entsprechenden Stellen hierfür können Kreuzungen, Zebrastreifen oder Querungsiseln sein. Des Weiteren können diese Orte stärker ausgeleuchtet werden, um eine noch bessere Sichtbarkeit zu gewährleisten (siehe Abbildung 3.3).

Als Basisstation für 5G

Anbieter wie Infineon oder Innogy bieten Straßenleuchten an, welche mit entsprechenden Hochfrequenz-Komponenten ausgestattet werden können, um als 5G Basisstation zu agieren. In Verbindung mit Wearables, welche eine Schnittstelle zum Internet besitzen, lassen sich innerhalb des WLANs dieser Station Schüler erfassen. Zugleich sind Kameras fähig Fahrzeuge zu erkennen und die Schüler somit durch Vibration der Geräte oder Ähnlichem vor kommenden Fahrzeugen zu warnen. Das Kamerabild kann durch Zonen eingeschränkt werden, um die Schüler nur beim Übertreten dieser Zonen zu warnen (vgl. 2.1). Ein Kritikpunkt an dieser Technologie ist die Skalierbarkeit. Es ist fraglich ob das Netz der Basisstation auch bei zum Beispiel 20 Kindern stabile Antwortzeiten liefert.

3.2 Smarte Ampeln

Ampeln sind seit Jahrzehnten ein fester Bestandteil auf Deutschlands Straßen. Sie steuern den Straßenverkehr und regeln mittels Lichtzeichen die Vorfahrt. Dennoch kommt es an Kreuzungen immer wieder zu Unfällen in denen Schulkinder involviert sind. Vor allem bei Rechtsabbiegern werden häufig querende Kinder zu Fuß oder auf Fahrrädern übersehen. Diese Daten- und Informationsquelle kann ebenfalls als Daten- und Informationssenke dienen. Durch Zugriff auf die Ampelschaltung kann hier aktiv auf die Sicherheit von Schülern eingewirkt werden. Die erzeugten Daten werden somit gleich in der Ampel verwendet.

3.2.1 Allgemeiner Aufbau

Der folgende Aufbau entstammt H. Stadelmann[11].

Steuerungsebene

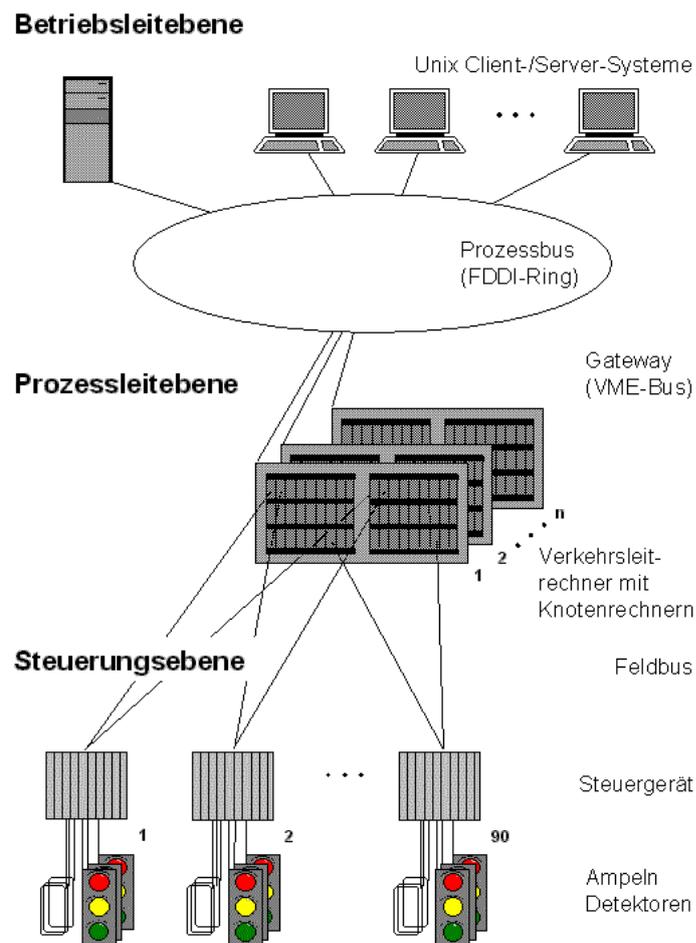
In der Nähe der Ampel befindet sich ein Schaltkasten mit Mikroprozessor. Dieser ist verantwortlich für die Weiterleitung der Signale sowie eine durchgängig fehlerfreie Ampelschaltung und Erkennung von defekten Leuchtmitteln. Zusätzlich sorgt er für ein fehlerfreies Schalten der Ampel durch integrierte, logische Automatschaltungen. Die Schaltung der Leuchtmittel erfolgt über Relais, welche die 230V Zuleitung der jeweiligen Lampe steuert.

Prozessleitebene

Hier befinden sich die Recheneinheiten, welche oftmals mehrere Kilometer der eigentlich gesteuerten Kreuzung entfernt liegen. Diese erhalten die Zustände der Ampeln und schicken Befehle zurück. Die Kommunikation zwischen der Kreuzung und dem Rechner erfolgt über einen Feldbus.

Betriebsleitebene

Auf einem Bildschirm werden hier die Fehlermeldungen ausgegeben, wie eine defekte Ampel oder Schaltung mit Fehlfunktionen. In der Betriebsleitebene können Daten gesammelt, weiterverarbeitet oder gespeichert und neue Programme getestet werden.



Quelle: [11]

Abb. 3.4: Allgemeiner Ampelaufbau

3.2.2 Anwendungsszenario

In Wien werden bis zum 4. Quartal 2020 ein Großteil der Ampeln durch intelligente Ampeln abgelöst. Ausgestattet mit einer Ampelkamera erkennen diese nicht nur Fußgänger, sondern auch ob ein Querungswunsch vorliegt. Innerhalb eines Acht mal Fünf Meter großen Feldes werden hier Personen erkannt und eine erste Prognose erstellt. Hierfür ist ein lokaler Rechner im Schaltkasten der Ampel verbaut. Die Daten werden direkt lokal analysiert, ausgewertet und gelöscht [12]. Für Schulkinder würde dies einen weitaus umfassenderen Schutz bieten als konventionelle Ampelschaltungen. Mit dem passenden Algorithmus können hier Schulkinder erkannt werden und Ampeln sofort umschalten. Ein Kritikpunkt ist, dass hierzu das Steuergerät die Berechtigung zum Schalten der Ampel haben muss. Dies führt zu weiteren Kritikpunkten wie Schuldzuspruch bei einem Unfall.

