

Energieforschungsprogramm

Publizierbarer Endbericht

Programmsteuerung:

Klima- und Energiefonds

Programmabwicklung:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

Endbericht

erstellt am

14/01/2019

INGE

Intelligente Kreuzung im Spannungsfeld Energieeffizienz und Verkehrssicherheit

Projektnummer: 853539

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Ausschreibung	2. Ausschreibung Energieforschungsprogramm
Projektstart	01/05/2016
Projektende	30/09/2018
Gesamtprojektdauer (in Monaten)	29 Monate
ProjektnehmerIn (Institution)	<ul style="list-style-type: none">• SWARCO FUTURIT Verkehrssignalsysteme GmbH• Technische Universität Wien, Institut für Computertechnik• nast consulting ZT GmbH• ENERGY CHANGES Projektentwicklung GmbH
AnsprechpartnerIn	Dr. Thomas Novak
Postadresse	Mühlgasse 86, 2380 Perchtoldsdorf
Telefon	
Fax	
E-mail	thomas.novak@swarco.com
Website	

INGE

Intelligente Kreuzung im Spannungsfeld Energieeffizienz und Verkehrssicherheit

AutorInnen:

Dr. Klaus Pollhammer, Dr. Thomas Novak – SWARCO FUTURIT Verkehrssignalsysteme GmbH

DI Birgit Nadler, DI Daniel Elias – nast consulting ZT GmbH

DI Marcus Meisel – Techn. Universität Wien, Institut für Computertechnik

DI Wolfgang Wetzler – ENERGY CHANGES Projektentwicklung GmbH

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	4
2	Einleitung	5
2.1	Aufgabenstellung	5
2.2	Schwerpunkte des Projektes	8
2.3	Einordnung der Projektziele in das Programm.....	8
2.4	Verwendete Methoden	9
3	Inhaltliche Darstellung.....	11
4	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	17
5	Ausblick	29
6	Kontaktdaten.....	30

2 Einleitung

2.1 Aufgabenstellung und Übersicht

2.1.1 Zusammenfassung

Die Infrastruktur an Kreuzungen im urbanen Umfeld besteht im Wesentlichen aus Markierung, Signalisierung und Beleuchtung. Beim Signalisierungsequipment handelt es sich – ausgenommen Blechschilder – um intelligente Systeme. Auch in der Beleuchtung geht der Trend zur Einführung von Intelligenz in die Leuchte für Fernsteuerungs- und Fernüberwachungssysteme. Die intelligenten Systeme lassen sich in sicherheitsbezogene und nicht sicherheitsbezogene einteilen. Lichtsignalanlagen (d.h. ein System aus Ampeln und der Controller zur Ansteuerung) werden als sicherheitsbezogenes System betrachtet, da ein Ausfall des Systems die Verkehrssicherheit gefährden kann. Elektronische Anzeigen (z.B. LED basierte Wechselverkehrszeichen) und intelligente Beleuchtung sind nicht sicherheitsbezogene Systeme.

Allen drei Systemen ist gemein, dass sie vor allem außerhalb der Großstädte, somit in Kleinstädten und Gemeinden, für sich getrennt als Insellösungen realisiert sind. Aus technischer Sicht hat das bis zu einem bestimmten Grad nur für das sicherheitsbezogene System aufgrund der höheren Sicherheitsanforderungen seine Berechtigung. Es gibt folglich keine gemeinsam genutzte Infrastruktur und auch keine Plattform, um die Systeme zu integrieren. Dadurch sind die Kosten für den Installationsaufwand und Betrieb sowie der Energieverbrauch deutlich höher, aber der Funktionalitätsumfang geringer als in einer integrierten. Zusätzlich wird speziell im sicherheitsbezogenen Bereich auf zwar bewährte und beherrschbare, meist jedoch hinter dem State-of-the-Art befindliche Realisierungen zurückgegriffen und somit das Energieeinsparungspotential bei Einsatz neuerer Technologien nicht genutzt.

Im Projekt INGE sollte deshalb die Energieeffizienz der Kreuzungsinfrastruktur mit Hilfe eines ganzheitlichen Lösungsansatzes um mehr als 20% erhöht werden, ohne die Verkehrssicherheit zu verringern. Das erfolgte durch Implementierung von weiterer Intelligenz in das sicherheitsbezogene System sowie der kommunikationstechnischen und mechanischen Integration aller Systemteile an einer Kreuzung.

Zu diesem Zweck wurde im sicherheitsbezogenen System ein anwendungsgerechtes Kommunikationsnetzwerk zwischen Ampel und Ampelcontroller eingeführt, um die derzeitige Steuerung und Überwachung unter Zuhilfenahme der Verlustleistung ersetzen zu können. Die nicht sicherheitsbezogenen Systeme wurden über ein einheitliches funkbasiertes Netzwerk durch Integration von in einem Vorgängerprojekt entwickelten Kommunikationsmodulen verknüpft. Alle Systeme wurden in einer Managementplattform zur Steuerung bzw. Wartung zusammengeführt, wobei besonders auf Modularität und offene Schnittstellen Wert gelegt wurde. Das Ampelgehäuse selbst wurde dahingehend erweitert, sodass beliebige Sensorik eingebaut werden konnte. Die umgesetzte Lösung wurde danach prototypisch umgesetzt. Die Energieeffizienz, die Verkehrssicherheit sowie Nutzerakzeptanz wurden durch Tests von verschiedenen Anwendungsszenarien erhoben.

Das technische Ergebnis von INGE ist ein ganzheitliches Konzept für Kreuzungsinfrastruktur durch Integration und Adaption intelligenter Kommunikationsmodule und Sensoren, Kommunikation zwischen

den Einheiten in einer Lichtsignalanlage und der Verwendung offener Schnittstellen. Innovative Services und Anwendungsszenarien sollen dadurch ermöglicht werden. Die Validierung hinsichtlich Energieeffizienz, Verkehrssicherheit und Nutzerakzeptanz anhand prototypischer Testinstallationen lieferte wertvolle Daten für die Verbreitung des ganzheitlichen Gedankens und Bewusstseinsbildung bei relevanten Stakeholdern.

Auf Basis der technischen Umsetzung konnte eine umfassende Evaluierung sowohl im energetischen als auch im verkehrstechnischen Sinn durchgeführt werden. Bei der Betrachtung der Ressourceneffizienz und Umweltauswirkungen des eingesetzten Gesamtsystems wurde der Energieaufwand entlang des Lebenszyklus betrachtet (Produktion bis Entsorgung). Durch den Einsatz von energieeffizienten intelligenten Verkehrssysteme in Österreich lassen sich 250g CO₂ Äquivalente pro eingesparter kWh gegenüber konventionellen Lösungen vermeiden (basierend auf Emissionsfaktor für die österreichische Stromaufbringung inkl. Vorkette gemäß Umweltbundesamt Oktober 2017).

Die verkehrstechnische Evaluierung lässt darauf schließen, dass eine (adaptive) LED-Beleuchtung an Schutzwegen positive Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit von FußgängerInnen und Kfz-LenkerInnen hat. Eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke von bereits vorhandener Beleuchtung, wirkt sich zusätzlich positiv auf die Anhaltebereitschaft von Kfz-LenkerInnen im Bereich von Schutzwegen aus.

Bei der zusätzlichen Feedback-Erhebung durch Online-Umfragen und Experteninterviews konnte das folgende Feedback ermittelt werden.

Aus der Auswertung der Ergebnisse der Online Umfrage lässt sich festhalten, dass die befragten Personen überwiegend zufrieden mit der derzeitigen Straßen- bzw. Straßenraumbelichtung (auf Straßen-, Geh-, Radwegen bzw. Fußgängerüberquerungen) an Kreuzungen in ihrem unmittelbaren Wohnumfeld sind, jedoch wird eine Energieeinsparung durch eine angepasste (verkehrsadaptive) Beleuchtung der Straßeninfrastruktur bei gleichbleibender Funktion von einem Großteil der Befragten (81 % - 84 %) als sinnvoll betrachtet. Besonders in der Energieeinsparung (91 %) und einer geringen Lichtverschmutzung (62 %) werden Vorteile einer angepassten Beleuchtung gesehen.

Nachteile werden bei derzeitigen Beleuchtungen an Kreuzungen vor allem darin gesehen, dass FußgängerInnen (85 %) und RadfahrerInnen (64 %) schlecht erkennbar sind. Eine unzureichende Ausleuchtung von Gehsteigen wurde ebenso als Nachteil angegeben (44 %). Eine Senkung bzw. Anpassung der Beleuchtung an das Verkehrsaufkommen empfinden rund 74 % als sinnvoll. Die Nachteile der Nutzung einer anpassbaren Steuerung liegen laut der TeilnehmerInnen besonders in der schlechten Sichtbarkeit von FußgängerInnen (besonders bei dunkler Kleidung) und RadfahrerInnen, sowie einem verminderten Sicherheitsgefühl.

2.1.2 Executive Summary

Traffic infrastructure, especially for intersections in urban areas, consists mainly of road marking, signals and lighting. The signaling system itself, its traffic lights or variable message signs, can be called an intelligent or at least controlled or managed system. The trend in lighting system is to include more and more intelligence to the field (the luminaries) for providing remote monitoring and controlling abilities. The different intelligent systems can be divided in safety-related and non-safety-related networks. Signaling (i.e., traffic lights and traffic light controller) is considered as safety-related because a failure can

compromise traffic safety. Electronic displays (e.g., LED-based variable message signs) and intelligent lighting systems are non-safety-related systems.

All three different systems (traffic signals, variable message signs and lighting) have in common that – outside of big cities – in smaller communities and towns they are installed in strictly separated, insular installations. This separation does only make sense in an operational point of view, because the traffic signals and its controllers do have much higher requirements on security and especially safety level. Because of this separation, the different systems do not use any common infrastructure or communication platform to provide integrated services or exchange information. This is financially not very efficient and in terms of optimization and power consumption. An additional topic is, that safety related technology often uses well-known and manageable technology, that is well behind the current state-of-the-art and therefore different optimizations in terms of power consumption are not used.

The project INGE focused therefore on the main idea to increase the energy efficiency of road intersection infrastructure by 20% without decreasing traffic safety. The approach was to use a holistic solution through integrating more intelligence into the safety-related subsystem and additional communication channels into the system as well as mechanical changes and adaptations to various units that are used in such an environment.

A wholly new system of communication between traffic signal heads and traffic signal controllers (the safety related subsystem) was used for the first time that embodies a radical change for this field of application. In contrast to the established approach to monitor and control the traffic signals only by monitoring the power consumption the new system is based on the well-established CAN-bus technology. The non-safety related subsystem (luminaries, variable message signs) were connected by a homogenous wifi communication that was based on networks nodes already developed in a pre-project. All system parts were united in a management-layer for control and maintenance. The mechanical housing of the traffic signals was also adapted to provide the possibility to integrate a wide range of sensors into the traffic signals themselves. In addition, a prototypical installation of the entire system was realized. The energy efficiency and user acceptance were validated through tests based on different usage scenarios as well as feedback that was gathered through online questionnaires and interviews with experts.

The primary technical result of INGE was a holistic concept for a unified communication and management backbone for all different subsystems on road intersections. This solution provides the possibility for different sensors, actors both highly safety critical as well as not safety critical to exchange different information and therefore widen their respective sensoric horizon to enable new types of services and usage scenarios. All this was possible with various already existing technologies and the definition of open interfaces.

Based on the implementation a broad evaluation in the areas of power efficiency as well as traffic safety could be conducted. A life cycle evaluation of the overall system (production until recycling) was executed. This gave the result that through the usage of energy efficient intelligent traffic infrastructure 250g CO₂ equivalents per saved kWh could be saved in comparison with conventional solutions.

The traffic safety solution on the other hand brought the result that (adaptive) LED-based lighting at pedestrian crossings would have positive effects on the overall traffic safety of pedestrians and drivers. An increased lighting level would additionally increase the stopping-willingness of drivers at intersections and pedestrian crossings.

The feedback gathered with online questionnaires as well as interviews with relevant stakeholders and experts led to the following conclusions. Most asked persons are satisfied with the current lighting (Streets, pedestrian areas, cyclist areas etc.) and at road intersections in their living environment. But a (traffic adaptive) and energy efficient lighting that provides the same quality of service is seen as very useful by most of the interviewees (81 % - 84 %). Especially the arguments of having lower energy consumption (91 %) and lower lighting pollution (62%) are seen as advantages.

The feedback included also that the lighting levels at intersections may be not optimal because pedestrians (85 %) and cyclists (64 %) are not as easily discernible. Inadequate lighting of walkways (44 %) was also a common point in the questionnaires.

The adaption (and lowering) of the lighting levels based on the actual traffic seems reasonable for most (74 %) but could lead to the drawbacks of having more areas in which pedestrians (and cyclists) may not be as noticeable, and that some people might have problems with a decreased feeling of personal safety.

2.2 Schwerpunkte des Projektes

Die Schwerpunkte des Projektes waren – im Einklang mit der Projektkategorie Experimentelle Entwicklung (EE) – die Erarbeitung von Konzepten und möglichen technischen Lösungen für spezielle Szenarien, eine Evaluierung an Laborprototypen und Simulationen sowie ein Integrations- und Funktionstest an Hand einer realen Testinstallation.

2.3 Einordnung der Projektziele in das Programm

Ausschreibungsschwerpunkt: Themenfeld 2, Energieeffizienz und Energieeinsparung Subschwerpunkt: TF 2/2.2 Energieeffiziente Produkte und Systemlösungen

Ausschreibungsziele:

Ziel 1: Beitrag zur Erfüllung der energie-, klima- und technologiepolitischen Vorgaben der österreichischen Bundesregierung.

Im Projekt soll eine Reduktion des Energieverbrauchs um mehr als 20% bei gleichbleibender Verkehrssicherheit und Nutzerakzeptanz erzielt werden.

Ziel 2: Erhöhung der Leistbarkeit von nachhaltiger Energie und innovativen Energie- und Mobilitätstechnologien

Das Managementsystem soll durch Integration von Kreuzungsinfrastruktur mittels offener Schnittstellen neuartige, energie- und kosteneffiziente Services im Bereich der Mobilität anbieten. Durch eine mögliche Integration in andere Dienste können die ermittelten Daten auch in anderen Anwendungen Verwendung finden und damit die ressourcen- und energieaufwändige Schaffung von Parallelstrukturen (die einer Wiederverwendung von bereits existierenden Komponenten, wie z.B. im Bereich Sensorik, widerspricht) verringern.

Ziel 3: Aufbau und Absicherung der Technologieführerschaft bzw. Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit.

Das Projektteam setzt sich aus KMUs, universitären Forschungseinrichtungen und einem GU zusammen. Die Entwicklung eines ganzheitlichen Systems unter Einbindung aller dafür notwendigen Kompetenzen lässt eine erfolgreiche Umsetzung des Vorhabens und eine Vorreiterrolle in Österreich und Europa erwarten.

2.4 Verwendete Methoden

Die verwendeten Methoden waren je nach Arbeitsaufgabe und Teilpaket unterschiedlich und umfassten die folgenden Vorgehensweisen.

AP1: Projektmanagement

Die Methode des Projektmanagements richtet sich nach dem Prinzip „Management by Objectives“. Das bedeutet, dass die Leitung des Projekts unter Vorgabe von (Teil-)Zielen erfolgt. Diese ergeben sich aus dem Projektplan, aber auch als Ergebnis von regelmäßigen Meetings. Der Projektfortschritt kann somit immer anhand eines (Teil-)Ziels in den damit verbundenen Ergebnissen gemessen werden.

AP2: Konzeptphase / Schnittstellendefinition

An Hand unterschiedlicher erarbeiteter Anwendungsszenarien wurden Anforderungen an die Ausstattung, Komponenten und das Gesamtsystem abgeleitet. An Hand dieser Anforderungen wurde die Konzeptualisierung der Teilsysteme nachgeschärft werden und bislang noch nicht abgedeckte Lücken im Kommunikations- und Funktionsumfang erkannt.

AP3: Integration sicherheitsbezogener Komponenten

An Hand einer umfangreichen Recherche wurde ein Umsetzungsvorschlag für die sichere und zuverlässige Kommunikation innerhalb einer Kreuzungssteuerung erarbeitet. Eine Umsetzung innerhalb eines Kommunikationsmoduls wurde angestrebt. Die vorhandene Signalmodultechnik soll auf Basis dieses Vorschlags grundlegend überarbeitet und optimiert werden und mit dem Kommunikationsmodul ausgestattet werden. Die Funktionalität des Teilsystems soll zuerst „Stand-Alone“ überprüft werden. In einem abschließenden Arbeitsschritt sollen die beiden Teilsysteme zu einem Gesamtsystem zusammengefügt und mit der Management Plattform verknüpft werden.

AP4: Integration nicht sicherheitsbezogener Komponenten

An Hand der Informationen, die aus dem vorangegangenen Arbeitspaket vorlagen, sowie einer Analyse des Bestandsystems aus dem Projekten SIRIUS sollte ein Umsetzungsvorschlag für das nicht sicherheitsbezogene Teilsystem erstellt und umgesetzt werden. Dabei sollte das bestehende System um steuerbare elektronische Anzeigen und Sensorik erweitert werden, sowie ein Kommunikationsmodul zu einer systemübergreifenden Steuerungslösung integriert werden. Die Funktionalität des Teilsystems sollte zuerst „Stand-Alone“ überprüft werden. In einem abschließenden Arbeitsschritt sollen die beiden Teilsysteme zu einem Gesamtsystem zusammengefügt werden, um für eine Feldinstallation gerüstet zu sein.

AP5: Testinstallation

Am Beginn stand eine Sondierung am Teststandort auf Basis der Umsetzbarkeit einzelner Testszenarien und -anwendungen. Nach ersten Feld- und Labortests der einzelnen Komponenten sowie des gesamten Systems im Verbund wurden die Testsysteme auf einem ausgewählten Teststandort installiert und konfiguriert. An Hand von vorher definierten Testanwendungen und –szenarien sollte eine umfassende messtechnische Erfassung und ein umfangreicher Funktionstest für die spätere Evaluierung erfolgen.

AP6: Energie & Sicherheitsevaluierung

Die Evaluierung erfolgte auf zwei unterschiedlichen Ebenen. Die Energieevaluierung prüfte vor allem die Komponenten und das Gesamtsystem auf ihren Energieverbrauch, auch über den Lebenszyklus betrachtete und Hand von Messungen, Simulationen und Modellrechnungen auf Effizienz.

Die Sicherheitsevaluierung umfasste als wesentlichen Punkt die Überprüfung der Kommunikation und der Verkehrssicherheit. Der letzte Punkt wurde mittels Befragungen in Form eines Online-Fragebogens und Einzelinterviews vorgenommen.

AP7: Dissemination

Die wesentlichen Mittel der Verteilung der Information sind zielgruppenspezifisch gewählt:

1. Kunden und Stakeholder wurde durch individuelle Kontakte bzw. im Rahmen von auch regulär durchgeführten Events wie Fachmessen informiert.
2. Die wissenschaftliche Community wird über entsprechende Publikationen und Vorträge auf Fachkongressen informiert.

3 Inhaltliche Darstellung

Arbeitspaket 1 – Projektmanagement

Aufgaben des Arbeitspakets waren Projektleitung, Terminkoordination, Abhaltung von Meetings sowie die Kommunikation mit dem Fördergeber.

Im Projektzeitraum wurden Meetings abgehalten und einige Telefonkonferenzen durchgeführt. Die Arbeitsverteilung erfolgte durch Zuteilung von Verantwortlichkeiten und der klaren Definition der Schnittstellen. Die Erwartungshaltung der einzelnen Partner wurde abgestimmt. Der Projektfortschritt wurde überwacht und mit den geplanten Meilensteinen verglichen. Abweichungen wurden unter den Partnern diskutiert und der Zeitplan wenn nötig adaptiert.