3.2.3 Szenarien geordnet nach Umsetzbarkeit

Durch V2I die Sicherheit verbessern

V2I (engl. Vehicle to Infrastructure) ist eine Technologie, welche Automobilhersteller in den USA und anderen Ländern seit Jahren testen. Es ermöglicht die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und der Infrastruktur. Hierbei können Informationen von der Ampel an das Fahrzeug gesendet werden. Der Fahrer weiß dadurch ob und mit welcher Geschwindigkeit er eine grüne Ampel erreichen wird (siehe Abbildung 3.5). Dies hat zur Folge, dass die Fahrer ihren Fokus mehr auf andere Verkehrsteilnehmer richten können. Der Automobilhersteller Audi schreibt hierzu, dass die Autofahrer dadurch ruhiger fahren, da sie bereits aus größerer Entfernung wissen, ob sie die grüne Ampel erreichen werden [13]. Als Beispiel kann man die Situation an einer Kreuzung nennen. Der Autofahrer kann sich bereits vor dem Abbiegen auf die Schulkinder auf den Gehwegen konzentrieren. Besonders bei Rechtsabbiegern kann hier der Fokus auf den Abbiegevorgang gerichtet werden, anstatt auf die Ampel.



Quelle: [14]

Abb. 3.5: Audi vernetzt sich mit Ampeln in Deutschland

Künstliche Intelligenz als Lebensretter

Die Grundlage für die KI (Künstliche Intelligenz) sind Daten einer Kamera. Wie im vorhergegangenen Anwendungsszenario der von TU Graz entwickelte Algorithmus, ist auch hier eine künstliche Intelligenz im Hintergrund. Jedoch wird hier die KI "Watson" von dem Unternehmen IBM verwendet [15]. Mithilfe dieser KI ist es möglich Kinder oder auch Objekte auf der Fußgängerquerung zu identifizieren. Der Autor McKay möchte mit der KI alles erkennen, was die Ampelschaltung potenziell beeinflusst sowie die Verlängerung von Grünzeiten, wenn Schüler erkannt werden [15]. Die Grünphasen können so dementsprechend angepasst und bei Schulkindern gegebenenfalls verlängert werden. Dies ist jedoch wieder kritisch zu betrachten, da hier das System möglicherweise Einfluss auf die Schaltung der Ampel nehmen kann. Bei einer Fehlfunktion können Probleme wie Verantwortlichkeit oder Schuldzuspruch auftauchen.

3.3 Videoanalyse

3.3.1 Allgemeiner Aufbau

Zum Erfassen von den Verkehrsteilnehmern werden Video-, Wärmebildkameras oder Radartechnologie verwendet (siehe Abbildung 3.6, 1. Erfassen).

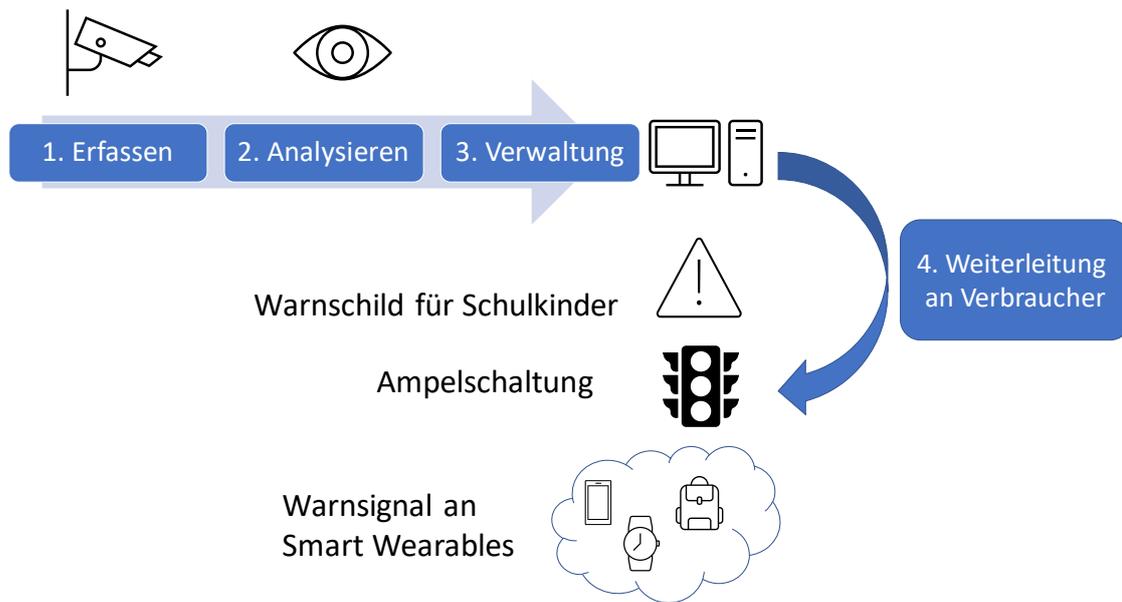
Das resultierende Signal wird anschließend an eine Detektionseinheit weitergeleitet, die entweder direkt im Gehäuse integriert oder in einem genormten Baugruppenträger ist. Nun müssen noch die entsprechenden Sicherheits- und Gefahrenzonen eingerichtet werden. Straßen können so als Gefahrenzone definiert werden. Sollte nun ein Fußgänger diese Zone betreten, werden diese Daten analysiert und definierte Methoden eingeleitet (siehe Abbildung 3.6, 2. Analysieren).

Eine solche Methode könnte sein, eine Verwaltungsstelle zu kontaktieren (siehe Abbildung 3.6, 3. Verwaltung).

Diese kann anschließend den Videostream sehen oder auch direkt an ein anderes System wie Warnschilder, Ampelschaltung oder Smarte Wearables ein Warnsignal senden (siehe Abbildung 3.6, 4. Weiterleitung an Verbraucher).