Arbeitspaket 2 – Konzeptphase / Schnittstellendefinition

Aufgaben des Arbeitspakets waren die Spezifikation des sicherheitsbezogenen und nicht sicherheitsbezogenen Systems, die Schnittstellendefinition des Gesamtsystems sowie die Erstellung des Evaluierungskonzepts.

Systemspezifikation

Bei der Systemspezifikation lag der Schwerpunkt auf der kommunikationstechnischen Integration im sicherheits- und nicht sicherheitsbezogenem System. Während im nicht sicherheitsbezogenen Teil auf Vorarbeiten aus den Vorgängerprojekten Sirius+ und CANOPUS zurückgegriffen werden konnte, war im sicherheitsbezogenem Teilsystem das System von Grund auf zu spezifizieren.

Der Start im sicherheitsbezogenem Teil war eine Hardware FMEA, bei der die Hardwareschaltung in Funktionsgruppen aufgeteilt wurde und anschließend mögliche Fehler identifiziert wurden. Selbiges Prinzip wurde bei der Netzwerk-FMEA angewendet, bei der mögliche Fehler auf dem CAN Bus (z.B. korrumpiertes Telegramm) untersucht wurden. Aus beiden FMEAs wurden Maßnahmen zu Fehlervermeidung oder –beherrschung abgeleitet.

Die mechanische Integration der Sensorik in die Ampel startete mit der Evaluierung der im Projekt CANOPUS evaluierten Sensoren. Je nach Technologie (optische Sensoren oder Radarsensoren) gilt es unterschiedliche Rahmenbedingungen zu beachten. Z.B. für einen Infrarotsensor ist ein Sichtfenster nach Außen notwendig, das in das Gehäuse integriert werden muss. Es soll die Dichtheits- und Feuchtigkeitsanforderungen der Produktnorm erfüllen. Für einen Radarsensor ist es ausreichend, dass er im Kunststoffgehäuse so platziert wird, dass er in Richtung der zu erkennenden Objekte blickt. Da kein Sichtfenster vonnöten ist, kann die Dichtheits- und Feuchtigkeitsanforderung mit weniger Aufwand erfüllt werden.

Schnittstellendefinition Gesamtsystem

Die Integration beider Teilsysteme erfolgt nach dem Stand der Technik auf Basis der TCP/IP Technologie. Darauf aufbauend wurden die Applikationsdaten für den Datenaustausch mithilfe der JSON Struktur und http-Request umgesetzt. Dieses Design lässt ein physisch getrenntes (verschiedene Rechner an verschiedenen Standorten) als auch ein physisch geschlossenes (ein Server mit verteilten Ressourcen) zu.

Evaluierungskonzepte

Bereits im Zuge dieses Arbeitspaketes wurden diverse Konzepte recherchiert und evaluiert und auf Basis dieser Ergebnisse maßgeschneiderte Evaluierungskonzepte für die unterschiedlichen Teile des Projektes abgeleitet.

Arbeitspaket 3 – Integration sicherheitsbezogener Komponenten

Aufgaben des Arbeitspaketes waren die Umsetzung des sicherheitsrelevanten Systems, die Umsetzung der mechanischen Integration und die Zusammenführung in ein sicherheitsbezogenes Gesamtsystem

Umsetzung sicherheitsrelevantes Teilsystem

Die Umsetzung des sicherheitsrelevanten Teilsystems mit einem Hardware- und Firmwaredesign abgeleitet aus der Hardware- und Netzwerk FMEA. Die Hardwarelösung besteht aus einem redundanten System zur Erfüllung der Anforderungen aus EN/IEC 61508. Die Firmware gliedert sich in 3 Schichten und läuft in leicht abgewandelter Form auf beiden Kontrollern.

Die Hardware- wie Softwareentwicklung wurde in 3 Etappen durchgeführt, sodass im Zuge eines iterativen Prozesses Verifikationsschritte parallel zur Entwicklung durchgeführt werden können. Die Verifikation erfolgt mithilfe von Testaufbauten, die im Rahmen des Projekts erstellt wurden.

Umsetzung mechanische Integration

Die Gehäuse von Ampeln unterliegen zahlreichen internationalen und länderspezifischen Anforderungen. Zusätzlich sind die Sensoren in ihrer Technologie und mechanischen Beschaffenheit heterogen. Daher wurden 3 Sensoren in die nähere Auswahl genommen und aufgrund deren Eigenschaften eine mechanische Integration zuerst unter Zuhilfenahme von CAD Zeichnungen und anschließend mit einem 3D Druck Prototyp durchgeführt. Die Erkenntnisse aus dem Prototyp fließen nun in das zweite Design ein.

Arbeitspaket 4 – Integration nicht sicherheitsbezogener Komponenten

Aufgaben des Arbeitspakets sind die Analyse des vorhandenen Beleuchtungssystems, Anpassung und Erweiterung des Managementsystems und die Zusammenführung des nicht sicherheitsbezogenen Gesamtsystems

Analyse Beleuchtungssystem

Es wurde das im Rahmen des Sirius+ Projektes definierte Konzept übernommen und bzgl. den für INGE definierten Zielen analysiert. Die ganzheitliche Betrachtung umfasste dabei das System (Komponenten, Informationsquellen, Schnittstellen), benötigte Services aufgrund der involvierten Verkehrsteilnehmer. Weiters wurden in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern Situationsbeschreibungen und Szenarien erstellt, welche die Anwendungsfälle entsprechend abbilden. Teilweise wurden unterschiedliche Situationen und Abläufe mit Hilfe eines bereits existierenden Energie-Verbrauchssimulators umgesetzt und überprüft.

Anpassung und Erweiterung des Managementsystems

Die aus der Analyse resultierenden Anforderungen an das Steuermodul werden nach ihrer Umsetzbarkeit evaluiert und gefundene Lösungen in einem Systemkonzept zusammengefasst, auf dem das Software-

Design aufbaut. Bzgl. der Schnittstellen wurde die Abstimmung mit den Projektpartnern entsprechend intensiviert, um die Interoperabilität mit anderen Systemkomponenten zu gewährleisten.

Arbeitspaket 5 – Testinstallation

Aufgaben des Projekts waren Abstimmung eines Teststandortes, Installation der notwendigen Infrastruktur, Validierung der einzelnen Komponenten und des Gesamtsystems, Betreuung und Wartung des laufenden Testbetriebs

Testinstallation Perchtoldsdorf

Um eine möglichst reibungslose Integration der unterschiedlichen Teilsysteme zu ermöglichen und diverse Messungen und Tests vorab durchführen zu können wurden am Betriebsstandort von SWARCO in Perchtoldsdorf die jeweiligen Teilsysteme (Beleuchtung, Sensorik, Wechselverkehrszeichen, Kommunikationstestsystem, Signalanlage inklusive Bodenampel) in verschiedenen Labortestreihen auf Problem und Fehler getestet. Im Rahmen dieser Testinstallation wurden Verbrauchs- und Leistungswerte für alle technischen Subsysteme ermittelt und somit für sämtliche der im späteren Verlauf des Projektes definierten Use Cases („Kreuzung“, „Ungeregelter Schutzweg“, „Straßenzug“).

Testinstallation Raum Stuttgart

Gemeinsam mit deutschen Teilen der SWARCO Gruppe konnte im Bereich Stuttgart eine Kreuzung mit prototypischer Hardware ausgestattet werden und so eine anwendungsnahe Testinstallation des gesamten innovativen Steuerungskonzeptes umgesetzt werden. Insbesondere von Interesse waren dabei die Validierung des unidirektionalen Informationskanals aus der Ampelsteuerung zu einem Message Broker, da dieser eine Möglichkeit darstellt, wie Informationen aus der direkten Ampelsteuerung entnommen werden können ohne die Integrität und Sicherheit des Ampelsystems zu gefährden oder einzuschränken. Der eingesetzte Message Broker basierte dabei auf MQTT – einem offenen Standard, der vor allem im Bereich IoT Verwendung findet und auf dem Publish-Subscribe Paradigma beruht. Sämtliche Events innerhalb der Ampelsteuerung wurden mittels „Push“ Funktionalität an die anderen Teile der Installation (Wechselverkehrszeichen und Beleuchtung) gesendet. Bei dem in dieser Testinstallation umgesetzten Use Case handelte es sich um das „Gesamtsystem“ (Use Case 1 „Kreuzung“) – bei dem alle technischen Subsysteme umgesetzt und integriert wurden.



Abbildung 1: Testinstallation Raum Stuttgart

Dies alles wurde (um die Straßensicherheit nicht zu gefährden) allerdings in einem reinen „Blindbetrieb“ umgesetzt, in dem die empfangenen Nachrichten und umzusetzenden Änderungen in Log-Files festgehalten. Als Fazit kann gesagt werden, dass die gewünschten Funktionalitäten vollumfänglich umsetzbar sind.

Arbeitspaket 6 – Energie & Sicherheitsevaluierung

Aufgaben des Arbeitspakets waren die Erhebung der Energieverbrauchswerte vorher/nachher an einem Ampelsystem, die Energieevaluierung des Gesamtsystems, die Durchführung von Testfahrten, Befragung von Nutzern und die Ausarbeitung von Empfehlungen. Die Erhebung und Evaluierung von Stakeholdern wie Verkehrsteilnehmern Kunden, Systemintegratoren, Behördenvertretern und anderen Experten die Anwendung betreffend wurde im Zuge von Experteninterviews in Österreich bzw. Feedbackrunden zu speziellen Innovationspräsentationen auf internationalen Fachmessen und –kongressen (Intertraffic, ITS World Congress 2018 in Kopenhagen) erhoben.

Energieevaluierung

Das in AP2 erarbeitete Konzept zur Evaluierung des Energieverbrauchs, basierend auf Ergebnissen aus Vorprojekten (Simulation Beleuchtungsanlage, Mess- und Berechnungsergebnissen), wurde um die neu hinzugekommenen Komponenten erweitert und mit Hilfe von unterschiedlichen Datenblättern, Referenzmessungen und Tests auf Plausibilität überprüft. Auf der Grundlage dieser Werte und Daten konnte das bereits bestehende Konzept aus AP 2 umgesetzt und verwendet werden.