3.3.2 Anwendungsszenario

In der amerikanischen Stadt Marysville wurden Thermalkameras (Wärmebildkameras) der Firma Bosch an Kreuzungen installiert. Durch eine Videoanalyse Software werden hier Fußgänger erkannt, welche sich auf der Straße oder Straßenquerungen befinden. Falls nun eine Straße entgegen geltender Verkehrsregeln überquert wird, erkennen diese Kameras diesen Vorfall. Daraufhin werden kommende Fahrzeuge darüber informiert. Des Weiteren werden von den Kameras GPS-Daten von festen Objekten übermittelt. Dadurch besitzen die Fahrzeuge nähere Informationen über eine Live-Kartenanzeige. Informationen über die Bewegung der Fahrzeuge, Personen und zeitliche Abläufe werden hier angezeigt [17].



Quelle: [vgl. 16, S.5]

Abb. 3.6: Allgemeiner Aufbau einer Videoanalyse

3.3.3 Arten von Kameras

Video

Eine Videokamera bietet die Funktion ereignisgesteuert oder durch einen Videostream detaillierte Informationen über das Geschehen zu liefern. Der Unterschied zwischen Videostream und ereignisgesteuerten Aufnahmen liegt darin, dass bei einem Videostream eine durchgängige Bildaufnahme stattfindet. Bei ereignisgesteuerten Kameras erfolgt dies nur aufgrund von spezifizierten Veränderungen, die mithilfe eines Sensors erkannt werden. Videokameras dieser Art werden meist als Funk- oder kabellose Netzwerkkameras angeboten.

Ereignisgesteuerte Videokameras eignen sich beispielsweise, wenn sich Kinder einem Zebrastreifen nähern und dies mithilfe von einem Sensor erkannt werden soll. Die Videokamera kann anschließend das Bildmaterial erfassen und im Hintergrund eine KI entscheiden lassen, ob ein Querungswunsch des Kindes vorliegt. Diese Information kann nach der Auswertung an entsprechende Senken weitergeleitet werden.

Ein Anwendungsfall für **Videostreams** zur erhöhten Sicherheit des Schulwegs

ist die dauerhafte Überwachung einer gefährlichen Kreuzung. Hierbei wird das Bildmaterial dauerhaft übertragen und wenn nötig gespeichert. Auf der Kreuzung können durch Videokameras definierte Zonen überwacht werden. Beim Betreten von definierten Zonen durch Kinder werden Nachrichten an Daten- und Informationssensoren geschickt um diese zu warnen.

Bei Videokameras spielt der Detaillierungsgrad eine wichtige Rolle. Sie werden weitestgehend zur Überwachung verwendet und dienen zur Identifizierung von Personen oder Beweisen [18]. In Verbindung mit der Videoanalyse lassen sich hier auch Verstöße gegen Verkehrsregeln erkennen. Beispielsweise das Überfahren einer roten Ampel. Dies könnte behilflich sein um Kinder frühzeitig zu warnen, dass ein Auto eine rote Ampel überfahren hat. Veränderungen der Geschwindigkeit der Kinder können auch erkannt werden und somit in die Verarbeitung miteinberechnet werden.

Durch das Tracking System der Kamera können Kinder auf ihren Wegen überwacht und bei Betreten von Gefahrenzonen sofort alarmiert werden. Die manuelle oder automatische Verfolgung der Objekte erfolgt auch noch über große Entfernung durch einen Zoom [18].

Durch eine Aufzeichnung der Daten können diese auch Stunden nach eines Vorfalles wieder abgerufen werden und so einen Unfallhergang erklären. In Bezug auf die Sicherheit der Schulkinder ist es jedoch fraglich, ob ein solcher Detaillierungsgrad notwendig ist. Zudem steht dies wieder stärker in Konflikt hinsichtlich Datenschutz.

Wärmebild

Eine Alternative zu Videokameras ist die Wärmebildkamera. Jedes Objekt, dessen Temperatur über 0 Kelvin ($-273,15^{\circ}\text{C}$) liegt, sendet Wärme aus. Für Menschen ist Wärme nicht sichtbar und kann somit lediglich gefühlt werden. Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung) besitzt jedoch andere Eigenschaften als Licht und lässt sich somit durch Rauchpartikel filtern. Danach kann eine Wärmebildkamera mittels elektrischer Impulse ein sichtbares Bild erzeugen [19].

Nach dem Hersteller FLIR werden für die Videoanalyse meist konventionelle Videokameras verwendet [vgl. 16, S.4]. Jedoch ist diese Technik nur begrenzt in der Lage selbstständig optimale Bilder zu erzeugen. So gibt es hier eine Vielzahl von Ereignissen, welche das Bild beeinflussen. Das oberste Bild in der Abbildung 3.5 zeigt so den Unterschied einer Video- und Wärmebildkamera. Hierbei stellt das Sonnenlicht durch Blendung eine Beeinträchtigung der Erkennung von Personen

und Fahrzeugen dar. Da Wärmebild nur auf die Wärmestrahlung von Objekten reagiert wird die Sonneneinstrahlung nicht wahrgenommen und eine bessere Bildqualität für Auswertungen wird erreicht. Weitere Beispiele sind in Abbildung 3.5 Bild 2 für Scheinwerfer und auf Bild 3 bei Schatten zu sehen.



Quelle: [16, S.4]

Abb. 3.7: Vergleich Video- und Wärmebildkamera

Die Wärmebildkamera bietet die Möglichkeit, wie auch bei Videokameras, definierte Zonen zu überwachen ohne detaillierte Informationen von Personen oder Fahrzeugen zu erkennen. Dadurch können Probleme hinsichtlich Datenschutz vermieden werden, da Kinder lediglich als Objekt erkannt werden ohne Details zu erfassen.

Im Anwendungsszenario 3.3.2 wurde die Wärmebildkamera DINION IP thermal 8000 von Bosch verwendet. Je nach eingesetztem Objektiv, können hier Menschen in 18 m bis 160 m identifiziert werden. Hierbei liefert diese Kamera eine VGA Videoauflösung von 640 x 480 bei 9 Bilder/s oder 30 Bilder/s. Durch Videoanalyse lassen sich Alarmregeln festlegen wie Gefahrenzonen. Diese können wieder zur

Verbesserung der Sicherheit für Schulkinder beitragen [vgl. 20, S.1 f.].