Im Rahmen des Projektes wurde Use Case 2 für die Energie & Sicherheitsevaluierung mithilfe einer Verkehrs- und Energiesimulation durchgeführt. Für die Energiesimulation wurden sowohl erhobene Daten am Teststandort als auch im Bereich der Industriestraße/Mühlgasse in Perchtoldsdorf herangezogen. Weiters wurden Daten, die im Rahmen des Sirius+ Projektes gewonnen wurden, miteinbezogen.

Als Referenzsystem zur Bewertung der Energieeffizienz wurde eine konventionelle VSLA mit Glühlampen als Signalgeber und Vorschaltgerät festgelegt. Für die Beleuchtung im mittelbaren bzw. unmittelbaren Kreuzungsbereich wurde als Referenzsystem eine nicht dimmbare LED Beleuchtung festgelegt. Zur Bewertung der Energieeffizienz wurde der jährlichen Stromverbrauchs (AECI) gemäß EN 13201-5:2015 als Indikator herangezogen.

Die Ressourceneffizienz und Umweltauswirkungen ist mittels Ökobilanzierungsmethode ISO14040/44 analysiert worden. In erster Line wurde der Energieaufwand über den Lebenszyklus betrachtet und die damit im Zusammenhang stehenden Treibhausgase bilanziert.

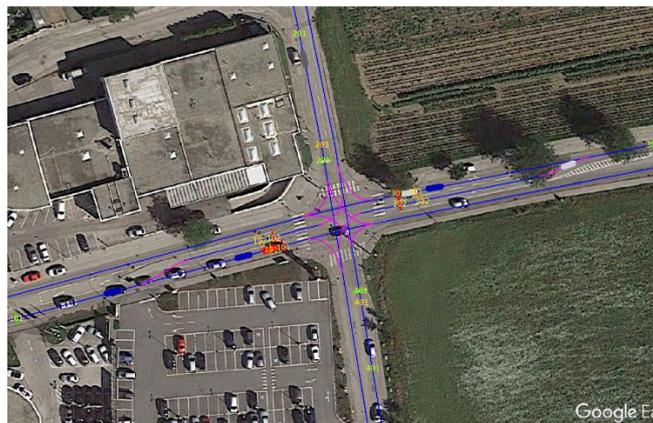
Für die Phase der Wirkungsabschätzung ist die Umweltbelastung in Bezug zum Klimawandel durch die Stromerzeugung entscheidend und wie folgt zu charakterisieren: Wirkungskategorie: Klimawandel; Relevantes Sachbilanzergebnis: Menge an Treibhausgasen; Wirkungsindikator: Verstärkung der Infrarotstrahlung; Charakterisierungsfaktor: Treibhausgaspotential für jedes Treibhausgas; Wirkungsindikatorwert: Menge der CO₂-Äquivalente.

Tools: Modellrechnung, Simulationen, Vorort Messungen

Verkehrsevaluierung

Im Rahmen des Projektes wurde der Use Case 2 „Ungesicherter Schutzweg“ mit für die Energie & Sicherheitsevaluierung mithilfe einer Verkehrssimulation (siehe Abbildung 2) und Energiesimulation

durchgeführt. Als Grundlage dafür wurde eine Verkehrszählung im Kreuzungsbereich Industriestraße/Mühlgasse in Perchtoldsdorf im Februar 2017 durchgeführt. Die erfassten Verkehrsdaten wurden in der Mikrosimulation zusammen mit den technischen Angaben der Verkehrslichtsignalanlage der erhobenen Kreuzung hinterlegt und bilden die Grundlage für die Modellierung von Einzelfahrzeugen, die an unterschiedlichen Stellen im Untersuchungsbereich während der Simulationsdurchläufe erfasst werden. Als Grundlage für die Energie & Sicherheitsevaluierung wurden Schnittstellen zwischen der Verkehrs- und Energiesimulation abgestimmt. Die Daten aus der Verkehrssimulation ermöglichen Rückschlüsse (insbesondere Zeitlücken) auf den Verkehrsfluss und Interaktionen in Verbindung mit der Verkehrslichtsignalanlage und können über die definierte Schnittstelle direkt in die Energiesimulation eingespielt werden.



Quelle: Eigene Erhebung

Abbildung 2: Verkehrssimulation als Grundlage für die Ableitung von Zeitlücken

Nutzerbefragung

Um möglichst umfassende Rückmeldungen zu erhalten wurde innerhalb des Projektteams beschlossen, die Nutzerbefragung auf 3 unterschiedliche Nutzergruppen aufzusplitten (sh. Abbildung 3) und abhängig von der jeweiligen Nutzergruppe verschiedene Methodiken anzuwenden. Die erste Gruppe umfasste prinzipiell jeden potentiellen Verkehrsteilnehmer und wurde mit Hilfe einer Onlineumfrage eingebunden, während die beiden weiteren Gruppen unterschiedliche Ebenen auf „Betreiberseite“ von Verkehrsinfrastruktur beinhalteten und mittels persönlicher Interviews kontaktiert wurden.



Abbildung 3: Nutzergruppen

Allgemeine Nutzerbefragung (Online)

Im AP 2 wurde der Fragebogen entwickelt, um die Zufriedenheit / Akzeptanz der VerkehrsteilnehmerInnen bezüglich der Beleuchtung bei Kreuzungen und Straßenzügen sowie auch VLSA Anlagen hinsichtlich der Energieeinsparung zu erfragen. Die Umfrage erfolgte über den Online Anbieter survey monkey (www.surveymonkey.de) und umfasste 26 Fragen mit verschiedenen Antwortmöglichkeiten wie Multiple Choice, Matrix / Bewertungsskala und individuellen Textfeldern.

Der Online-Fragebogen wurde im Zeitraum von Juni 2017 bis Dezember 2017 veröffentlicht und an unterschiedliche NutzerInnengruppen ausgesandt. Insgesamt haben 74 Personen an der Umfrage teilgenommen.

Entscheidungsebene Planung, Betrieb und Wartung von Verkehrssignalanlagen

Im Zuge des Projektes wurden mehrere Gemeinden, vorwiegend in Niederösterreich, über die Planung, Betrieb und Wartung von Verkehrssignalanlagen, die im Verantwortungsbereich der Gemeinde liegen, befragt. Ebenfalls wurde bei dieser Befragung die Möglichkeiten und den Nutzen eines intelligenten Verkehrssystems am Projekt INGE erläutert.

Entscheidungsebene Politik, Finanzierung

Zusätzlich zum Testbetrieb wurden bereits parallel zum AP 5 Experteninterviews mit Vertretern der Entscheidungsebene und Politik durchgeführt. Es wurden Ansprechpartner der Niederösterreichischen und der Burgenländischen Landesregierung sowie der Stadt Wien ausgewählt. Die Interviews wurden im Zeitraum von September bis Oktober 2018 durchgeführt. Im Rahmen der Interviews wurde das Gesamtsystemkonzept des Projektes INGE vorgestellt sowie einzelne Anwendungsfelder wie Fußgängerwarnanlagen (Bodenampel, situationsgesteuertes Wechselverkehrszeichen) bzw. Smarte Straßenbeleuchtung diskutiert.

Arbeitspaket 7 – Öffentlichkeitsarbeit

Aufgaben des Arbeitspakets sind die Erstellung einer Projektwebseite, der Besuch von Konferenzen, Workshops, die Erstellung von Newslettern und generell die Verbreitung der Ergebnisse.

4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Systemarchitektur

Das zur Umsetzung einer intelligenten Kreuzung unter Einbindung der verschiedenen Komponenten notwendige System wird in Abbildung 4 schematisch dargestellt.

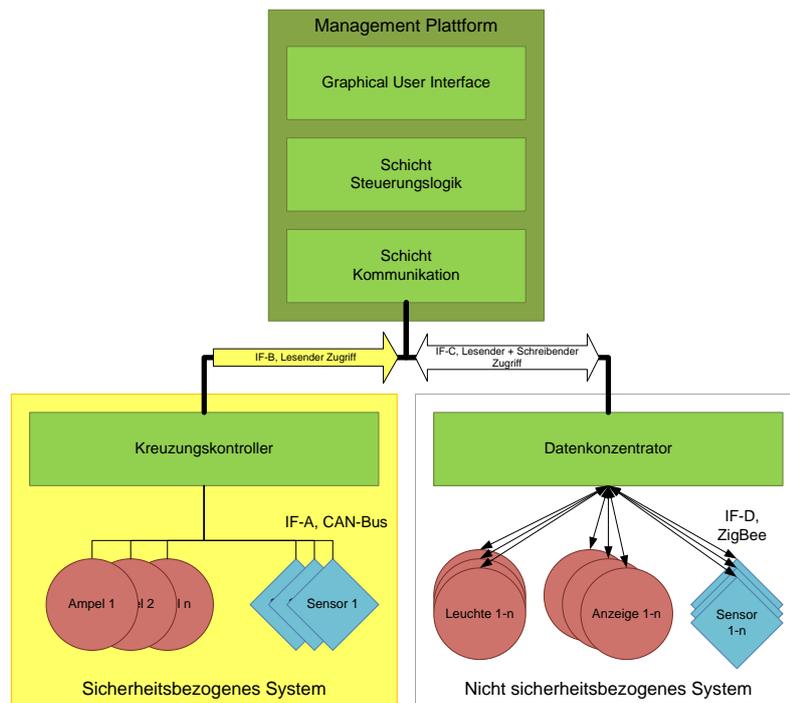


Abbildung 4: Systemarchitektur

Das System setzt sich aus drei Funktionsblöcken zusammen.