Radar

Der Ausdruck Radar ist eine Abkürzung für Radio Detection and Ranging (Funkort- und abstandsmessung). Die Radartechnologie nutzt elektromagnetische Wellen um Entfernungen zu Objekten, Relativbewegungen zwischen Sender und Objekt sowie durch mehrere Messungen eine Wegstrecke und Geschwindigkeit zu erfassen. Hierbei sendet das Radargerät die elektromagnetischen Wellen aus, welche von Objekten reflektiert werden. Dieses reflektierte Signal gelangt an das Radargerät zurück und kann ausgewertet werden [21].

Siemens bietet einen „Overhead detector“ an, welcher mithilfe von Radartechnologie 24 GHz verschiedene Funktionen bietet. Der Nachfolgende Absatz bezieht sich auf Siemens [22].

- Autoerkennung an Stoppllinien: An Kreuzungen lassen sich stationäre Fahrzeuge und Präsenzzeit messen, welche zwischen 5-30 Min. liegen.
- Erkennung von Fahrzeugen an gekennzeichneten Stellen: Einspurig ankommende Fahrzeug werden mithilfe der CW Doppler Technologie auf bis zu 30 m für die Ampelschaltung erkannt. Diese kann zudem differenzieren, ob Fahrzeuge ankommen oder vorbeifahren.
- Für eine komplexe Applikation die Verkehrsdaten erkennen: Der Detektor zählt die Anzahl der Fahrzeuge, misst die Geschwindigkeit und übermittelt sie danach via serieller Schnittstelle an die Managementsoftware.
- Bei Grünphasen: Dieser erkennt Fußgänger, die sich auf der Kreuzung befinden oder queren.

Ein weiteres Modell bietet Texas Instruments mit dem IWR1642. Laut Desai bietet dieser durch seine 76 - 81 GHz eine über drei mal höhere Reichweite/Geschwindigkeit hinsichtlich der Leistung im Gegensatz zum 24 GHz Radar. Zudem bietet dieser auf eine maximale Reichweite von 200 m eine Objekterkennung. Das Detektionsfeld beträgt 120 Grad zur Erkennung von Fußgängern und Fahrzeugen an Kreuzungen. Fahrzeuge werden hier auf mehreren Fahrbahnen bis zu einer Geschwindigkeit von 80km/h erkannt [23].

4 Daten- und Informationssenken

Das Kapitel Daten- und Informationssenken befasst sich mit dem Verwerten der Daten- und Informationen der Quellen. Hierbei wird zwischen Wearables und Infrastruktur unterschieden. In den jeweiligen Senken wird zur Einführung erst die Funktionsweise beschrieben. Darauf folgt der Bezug zur Verbesserung der Sicherheit für Schüler auf ihren Schulwegen.

4.1 Wearables

4.1.1 Smartphones und -watches

Wearables wie Smartphones oder -watches besitzen nach Statista in Deutschland bereits 75% der 10- bis 11-jährigen, wobei diese Zahl mit steigendem Alter der Kinder noch zunimmt [24]. Für die Anschaffung dieser Geräte sind die Eltern der Kinder verantwortlich, wobei hier Probleme hinsichtlich der Akzeptanz der Beteiligten entstehen können. Dazu sind hier die aktuell geltenden Richtlinien des Datenschutzes in Bezug auf Kindern zu beachten vgl. Kapitel 2.4.1 auf Seite 7.

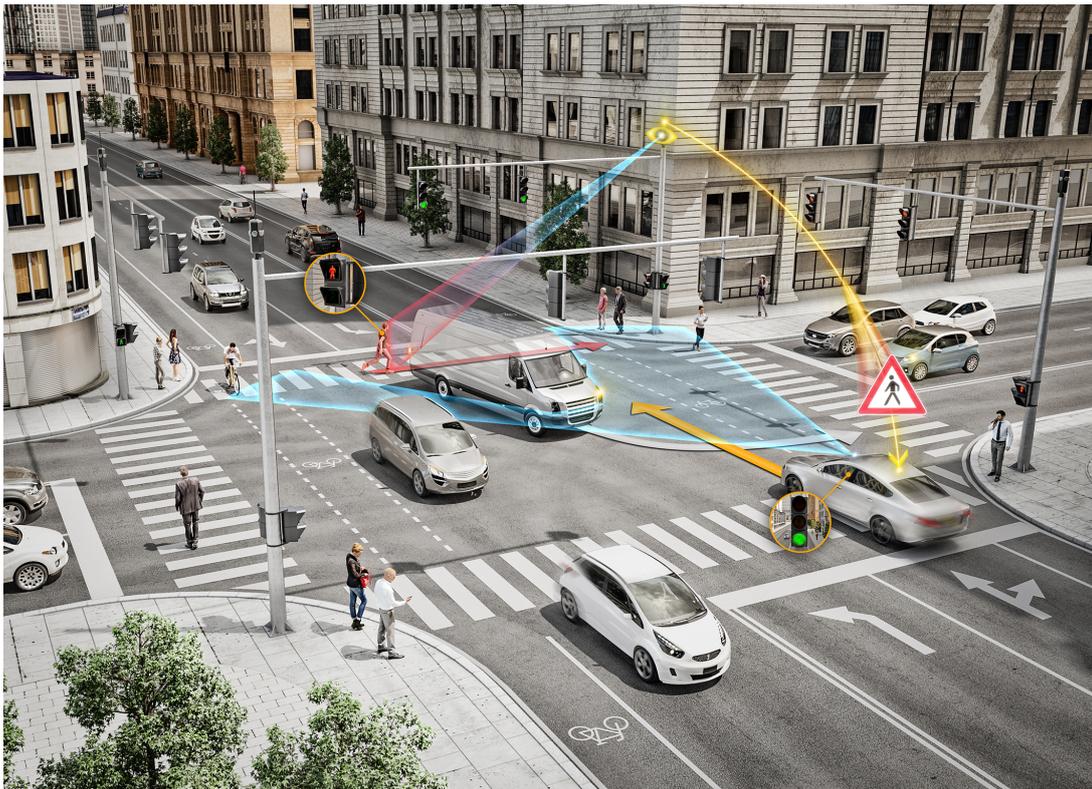
Smartphones- und watches machen es möglich, die Kinder direkt auf eine Gefahr aufmerksam zu machen. Dies kann mithilfe von Vibrationen der Geräte oder akustischen Signalen erfolgen. Hierzu muss die eingesetzte Daten- und Informationsquelle mit den Geräten kommunizieren können, was mithilfe von D2D (engl. Device to Device) Kommunikation erfolgen kann. Laut Lemmer [25] ermöglicht dies die direkte Kommunikation der Geräte, was zu einer Verringerung der Latenzzeit führt. Dies bedeutet, dass die Kinder mittels ihrer Geräte früher über Gefahren informiert werden können. Hier wird jedoch üblicherweise eine Basisstation zur Übertragungsverwaltung der Daten notwendig. Mithilfe 4G sind bereits einige Funktionen von D2D realisiert worden. Durch Erweiterungen wie LTE - V2X (engl. Long Term Evolution - Vehicle to X) ist auch eine Kommunikation zwischen Fahrzeugen und anderen Geräten möglich, welche direkt oder über eine Basisstation

läuft. LTE - V2X kommuniziert je nach Anwendung und Anforderung entweder im dedizierten 5.9 GHz oder im lizenzierten Spektrum eines Mobilfunkbetreibers [vgl. 25, S.72].

In Verbindung mit Videoanalyse Kapitel 3.3 auf Seite 21 können Kinder, welche sich in Gefahrenzonen befinden, direkt durch Vibration oder akustisches Signal gewarnt werden. Wenn die Kamera innerhalb einer Gefahrenzone ein Kind erkennt, wird hier eine Nachricht an das Smartphone oder die Smartwatch gesendet. Diese können anschließend durch Vibration, Ton oder Ähnliches auf die Situation aufmerksam machen. Die Schulkinder werden dadurch sofort auf die Gefahrensituation hingewiesen und können reagieren. Es bleibt jedoch zu klären, ob diese Lösung per Applikation oder auf einer höheren Softwareebene im Betriebssystem integriert wird.

Eine weitere Verbesserung der Sicherheit für Schulkinder bieten Straßenbeleuchtungen oder Ampeln, welche als Basisstation für Internetverbindungen genutzt werden. Hierbei können Personen innerhalb der Reichweite der Basisstation lokalisiert werden. In Verbindung mit V2X können diese Informationen verwendet werden, um direkt mit anderen Verkehrsteilnehmern zu kommunizieren und ihnen den aktuellen Standort der Schulkinder mitzuteilen (vgl. Abbildung 4.1). Ein ähnliches Szenario wird in Kapitel 3.3.2 auf Seite 21 bereits erläutert.

Eine App (Applikation), kann auf Smartphones und -watches auch zur Verbesserung der Sicherheit für Schulkinder auf ihren Schulwegen genutzt werden. Dies würde ein Privacy-By-Design Datenschutz Konzept unterstützen, da jeder selbst entscheidet, ob diese App installiert werden soll. Ein Beispiel für eine derartige App ist Sitraffic SiBike von Siemens. Hierbei muss der Nutzer die App zuerst auf dem Gerät installieren. Mittels GPS werden Informationen wie Standort, Geschwindigkeit und Richtung bestimmt. Sollte nun ein Fahrradfahrer eine Ampel erreichen, wird dies an die Verkehrszentrale übermittelt und die Ampel schaltet automatisch auf Grün bzw. verlängert diese Phase [26]. Hierzu muss jedoch die Ampel mit entsprechenden Kommunikationsschnittstellen ausgestattet werden sowie Eingriffe in die Ampelschaltung erlaubt sein.



Quelle: [27]

Abb. 4.1: Zum Schutz von schwächeren Verkehrsteilnehmern

4.1.2 Smarte Jacke und Westen

Bereits jetzt sind Westen und Jacken im Handel, welche die Bewegungsrichtung der Träger auf dem Rücken anzeigen. Bei Radfahrern können zusätzlich Bremsvorgänge durch rote Lichter angezeigt werden.

Die **Turn Signal Vest** (Westen, welche Richtungsänderungen anzeigen) von Swiss-Tech bietet die Funktion per Device Controller, welcher an den Lenker des Fahrrads angebracht wird, die Fahrtrichtung zu signalisieren. Hierbei wird an dem Controller die entsprechende Richtungstaste gedrückt, welche daraufhin auf dem Rücken angezeigt wird. Schulkinder, die zu Fuß auf dem Weg sind, können diese Weste und Controller auf die selbe Weise nutzen wie Fahrradfahrer [28]. Bei den aktuell im Handel angebotenen Jacken und Westen wird jedoch keine Schnittstelle zur Kommunikation mit anderen Geräten angeboten. Dies bedeutet, dass die generierten Daten von Daten- und Informationsquellen hier nicht empfangen werden können.

Von einem anderen Hersteller werden **Smarte Jacken** entwickelt, welche durch

Lichtsignale eine Richtungsänderung anzeigen. Hier wird die Jacke mit dem Smartphone verbunden, zeitgleich gibt es eine Navigations-App, die durch Vibration die Fahrtrichtung für die Kinder vorgibt. Änderungen der Schulwegroute müssen nur an die App übermittelt werden und die Kinder reagieren lediglich auf die entsprechenden Vibrationen an den Ärmeln zu Richtungsangabe. Durch die blinkenden Ärmel wird zeitgleich anderen Verkehrsteilnehmern die Richtungsänderung mitgeteilt [29]. Jedoch ist das vorgestellte Produkt zum aktuellen Zeitpunkt nicht im Handel erhältlich. Somit ist es noch schwer einzuschätzen, ob diese preislich flächendeckend einsetzbar sind.

Bei der Recherche nach Wearables wurden auch Smarte Backpacks mit einbezogen. Diese bieten im Vergleich zu Jacken und Westen keinen signifikanten Mehrwert hinsichtlich ihrer Funktionalität zur Erhöhung der Sicherheit für Kinder.