- 1) Das sicherheitsbezogene System inkludiert die Steuerung der Lichtsignalanlage (vulgo Ampelanlage) samt den einzelnen Ampeln und möglicher Sensorik in einer integrierten Ampel für verkehrsadaptive Steuerung. Aktuelle Standards und Richtlinien legen ein hohes Maß an Sicherheit für diese Anwendung fest. In diesem Zusammenhang relevant sind EN 50556 als Produktstandard für Lichtsignalanlagen und IEC/EN 61508 als Sicherheitsstandard für elektronische Systeme. Eine wesentliche Forderung der genannten Standards ist die Rückwirkungsfreiheit von nicht sicherheitsbezogenen auf sicherheitsbezogene Systeme.
- 2) Das nicht sicherheitsbezogene System beinhaltet die Beleuchtung und die optischen Anzeigen. Bei Anwendungen müssen Produktstandards entsprechen, aber keinen dezidierten Sicherheitsstandards. Es können daher Daten aus- und eingelesen werden, um ganzheitliche Szenarien entwickeln zu können.
- 3) Die Verbindung der beiden Teilsysteme erfolgt über eine Managementplattform. Sie bietet die Möglichkeit, auf Basis der Daten aus den beiden Teilsystemen neue Anwendungen zu realisieren bzw. mit geringerem Einsatz von Infrastruktur heutige bekannte Anwendungen zu realisieren.

Sicherheitsbezogenes Teilsystem

Der im Projekt behandelte Teil des sicherheitsbezogenen Teilsystems umfasst die intelligente Ampel, nicht aber den Kreuzungskontroller. Dieser wird von Partnerfirmen in intensiver Zusammenarbeit erweitert.

Die Umsetzung der intelligenten Ampel teilt sich in eine Hardware- und Softwareteil auf. Wie in Abbildung 5 dargestellt, besteht das Design aus einer dreigliedrigen Struktur:

1. Eingangsstufe („input stage“): Mithilfe des CAN Busses wird der Datenaustausch mit dem Kreuzungskontroller bewerkstelligt. Die Daten werden in die Logikstufe weitergeführt.
2. Die Logik („logic“) der Ampel wird als 2 kanalige Struktur (d.h. 2 Mikrocontroller mit Namen Main uC und Safety uC) realisiert. Es werden die Daten vom Main uC empfangen und die Befehle (z.B. LED ein) an die Ausgangsstufe über eine LED-Ansteuerungslogik übergeben. Der Safety uC und Main uC lesen das Ergebnis zurück und tauschen sich über ihre Erkenntnis aus. Über den Safety-Off ist eine Sicherheitsabschaltung der Ampel im Fall eines schwerwiegenden Fehlers möglich.
3. Die Ausgangsstufe („Output stage“) inkludiert die rot/gelb/grünen LEDs zur Signalisierung. Je nach gewünschter Lichtleistung und Größe der Ampel werden 1-3 LEDs verbaut.

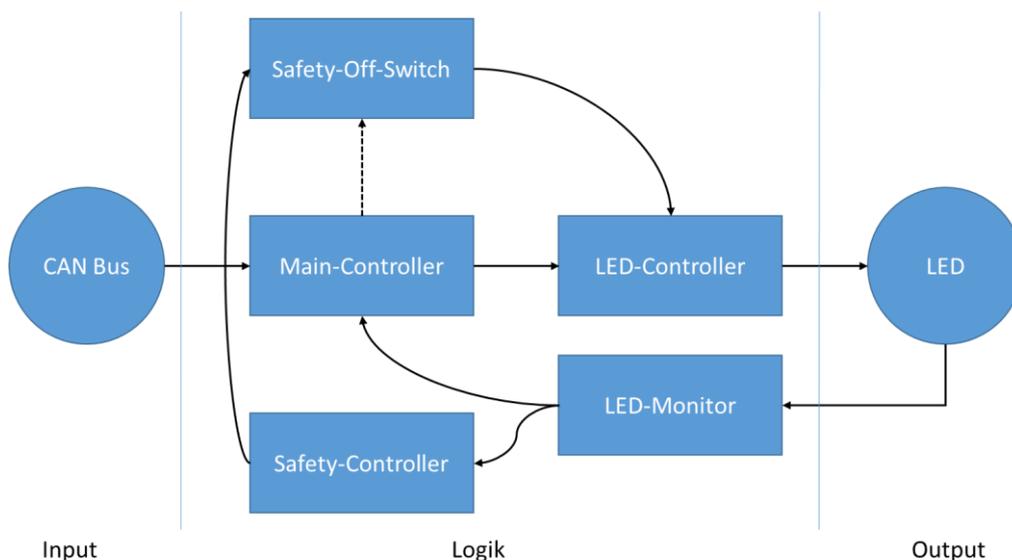


Abbildung 5: Blockschaltbild intelligente Ampel

Abbildung 5 zeigt die Firmwarearchitektur. Auf beiden Prozessoren teilt sie sich in drei Blöcke.

1. Driver Layer: Diese Schicht beinhaltet alle hardwarenahen Treiber, um Daten über CAN zu empfangen, Daten mit dem jeweils anderen Mikrokontroller auszutauschen, die Pins und analogen Inputs anzusteuern.
2. Data Layer: Diese Schicht bereitet die zu sendenden oder empfangenen Daten auf und stellt sich über Softwareschnittstellen der Applikationsschicht (READ) zur Verfügung. Des Weiteren werden Daten von der Applikationsschicht für die Treiberschicht aufbereitet (WRITE).
3. Die Applikationsschicht realisiert die eigentlichen Funktionen wie das Triggern des Einschaltvorgangs der LEDs.

Nicht sicherheitsbezogenes Teilsystem

Das im Rahmen des Projekts Sirius+ definierte Konzept des verkehrsadaptiven Steuermoduls wurde in Hinblick auf eine Generalisierung der Schnittstellen sowie der Effizienzsteigerung der Architektur durch die Aufteilung in verschiedene logische und funktionale Einheiten analysiert und umfangreich überarbeitet und erweitert (siehe Abbildung 6). Der Schwerpunkt liegt auf der kommunikationstechnischen Integration von Leuchte und Anzeige. Dabei wurden neue Anforderungen an das nicht sicherheitsbezogene System und verkehrsadaptive Steuerung festgelegt, die in das Systemdesign einfließen. Diese betreffen

- Generalisierung des Kommunikationsinterfaces zu verteilten Software und Hardware Komponenten. Damit wird das Interface unabhängig von Type der Peripheriekomponenten (elektronische Anzeigen, Sensoren, Beleuchtung). Dies zielt vor allem auf eine zukünftige Erweiterung und Wiederverwertbarkeit hin.
- Um die Erweiterbarkeit und Anpassungsfähigkeit des Systems zu erhöhen, ist vorgesehen die Systemmodule flexibel via XML zu konfigurieren und zu betreiben. Zum einen können lokal unabhängige Verkehrsinfrastrukturen über ein lokal installiertes System betrieben werden. Dies ist vor allem für Verkehrsinfrastrukturen begrenzter Größe relevant, da damit ein Konfigurations-Overhead eingespart werden kann. Andererseits können mehrere Module als ein verteiltes System auf einer Serverinfrastruktur betrieben werden. Dies bringt einen Performance-Gewinn bzgl. Verarbeitungsgeschwindigkeit. Da für die Entscheidung die zur Verfügung stehende Serverinfrastruktur maßgeblich ist, ist eine generelle Aussage über die Infrastrukturgröße nicht möglich. Die Wahl für die eine oder die andere Lösung muss gemeinsam mit einem Kunden fallen.

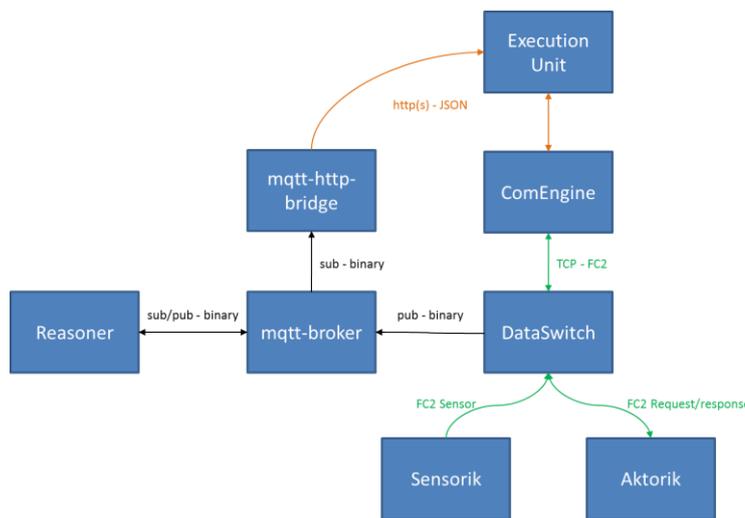


Abbildung 6: Blockdiagramm nicht sicherheitsbezogenes Teilsystem

Die Ergebnisse der umfangreichen Überarbeitung betreffen vor allem den Sensorkanal vom Sensor bis in die Execution Unit als Teil der Managementplattform. Während der Aktorkanal (z.B. Aktivieren einer Leuchte) nach dem Master-Slave Prinzip funktioniert, ist diese Kommunikationsbeziehung für Sensordaten nicht geeignet. Daher wurde eine im IoT Bereich verwendete Technologie namens MQTT (Message Queue Telemetry Transport) integriert. Sie funktioniert nach dem Newsletter-Prinzip, d.h. die

Sensordaten werden im Broker zur Verfügung gestellt und jeder kann sich für verschiedenen Themen (genannt Topics) anmelden und erhält automatisch ein Update der Sensordaten. Die Umsetzung der Daten aus dem ZigBee Netzwerk über den FC2 Sensor Kanal auf MQTT als IP basierte Technologie erfolgt im DataSwitch Modul.

Umsetzung des Gesamtsystems

Nach Fertigstellung von sicherheitsbezogenen und nicht-sicherheitsbezogenen Teilsystemen wurde ein Gesamtsystem konzipiert und zusammengefügt. Alles in allem wurde ein aus Abbildung 7 entnehmbares Systemkonzept angestrebt, wobei alle Verbindungen mit Pfeilen unidirektionale Kommunikationslinks angeben, Verbindungen ganz ohne Pfeile bidirektionale.