4.1.3 Dediziertes Armband

Als Alternative für Smartphones und -watches sind die dedizierten Armbänder zu betrachten. Diese bieten auch Schnittstellen zur Lokalisierung von Schulkindern. Dies geschieht bei den angebotenen Produkten ausschließlich durch GPS (engl. Global Positioning System). Eine Schnittstelle zum Empfangen von Daten, wie von den Erzeugern, ist noch nicht enthalten.

Bei GPS-Ortung werden Satelliten im Weltraum benötigt. Diese senden laufend ihre Position und Uhrzeit zur Erde. Ein Empfänger auf der Erde berechnet Entfernung zu allen Signalen von Satelliten, die er empfängt. Hieraus wird deren Position auf der Erde ermittelt. Zusätzlich wird die Zeit berechnet, welche das Signal vom Satelliten zum Empfänger benötigt. Wenn von mindestens vier Satelliten die Signale empfangen werden, ist eine eindeutige Standortbestimmung möglich. Diese Empfänger der Satellitensignale sind in den Endgeräten verbaut, wie auch bei den dedizierten Armbändern. GPS ist jedoch in urbanen Regionen wegen der dichten Bebauung meist zu unpräzise. Aufgrund dessen sind die derzeit angebotenen Armbänder aus technischer Sicht noch nicht genügend ausgereift, um einen nachhaltigen Beitrag zur verbesserten Verkehrssicherheit leisten zu können.

Durch die Erweiterung von den nötigen Schnittstellen zur Kommunikation mit den Daten- und Informationsquellen können dedizierte Armbänder jedoch zukünftig eingesetzt werden. Hier wäre denkbar, wie bei Smartphones und -watches,

durch Vibration eine Warnung der Quellen zu erhalten. Dazu müssen jedoch zuerst entsprechende Prototypen erstellt und getestet werden.

4.2 Infrastruktur

4.2.1 Dynamische Straßenschilder

Auf deutschen Autobahnen werden bereits seit einigen Jahren dynamische Straßenschilder eingesetzt, welche die Verkehrsteilnehmer über die aktuelle Verkehrslage, Beschränkungen oder Gefahren informieren. Diese Schilder nutzen LEDs, um eine Nachricht der jeweiligen Situation für die Verkehrsteilnehmer zu generieren. Mit einem entsprechenden Empfängermodul an den Schildern können hier Nachrichten von den Daten- und Informationsquellen zu einer bestimmten Anzeige auf den Schildern führen.

Mithilfe der dynamischen Anzeigen lassen sich verschiedenste Texte und Animationen generieren und im Falle von Gefahrensituationen andere Verkehrsteilnehmer warnen. Eine Verwendung dynamischer Straßenschilder kann folglich die Sicherheit der Schulkinder auf ihren Schulwegen durchaus erhöhen. Die Steuerung und Überwachung der Schilder kann mithilfe eines Traffic Managers oder manuell per Taste oder Touchscreen erfolgen [vgl. 30, S.19].

Mögliche Anzeigen können hier sein einerseits direkt auf eine Situation hinzuweisen oder allgemein einen Hinweis auf Schulkinder zu geben.

Der Direkte Hinweis auf eine Situation: Dieser kann in Verbindung mit den Daten- und Informationsquellen erreicht werden. Wenn als Quelle eine Kamera verwendet wird, kann diese innerhalb der definierten Zonen Kinder erkennen. Falls sich ein Schulkind innerhalb einer Gefahrenzone wie „Fahrbahn“ befindet, kann diese Information an das LED Schild gesendet werden. Das LED Schild kann daraufhin eine Anzeige wie „Achtung, Kinder auf der Fahrbahn“ für andere Verkehrsteilnehmer erzeugen. Alternativ ist es möglich die Kinder auf dem Gehweg mithilfe einer geeigneten Daten- und Informationsquelle zu erkennen und diese Information auf der LED Anzeige ausgeben zu lassen.

Ein allgemeiner Hinweis: Diese verweisen nicht auf eine konkrete Situation, sondern warnen die Verkehrsteilnehmer vor möglichen Schulkindern in diesem Bereich.

Zu bestimmten Tageszeiten wie Schulbeginn/ende können so die Anzeigen darauf hinweisen, dass aktuell mehr Schulkinder auf den Wegen sind. Dies kann bereits durch eine einfache Animation erreicht werden, wie in Abbildung 4.2 zu sehen. Durch den Einsatz von mobilen LED Anzeigen, können diese auch auf Änderungen der Schulwegrouten neu platziert werden. So kann schnell auf Neuplanungen der Routen, durch einfaches neuplatzieren der Anzeigen an den entsprechenden Stellen reagiert werden.



Quelle: [30]

Abb. 4.2: Nissen LED Anzeige

4.2.2 Smarte Zebrastreifen

An Zebrastreifen kommt es heute noch trotz Beschilderung zu Unfällen an denen Schulkinder beteiligt sind. Dies geschieht durch Unachtsamkeit von anderen Verkehrsteilnehmern. Durch Smarte Zebrastreifen, welche zusätzlich durch Licht und akustische Signale auf Personen aufmerksam machen, wird hier die Sicherheit für Schüler auf ihren Schulwegen zusätzlich verbessert.

Die Smarten Zebrastreifen bieten bereits Schnittstellen zur Kommunikation mit anderen Geräten wie in Abbildung 4.3 zu sehen. Mögliche Kommunikationswege sind die 4G LTE oder V2X und WIFI Antennen. Durch diese Schnittstellen kann auch mit anderen Daten- und Informationsquellen/senzen kommuniziert und so Daten ausgetauscht werden.

Es bietet zudem die Option weitere Sensoren wie Radar, Kamera und Geschwindigkeitssensoren auszustatten. Damit ist eine Erkennung von Schulkindern an

Zebrastrifen möglich. Wenn Schulkinder den Zebrastrifen überqueren wollen, wird dies hier durch Blinken und Audiosignal den anderen Verkehrsteilnehmern mitgeteilt. So können diese aktiv auf die Situation aufmerksam gemacht werden und die Straßenüberquerung wird für die Kinder sicherer. Des Weiteren können auch Schulkinder durch Audiosignale vor kommenden Autos gewarnt werden. Falls Komponenten wie DSRC (Designated Short Ranged Connection) oder 5G verbaut sind, können Nachrichten an Personen und Autos gesendet werden, um den Querungswunsch direkt an die Beteiligten zu signalisieren [31].