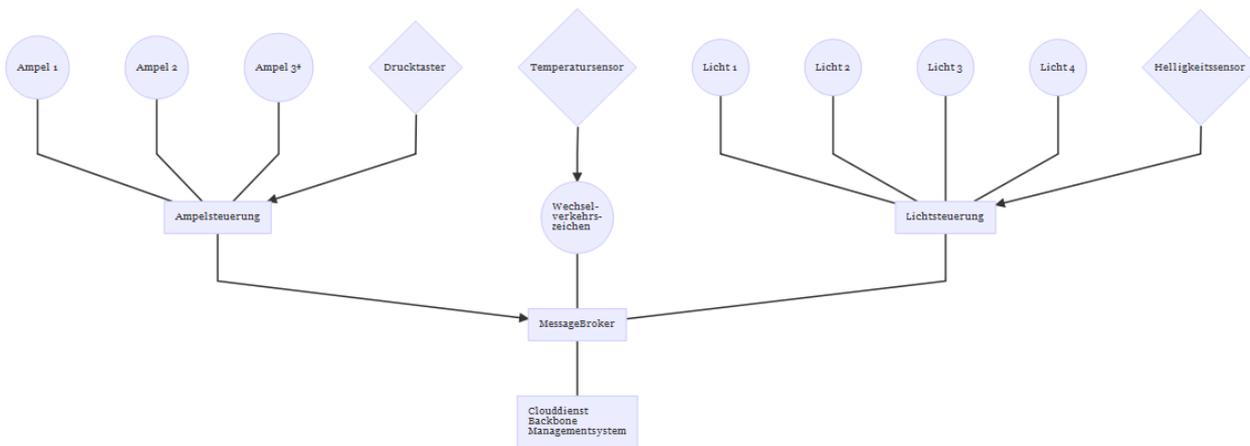


Abbildung 7: Umsetzungskonzept Gesamtsystem

Mit Hilfe dieses Gesamtkonzepts können unterschiedliche und innovative Lösungen und Applikationen realisiert werden. Der allgemeine Systemaufbau besteht dabei aus:

Teilsystem Ampelanlage

Das Teilsystem Ampel besteht hauptsächlich aus den eigentlichen Lichtsignalen sowie einem zentralen Kreuzungssteuerungsgerät. Dessen Hauptaufgabe ist den zeitlichen Ablauf der Phasen zu steuern und die Signale auf Fehlfunktionen zu überprüfen. Darüber hinaus kann sich im Kreuzungsbereich unterschiedliche Sensorik befinden wie Kameras- oder Schleifendetektoren zur Erkennung von Fahrzeugen.

Für den Testaufbau und das Testsystem wurde auf dergleichen verzichtet – um die Bereitschaft von Fußgängern zu erkennen, die Straße zu überqueren, wurden allerdings „klassische Drucktaster“ verwendet. Das Testsystem wurde so konfiguriert, dass die Meldung eines Drucktasters von der Ampelsteuerung an den gemeinsamen Message-Broker weitergeleitet wurde. Dies wurde als Proof-of-Concept angesehen, um Nachrichten aus der Ampelsteuerung nach außen weiterzuleiten. Eine Erweiterung auf die Weiterleitung anderer Sensordaten oder der internen Zustände der Signale ist vorgesehen und wird in späteren Tests umgesetzt werden.

Eine weitere Besonderheit des Testsystems war die erstmalige Verwendung einer neuartigen „Bodenampel“ (Ampel 3*) bei der den Fußgängern durch einen rot-leuchtenden Balken auf dem Boden

zusätzlich signalisiert wird (siehe Abbildung 8/Abbildung 9), dass ein Überqueren, der Straße nicht erlaubt ist. Diese Art der Signalisierung ist besonders in der Nacht von Vorteil.



Abbildung 8: Fußgängerampel mit neuartigem „Bodenampel“-Zusatzmodul

Teilsystem Verkehrszeichen

Beim Wechselverkehrszeichen handelte es sich für das Testsystem um ein handelsübliches Matrix-Wechselverkehrszeichen, das so konfiguriert wurde, dass es unterschiedliche Inhalte darstellen konnte. Unter anderem waren die Zeichen für „Allgemeine Gefahr“ oder „Rutschgefahr“ hinterlegt und eine spezielle Logik implementiert, diese Zeichen anzuzeigen, wenn eine entsprechende Situation vorliegt einige der Zeichen sind beispielhaft in der folgenden Tabelle abgebildet.



„Allgemeine Gefahr“



„Schneefahrbahn“



„Rutschgefahr“

Abbildung 9: Verschiedenen Verkehrszeichen für das WVZ

Die Steuerung des WVZ war außerdem so konfiguriert, dass die Werte eines (von Haus aus installierten) Temperaturfühlers, an den Messagebroker weitergeleitet wurden. Ebenso wie der momentan angezeigte Zeicheninhalt bzw. ein entsprechender Code.

Teilsystem Beleuchtung

Die Beleuchtung im Kreuzungsteil wurde sowohl mit Kommunikationsmodulen ausgestattet, um die Leuchthelligkeit mit Hilfe eines Steuerungs- und Koordinationsmoduls regulieren zu können, als auch einem singulären Beleuchtungssensor, der die Umgebungshelligkeit zu jeder Zeit detektiert. Die Steuerung wurde wiederum so konfiguriert, dass der Messwert des Sensors, sowie die momentanen Beleuchtungsniveaus auch an den Messagebroker geschickt werden.

Integration Gesamtsystem

Auf Basis der erstellten Teilsysteme konnte ein funktionales Gesamtsystem testweise implementiert werden. Dieses sollte die gesamte Bandbreite an gewünschten System-Abläufen abdecken können und

so die Funktionalität validiert werden. Die folgenden Abläufe konnten beispielsweise abgebildet und erfolgreich getestet werden, wobei gesagt werden muss, dass bei der Zusammenstellung der Abläufe vor allem der integrative Charakter Vorrang hatte. Das bedeutet, dass bei der Erstellung darauf geachtet wurde verschiedene Kommunikationsrichtungen und –partner zu inkludieren, um einen gesamtheitlichen Kommunikations- und Integrationstest durchzuführen:

Gesamtsystem Integrationstest 1

- Drucktaster detektiert Fußgänger, der Schutzweg überqueren möchte
 - o Ampelsteuerung sendet Information an Message Broker
 - o Messagebroker verteilt Information an Wechselverkehrszeichen und Beleuchtungssteuerung
 - Beleuchtung wird heller um Fußgänger sichtbarer zu machen und Fahrzeuglenker aufmerksam
 - o Wechselverkehrszeichen macht Lenker zusätzlich vorab auf mögliche Gefahrensituation aufmerksam

Gesamtsystem Integrationstest 2

- Temperatursensor meldet Temperaturen unter dem Gefrierpunkt
 - o Wechselverkehrszeichen macht Fahrzeuglenker auf mögliche Rutschgefahr aufmerksam
 - o Beleuchtung wird heller, um Kreuzung noch besser auszuleuchten, falls Fußgänger mittels Drucktaster ihre Bereitschaft zur Überquerung anmelden

Gesamtsystem Integrationstest 3

- Clouddienst/Managementsystem meldet Schneefall
 - o Wechselverkehrszeichen macht Lenker auf mögliche Schneefahrbahn aufmerksam
 - o Drucktaster wird betätigt
 - Beleuchtungsniveau wird über das „normale“ Level angehoben, um Kreuzung auszuleuchten (wenn Helligkeitssensor „Nachtbetrieb“ indiziert)

Das Ergebnis zeigt, dass mit einem auf diese Art und Weise strukturierten System komplexe Abläufe und Zusammenhänge mit Daten-Quellen und –Senken in unterschiedlichen Subsystemen erstellt und betrieben werden können.

Evaluierung Energie / Verkehrssicherheit

Ergebnis Energieevaluierung

Für die Evaluierung hinsichtlich Energieverbrauch bzw. -effizienz wurden folgende Use Cases betrachtet:

- Kreuzungsbereich
- Schutzweg
- angrenzender Straßenzug

Energieforschungsprogramm - 2. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Zu dieser Einteilung ist zu sagen, dass innerhalb des Projektes eine detaillierte technische und energietechnische Evaluierung des Use Cases „Kreuzungsbereich“ auf Grund der umgesetzten Testinstallation im Raum Stuttgart stattfinden konnte. Bei dem Use Case „Straßenzug“ konnte auf relevante Vorprojekte (SIRIUS+) sowie die Laborinstallation in Perchtoldsdorf, neben einem Simulationsprogramm zurückgegriffen werden. Da eine reale Umsetzung des Use Case 2 innerhalb des Projektes in dieser Form nicht möglich war, mussten auf Basis der anderen Installationen Abschätzungen getroffen werden. Es wurde dies allerdings als geringe Einschränkung der Aussagekraft gesehen – da der Use-Case 2 „Schutzweg“ in seiner technischen Umsetzung zwischen den anderen beiden Use Cases anzusiedeln ist. Die folgende Abbildung soll die Beziehung zwischen den Use Cases deutlich machen.

Organisatorische Einteilung	Relevante technische Subsysteme			
	Gruppierung nach örtlichen Gegebenheiten	Ampelanlage + Bodenampel + Sensorik	Wechselverkehrszeichen + Sensorik	Beleuchtung + Sensorik
Kreuzungsbereich (UC1)	✓	✓	✓	<i>Testinstallation und Integrationstest</i>
Ungesicherter Schutzweg		✓	✓	
Straßenzug (UC3)			✓	
<i>Energie-evaluierung</i>				

Die folgenden Ergebnisse der Energieevaluierung können hervorgehoben werden.

	konventionell	Intelligent	Effizienzsteigerung
Use case 1	AECI =248 kWh	AECI = 170 kWh	+ 31%
Use case 3	AECI=178 kWh	AECI=148 kWh	+17%

Anzumerken dazu ist, dass die große Effizienzsteigerung bei Use Case 1 vor allem auf die Verwendung des neuen Kommunikationskonzeptes für die Signalanlagen zurückzuführen ist. Dieses basiert wie bereits beschrieben auf einem Bus-System und nicht mehr auf der direkten (spannungsbasierten) Steuerung der einzelnen Signale.

Bei der Betrachtung des Use Case 3 haben sich die Werte aus den Vorprojekten wiederum bestätigt, dass eine Effizienzsteigerung von etwa 17% im Bereich des Möglichen ist.

Das Potential für den Use Case 2 kann zumindest in jenem von Use Case 3 angenommen werden, allerdings – auf Grund der fehlenden Signalanlage – wohl nicht ganz so hoch wie das für Use Case 1 ermittelte.

Ressourceneffizienz und Umweltauswirkungen

Bei der Betrachtung der Ressourceneffizienz und Umweltauswirkungen des eingesetzten Gesamtsystems wurde der Energieaufwand entlang des Lebenszyklus betrachtet (Produktion bis Entsorgung). Als wesentlich ist dabei der in der Nutzungsphase verbrauchte Strom und die damit im Zusammenhang

stehenden Treibhausgasemissionen durch die Stromerzeugung zu nennen. Durch den Einsatz von energieeffiziente intelligente Verkehrssysteme in Österreich lassen sich 250g CO₂ Äquivalente pro eingesparter kWh gegenüber konventionellen Lösungen vermeiden. (basierend auf Emissionsfaktor für die österreichische Stromaufbringung inkl. Vorkette gemäß Umweltbundesamt Oktober 2017).

Ergebnis Verkehrsevaluierung

Im Rahmen von INGE wurde eine Evaluierung mit dem Hinblick auf einen Zusammenhang zwischen vorhandener oder neu installierter (LED-) Beleuchtung an nicht signalgeregelten Schutzwegen und einer Steigerung in der Verkehrssicherheit durchgeführt. Dabei wurden unterschiedliche Studien betrachtet, die sich vorrangig mit dem Thema Verkehrssicherheit und Beleuchtung an Straßen befassen haben.

Bei den untersuchten Use Cases sind die Verkehrsflächen normgemäß als Konfliktzonen zu behandeln (siehe Norm O 1055:2017), da in den Bereichen Fahrzeugströme einander kreuzen oder durch Bereiche führen, die von Fußgängern, Radfahrern oder anderen nicht motorisierten Verkehrsteilnehmern frequentiert werden. Im Bezug zur Sicherheit ist vor allem eine rasche Erkennbarkeit der Verkehrssituation während der Dämmerung und Nacht essentiell, um das Unfallrisiko zu minimieren, weil die Unfallrate generell am Abend zwischen 18:00 und 24:00 Uhr um 50% höher ist als am Vormittag. Das höchste Unfallrisiko für Fußgängern und Fahrradfahrern besteht eindeutig in der Nacht zwischen 0:00 und 6:00 (KFV – Sicher Leben: S 105ff¹)

In diesem Zusammenhang spielt die Beleuchtung des Kreuzungsbereichs eine tragende Rolle für die Verkehrssicherheit, um die rechtzeitige und damit leichte Erkennbarkeit vor allem bei Dämmerung und in der Nacht sicherzustellen. Für den Einsatz von intelligenten Verkehrssystemen sind nur jene Beleuchtungsanwendungen zulässig, die auch Gesetzes und Regelkonform sind. Neben der Straßenverkehrsordnung sind die vom BMVIT empfohlene „Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS)“ sowie die einschlägigen Normen (ÖNORM Reihe EN 13201, O 1051, O 1055) einzuhalten. Für die Use Cases sind die in der Norm ÖNORM O 1051 angegebenen Beleuchtungswerte einzuhalten, um eine ausreichende Sicherheit für alle Verkehrsteilnehmer zu gewährleisten. Konkret bedeutet das bei

- Auftrittsflächen des Schutzwegs sowie der gesamten Schutzwegfläche einen Wartungswert nicht kleiner als 5 Lux sein soll.
- Auf der Mittelachse des Schutzwegs darf der Wartungswert nicht weniger als 40 Lux betragen.

Bei der praktischen Umsetzung von sensorgesteuerten intelligenten Verkehrssystemen ist deshalb eine Absenkung der Beleuchtung nur bis auf diese Wartungswerte zulässig, um den normgemäßen Sicherheitsanforderungen zu genügen. Dieser Mindeststandard an Sicherheit gilt sowohl für geregelte als auch unregelte Kreuzungen (Konfliktzonen) und damit für alle Use Cases.

Anhaltebereitschaft

Zum Thema Anhaltebereitschaft konnte aus der Recherche entnommen werden, dass bei unbeleuchteten Schutzwegen die Bereitschaft, FußgängerInnen queren zu lassen bei 37 % lag. Mit zunehmender

¹ KFV Kuratorium für Verkehrssicherheit 2015: Unfallrisiko-Benchmark Österreich;

<https://www.kfv.at/forschung/verkehrssicherheit/fachpublikationen/> [letzter Zugriff 22.11.2018]

Beleuchtung, im Fall der Studie Pilotprojekt Schutzweginitiative² durch eine dynamische LED-Beleuchtung mit zusätzlichen Lane Lights oder Wechselblinkern, konnte die Bereitschaft zum Anhalten auf 94 % gesteigert werden. Die Bremsbereitschaft an unbeleuchteten Schutzwegen war deutlich geringer, als bei den mit statischen oder dynamischen LED beleuchteten Schutzwegen. Ebenso zeigte sich in der Studie Highlight³, dass durch eine adaptive rötliche Beleuchtung im Annäherungsbereich an den Schutzweg, die Kfz-LenkerInnen ihren Bremsvorgang früher begannen, als bei einer herkömmlichen Beleuchtung.

Diese Erkenntnis stärkt den Forschungsbedarf des Projekts INGE insofern, da im Projekt eine verkehrsadaptive LED-Beleuchtung an einem ungesicherten Schutzweg (Use Case 2) oder einer geregelten Kreuzung (Use Case 3) konzipiert wurde, bei dem der Schutzweg stärker ausgeleuchtet wird, damit Kfz-LenkerInnen querende FußgängerInnen rechtzeitig wahrnehmen.

Geschwindigkeit

In Hinblick auf die Annäherungsgeschwindigkeit von Kfz-LenkerInnen stellte sich aus der Literaturrecherche heraus, dass eine angepasste Beleuchtung an Schutzwegen eine überhöhte Geschwindigkeit von Kfz-LenkerInnen minimieren kann. So reduzierten die Kfz-LenkerInnen, die mit einer überhöhten Geschwindigkeit gefahren sind z.B. in der Studie Highlight bereits bei einem ersten Erkennen des angebrachten Lichteffekts, der von einer adaptiven Beleuchtung im Annäherungsbereich des Schutzweges erscheint, ihre Geschwindigkeit. Dadurch zeigt sich, dass die Beleuchtung neben den Auswirkungen auf die Anhaltebereitschaft auch Auswirkungen auf die Geschwindigkeit von Kfz-LenkerInnen hat, was wiederum Grundlage zur Forschung für eine (adaptive) LED-Beleuchtung bietet.

Wahrnehmung von FußgängerInnen

Durch die Umstellung von herkömmlicher Beleuchtung auf LED-Beleuchtung an bestimmten Kreuzungsbereichen in Wien, zeigten sich in einer Untersuchung des ÖAMTC⁴, eine Steigerung in der Wahrnehmung von FußgängerInnen sowie eine grundsätzliche Steigerung der Sichtweiten im Kreuzungsbereich. Eine ausreichende Beleuchtung trägt somit zu einer Steigerung in der Verkehrssicherheit bei.

Zusammenfassend lässt sich aus den Erkenntnissen, die sich aus der Literaturrecherche ergeben haben, für das Forschungsprojekt INGE festhalten, dass eine (adaptive) LED-Beleuchtung an Schutzwegen positive Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit von FußgängerInnen und Kfz-LenkerInnen hat. Eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke von bereits vorhandener Beleuchtung, wirkt sich zusätzlich positiv auf die Anhaltebereitschaft von Kfz-LenkerInnen im Bereich von Schutzwegen aus.

Nutzerbefragung

² Vgl. Gatscha et al., 2014

³ Vgl. Schönauer et al., 2015

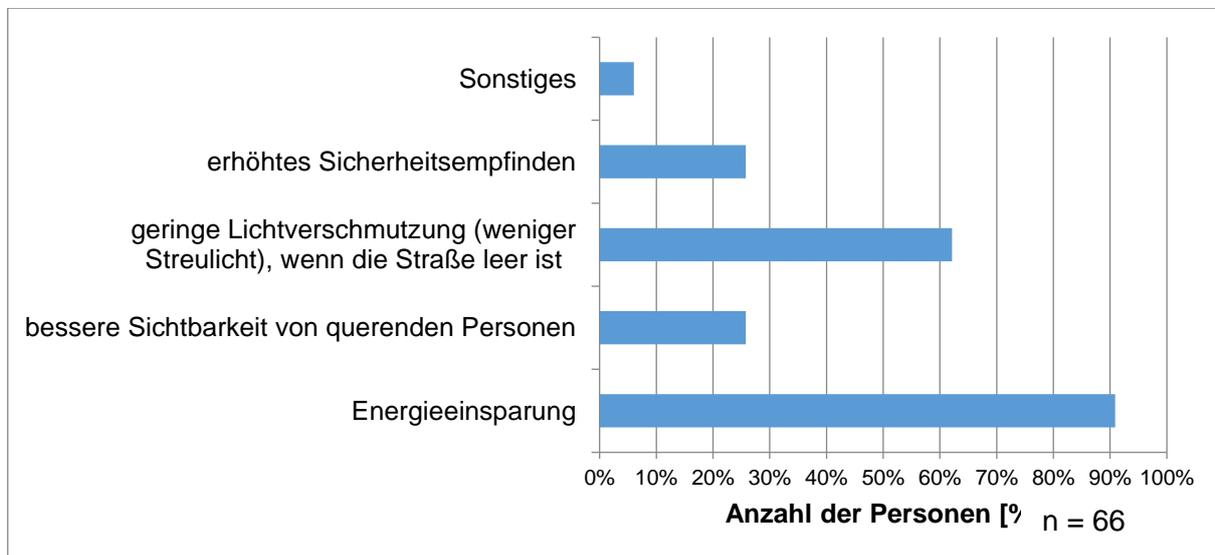
⁴ Vgl. ÖAMTC, 2015

Die Nutzer wurden in die für die Verkehrsinfrastruktur relevanten Nutzergruppen „Verkehrsteilnehmer“, „Entscheidungsebene: Planung, Betrieb, Wartung“ sowie „Entscheidungsebene: Finanzierung, Politik“ aufgeteilt und mittels Onlineumfrage (erste Nutzergruppe) und Experteninterviews befragt.