Quelle: [31]

Abb. 4.3: Features and Technical Aspects

4.3 Zusammenfassung und Ausblick

Die folgende Tabelle zeigt eine Auswertung der Daten- und Informationsquellen sowie Senken hinsichtlich der in Kapitel 2 auf Seite 4 definierten Anforderungen.

| | | Anforderungen | | | | |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------|-------------|-----------------|-------------------|---------------|
| | | Schutz der Kinder | Datenschutz | Verlässlichkeit | Benutzerakzeptanz | Zeitverhalten |
| Daten- und Informationsquellen | Smarte Straßenbeleuchtung | ● ● ● ● ○ | ● ● ● ● ○ | ● ● ● ● ○ | ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ○ |
| | Smarte Ampel | ● ● ● ○ ○ | ● ● ● ○ ○ | ● ● ● ○ ○ | ● ● ● ● ○ | ● ● ● ○ ○ |
| | Videokamera | ● ● ● ● ● | ● ● ○ ○ ○ | ● ● ● ● ○ | ● ● ○ ○ ○ | ● ● ● ○ ○ |
| | Wärmebildkamera | ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ○ | ● ● ● ● ○ | ● ● ● ● ○ | ● ● ● ○ ○ |
| | Radartechnologie | ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ○ | ● ● ● ● ○ | ● ● ● ● ○ | ● ● ● ○ ○ |
| Daten- und Informationssenken | Smartphones- und watches | ● ● ● ● ○ | ● ● ○ ○ ○ | ● ● ● ● ○ | ● ● ● ○ ○ | ● ● ● ● ○ |
| | Smarte Jacke/Weste | ● ● ● ○ ○ | ● ● ● ● ○ | ● ● ○ ○ ○ | ● ● ● ○ ○ | ● ● ● ● ○ |
| | Dediziertes Armband | ● ● ○ ○ ○ | ● ● ● ○ ○ | ● ● ○ ○ ○ | ● ● ○ ○ ○ | ● ● ○ ○ ○ |
| | Dynamische Straßenschilder | ● ● ● ○ ○ | ● ● ● ○ ○ | ● ● ● ○ ○ | ● ● ● ● ○ | ● ● ● ○ ○ |
| | Smarte Zebrastrreifen | ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ○ | ● ● ● ● ○ | ● ● ● ● ○ | ● ● ● ● ○ |

sehr schlecht ● ○ ○ ○ ○ sehr gut ● ● ● ● ●

Abb. 4.4: Auswertung der Daten- und Informationsquellen/senzen

Nach der Analyse und Bewertung der Quellen und Senken ist in der Tabelle sichtbar, dass Videoanalyse mit Video-, Wärmebildkameras oder Radartechnologie und Smarte Zebrastrreifen den Kindern auf ihren Schulwegen den besten Schutz bieten. Im Vergleich der Erfassungstechniken bei der Videoanalyse sind hier Wärmebildkameras und Radartechnologie den Videokameras zu bevorzugen, da diese weniger kritisch hinsichtlich den Datenschutzgesetzen zu betrachten sind. Durch die gute Bewertung der Smarten Straßenbeleuchtung, ist eine Kombination dieser mit den Techniken der Videoanalyse ein guter Lösungsansatz. Beispielsweise könnten die Straßenbeleuchtungen als Installationspunkt für die Kameras genutzt werden. Der Smarte Zebrastrreifen wurde bei allen Anforderungen gut bis sehr gut bewertet. Dies liegt daran, dass dieser einen Mix aus verschiedenen Techniken anbietet, wie in Abbildung 4.3 zu sehen ist.

Literaturverzeichnis

- [1] (Destatis) Statistisches Bundesamt. Kinderunfälle im Straßenverkehr 2018, zuletzt zugeriffen: 14.04.2020. 2019. URL: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Publikationen/Downloads-Verkehrsunfaelle/unfaelle-kinder-5462405187004.html>.
- [2] Stadt Landshut. Homepage 5-Safe, zuletzt zugegriffen: 16.05.2020. 2020. URL: <https://5-safe.de/wordpress/>.
- [3] Hochschule Landshut. *Vorschläge für fünf 5-Safe-Anwendungsfälle*. 2020.
- [4] David Krips. *Stakeholdermanagement*. Springer Vieweg, 2017.
- [5] Christoph Sorge Ronald Petrilc. *Datenschutz – Einführung in technischen Datenschutz, Datenschutzrecht und angewandte Kryptographie*. Springer Vieweg, 2017.
- [6] Mario Trapp Karsten Berns Bernd Schürmann. *Eingebettete Systeme*. Vieweg+Teubner Verlag, 2010.
- [7] Sebastian Gerstl Christian Siemers. *Echtzeit: Grundlagen von Echtzeitsystemen*, zuletzt zugegriffen: 09.06.2020. 2017. URL: <https://www.embedded-software-engineering.de/echtzeit-grundlagen-von-echtzeitsystemen-a-669520/>.
- [8] Telekom. SMART STREET LIGHTING, zuletzt zugegriffen: 31.07.2020. URL: <https://public.t-systems.de/loesungen-smart-cities/produkte-loesungen/smart-street-lighting/intelligente-strassenbeleuchtung-870600>.
- [9] Trilux. Dortmunds Licht wird Smart, zuletzt zugegriffen: 16.05.2020. 2020. URL: <https://www.trilux.com/de/blog/smart-city-dortmund/>.
- [10] AG Continental. Continental macht Straßenlampen intelligent, zuletzt zugegriffen: 22.05.2020. 2015. URL: <https://www.continental.com/de/presse/pressemitteilungen/2015-10-05-strassenlampen-103556>.

- [11] Dr. Th. Riedel und M. Vollenweider H. Stadelmann. Einführung in das Verkehrsregelkonzept der Stadt Zürich, zuletzt zugegriffen: 30.07.2020. URL: <http://www.vs-plus.com/pub/9601/d/9601.htm>.
- [12] Christoph Pelzl. Denkende Fußgängerampel: Neues System der TU Graz erkennt Kreuzungswunsch automatisch, zuletzt zugegriffen: 25.05.2020. 2019. URL: <https://www.tugraz.at/tu-graz/services/news-stories/tu-graz-news/einzelansicht/article/denkende-fussgaengerampeln-neues-system-der-tu-graz-erkennt-kreuzungswunsch-automatisch/>.
- [13] AG Audi. Audi vernetzt sich mit Ampeln in Deutschland, zuletzt zugegriffen: 25.05.2020. 2019. URL: <https://www.audi-mediacyber.com/de/pressemitteilungen/audi-vernetzt-sich-mit-ampeln-in-deutschland-11649>.
- [14] AG Audi. Audi vernetzt sich mit Ampeln in Deutschland, zuletzt zugegriffen: 25.05.2020. 2019. URL: https://audimediacyber-a.akamaihd.net/system/production/media/77657/images/84957edab8f0fbac962db80db1ac4080d774df3c/A195572_overfull.jpg?1582517365.
- [15] Rich McKay. Green means AI for traffic and beyond, zuletzt zugegriffen: 30.07.2020. 2018. URL: <https://www.ibm.com/blogs/ibm-anz/traffic-lights/>.
- [16] Systems FLIR. Intelligente Lösungen für Verkehrsanwendungen, zuletzt zugegriffen: 02.08.2020. 2018. URL: https://www.flirmedia.com/MMC/CVS/Traffic/16-1639_DE.pdf.
- [17] Bosch Security und Safety Systems Germany. Innovation auf dem Vormarsch: DriveOhio setzt sich im Bereich der intelligenten Transportsysteme an die Spitze, zuletzt zugegriffen: 30.07.2020. URL: <https://www.boschsecurity.com/de/de/news/erfolgsgeschichten-unserer-kunden/drive-ohio/>.
- [18] Bosch Security und Safety Systems Germany. AUTODOME IP-Kameras, zuletzt zugegriffen: 30.07.2020. URL: <https://www.boschsecurity.com/de/de/loesungen/videosysteme/loesungen/autodome-ip-kameras/>.
- [19] WBK-Einsatz. Infos zu Wärmebildkameras - Technik, zuletzt zugegriffen: 30.07.2020. URL: http://www.wbk-einsatz.de/webpage/?page_id=183#:~:text=Bei%20den%20meisten%20W%C3%A4rmebildkameras%20im,in%20verwertbare%20elektrische%20Signale%20umwandelt..

- [20] Bosch Security. DINION IP thermal 8000, zuletzt zugegriffen: 31.07.2020. URL: https://resources-boschsecurity-cdn.azureedge.net/public/documents/NHT_8000_Data_sheet_deDE_23112691083.pdf.
- [21] Dipl.-Ing. Andreas Küter. Was ist Radar?, zuletzt zugegriffen: 30.07.2020. URL: <https://www.blackvalue.de/de/radar-grundlagen/was-ist-radar.html>.
- [22] Siemens. Heimdall, Traffic Eye Universal 5, MLR, zuletzt zugegriffen: 30.07.2020. URL: <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/road/traffic-management/on-the-road/smart-detection/overhead-detection.html>.
- [23] Prajakta Desai. The pulse of the city: Get smarter detection and tracking for intelligent transportation systems with mmWave sensors, zuletzt zugegriffen: 31.07.2020. 2018. URL: https://e2e.ti.com/blogs_/b/industrial_strength/archive/2018/04/26/the-pulse-of-the-city-get-smarter-detection-and-tracking-for-intelligent-transportation-systems-with-mmwave-sensors.
- [24] Statista 2020. Smartphone-Besitz bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland im Jahr 2019 nach Altersgruppe, zuletzt zugegriffen: 31.07.2020. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1106/umfrage/handybesitz-bei-jugendlichen-nach-altersgruppen/>.
- [25] Karsten Lemmer. *Neue autoMobilität: Automatisierter Straßenverkehr der Zukunft*. arcatech, Dezember 2016.
- [26] Siemens. Sitraffic SiBike Grüne Welle für Fahrradfahrer, zuletzt zugegriffen: 31.07.2020. URL: <https://www.mobility.siemens.com/global/de/portfolio/strasse/connected-mobility-solutions/sitraffic-sibike.html>.
- [27] AG Continental. CES 2018: Technologien von Continental für intelligente Kreuzungen machen Straßen in Smart Cities sicherer, zuletzt zugegriffen: 31.07.2020. 2017. URL: <https://www.continental.com/de/presse/pressemitteilungen/ces2018-116910>.
- [28] Clara. CLARA, zuletzt zugegriffen: 31.07.2020. URL: <http://claraswisstech.com/>.

-
- [29] Ford. Von Ford-Mitarbeitern entwickelt: intelligente Radfahr-Jacke, hilft bei Navigation und zeigt Fahrtrichtungswechsel an, zuletzt zugegriffen: 31.07.2020. URL: <https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/de/de/news/2018/06/15/von-ford-mitarbeitern-entwickelt--intelligente-radfahr-jacke--hi.html>.
- [30] Adolf Nissen Elektrobau GmbH. Nissen LED, zuletzt zugegriffen: 30.07.2020. URL: https://nissen-germany.com/redaktion/downloads/kataloge/einzelseiten/Nissen_LED_DE.pdf.
- [31] BERCMAN. Smart Pedestrian Crosswalk, zuletzt zugegriffen: 31.07.2020. URL: <https://www.bercman.com/products/spc>.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

| | | |
|-----|--|----|
| 2.1 | 5-Safe Zonen Definition | 7 |
| 3.1 | 5-Safe Datenflüsse | 12 |
| 3.2 | Aufbau smarte Straßenbeleuchtung | 14 |
| 3.3 | Control Module | 15 |
| 3.4 | Allgemeiner Ampelaufbau | 18 |
| 3.5 | Audi vernetzt sich mit Ampeln in Deutschland | 19 |
| 3.6 | Allgemeiner Aufbau einer Videoanalyse | 22 |
| 3.7 | Vergleich Video- und Wärmebildkamera | 24 |
| 4.1 | Zum Schutz von schwächeren Verkehrsteilnehmern | 28 |
| 4.2 | Nissan LED Anzeige | 31 |
| 4.3 | Features and Technical Aspects | 32 |
| 4.4 | Auswertung der Daten- und Informationsquellen/senken | 33 |