Online Umfrage

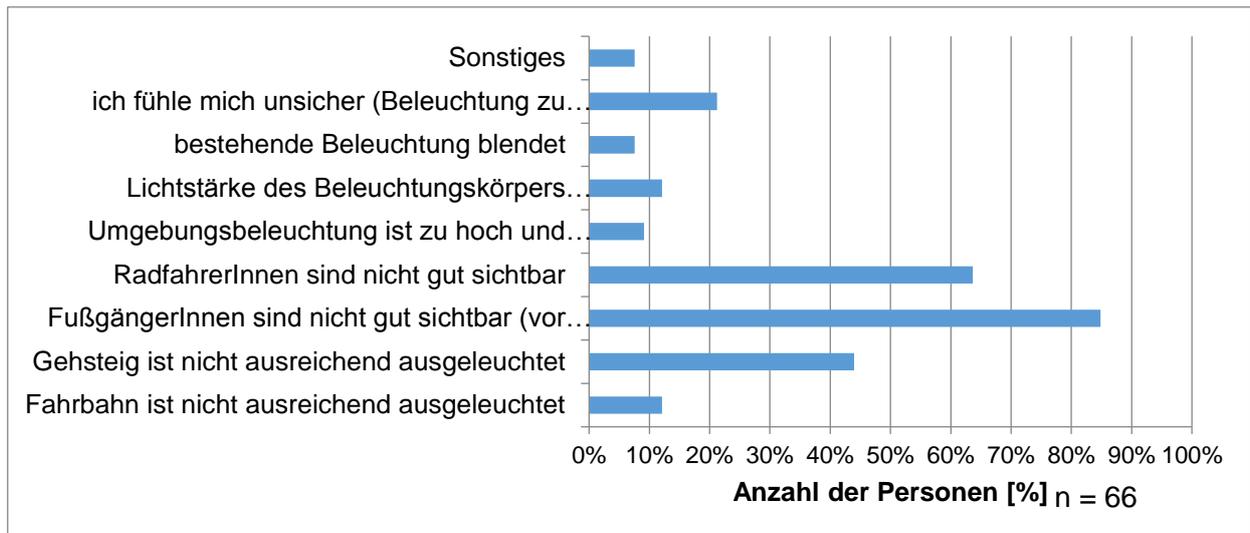
Aus der Auswertung der Ergebnisse der Online Umfrage lässt sich festhalten, dass die befragten Personen überwiegen zufrieden mit der derzeitigen Straßen- bzw. Straßenraumbelichtung (auf Straßen-, Geh-, Radwegen bzw. Fußgängerüberquerungen) an Kreuzungen in ihrem unmittelbaren Wohnumfeld sind, jedoch wird eine Energieeinsparung durch eine angepasste (verkehrsadaptive) Beleuchtung der Straßeninfrastruktur bei gleichbleibender Funktion von einem Großteil der Befragten (81 % - 84 %) als sinnvoll betrachtet. Besonders in der Energieeinsparung (91 %) und einer geringen Lichtverschmutzung (62 %) werden Vorteile einer angepassten Beleuchtung gesehen (siehe Abbildung 10).

Nachteile werden bei derzeitigen Beleuchtungen an Kreuzungen (siehe Abbildung 11) vor allem darin gesehen, dass FußgängerInnen (85 %) und RadfahrerInnen (64 %) schlecht erkennbar sind. Eine unzureichende Ausleuchtung von Gehsteigen wurde ebenso als Nachteil angegeben (44 %). Eine Senkung bzw. Anpassung der Beleuchtung an das Verkehrsaufkommen empfinden rund 74 % als sinnvoll. Die Nachteile der Nutzung einer anpassbaren Steuerung liegen laut der TeilnehmerInnen besonders in der schlechten Sichtbarkeit von FußgängerInnen (besonders bei dunkler Kleidung) und RadfahrerInnen, sowie einem verminderten Sicherheitsgefühl.



Quelle: Eigene Erhebung

Abbildung 10: Vorteile der Nutzung einer anpassbaren (verkehrsadaptiven) Beleuchtung bei Kreuzungen oder Übergängen



Quelle: Eigene Erhebung

Abbildung 11: Nachteile derzeitiger Beleuchtung von Kreuzungen

Interviews Entscheidungsebene

Auf Grund der Befragung von Vertretern unterschiedlicher Gemeinden, welche als direkte Planungs-, Errichtungs- und Wartungsorgane für Verkehrsinfrastruktur einen ganz besonderen Fokus auf diese Thematik mitbringen, konnten die folgenden Erkenntnisse erlangt werden:

- Die Planung bzw. der Umbau von Verkehrsflächen mit Signalanlagen werden in kleineren und mittleren Gemeinden vorwiegend in Zusammenarbeit mit der Landesbehörde durchgeführt., da die notwendigen Kompetenzressourcen nicht oder nur teilweise gemeindeintern vorhanden sind. Neben der Landesbehörde werden auch private externe Unternehmen, wie spezialisierte Ziviltechniker bzw. Ingenieurbüros mit der Planung und Ausschreibung bzw. Umsetzungsüberwachung betraut.
- Die Wartung und somit der störungsfreie Betrieb der Verkehrssignalanlagen erfolgt nicht durch die Gemeinde, sondern wird über Wartungsverträge mit Drittleistern sichergestellt.
- Der konventionelle Betrieb von Verkehrssignalanlagen, d.h. die Strombezugsaufwendungen, werden nicht extra erfasst bzw. gemessen, sondern erfolgen gemeinsam mit anderen Infrastruktureinrichtungen wie der öffentlichen Beleuchtung. Dieser Umstand ist mit der historischen Entwicklung der Infrastruktur und der vom Energieversorgungsunternehmen zur Verfügung gestellten Zählpunkte verbunden.
- Die Betriebs- und Wartungskosten die im Zusammenhang mit Verkehrssignalanlagen entstehen werden gemeindeintern nicht explizit ausgewiesen und müssten extra erhoben werden. Auf Grund dieser Ausgangslage lassen sich Energieeffizienzsteigerung durch den Einsatz von intelligenten Signalanlagen im Kreuzungsbereich für einen konkreten Anwendungsfall nicht einfach monetär beziffern, sondern bedürfen einer entsprechenden Vorarbeit.

Die Ergebnisse der Befragungen von Ansprechpartner der Niederösterreichischen und der Burgenländischen Landesregierung sowie der Stadt Wien zeigten, dass eine smarte Straßenbeleuchtung sehr positiv gesehen wird. Bei den Bodenprojektionen (rot) für die Fußgänger ist sicherzustellen, dass die anderen VerkehrsteilnehmerInnen nicht abgelenkt werden und dadurch keine Gefährdungen entstehen. Zielführend sind entsprechende Tests in Städten z.B. im Bereich vor Schulen.

Öffentlichkeitsarbeit

Im Zuge der INTERTRAFFIC in Amsterdam von 20.-23. März 2018 wurde das innovative Steuerungssystem X-Line, von dem wesentliche Teile das Sicherheitskonzept betreffend unter anderem im Projekt INGE erarbeitet wurden, erfolgreich einem geneigten Fachpublikum vorgestellt. Die präsentierten Prototypen wurden äußerst positiv aufgenommen und wertvolles Feedback konnte generiert werden.

Es erfolgte die Einreichung eines Abstracts des Projekt INGE bei der TRA (Transport Research Arena) 2018. Die TRA 2018 (Europas größte Verkehrsforschungskonferenz) fand im Zeitraum von 16.-19. April 2018 statt. Der Abstract wurde im März 2017 eingereicht und es wurde die Teilnahme von einem „Technical Poster“ bei der Veranstaltung zugesagt. Das Poster wurde erstellt und am 18. April und 19. April bei der TRA präsentiert.

In Gesprächen mit Gemeinden, Vertretern von Regionen und auch mit Planern im kommunalen Umfeld wurde das Projekt vorgestellt und versucht, Awareness für die Möglichkeiten und den Nutzen von intelligenter, vernetzter und integrierter Infrastruktur zu schaffen.

Im Zusammenhang mit dem Projekt entstandene und veröffentlichte Publikationen:

- Alireza Estaji, Marcus Meisel, Thomas Novak, Thilo Sauter; „Integrated Networked Streetlighting Infrastructure Simulation with Crossing as Use Case“, paper, IECON 2018, 21.-23. Oct. 2018, Washington, USA, 6 p.
- Alireza Estaji, Marcus Meisel, Sergey Golovkin, Thomas Novak, Klaus Pollhammer “INGE – intelligent intersection in the field of energy efficiency and traffic safety” invited poster, Smart Energy Systems Week Austria, 14.-18.Mai 2018, Wien
- Alireza Estaji, Marcus Meisel, Sergey Golovkin, Thomas Novak, Klaus Pollhammer „Energieeffiziente, intelligente Verkehrsinfrastruktur“, Microelectronic Systems Symposium, Band 91, GMS OVE, 12.-13.April 2018, Wien, p. 37, ISBB: 978-3-903249-01-1

5 Ausblick

Die INGE Ergebnisse haben sowohl in wirtschaftlicher als auch in wissenschaftlicher Hinsicht hohes Verwertungspotential. Die Projektpartner haben entsprechende Aktivitäten gesetzt, die auch über das Projektende hinaus weiterverfolgt werden. Die Ergebnisse von INGE wurden bereits bei zahlreichen Veranstaltungen im In- und Ausland präsentiert, bei denen neue Firmkontakte, als auch wissenschaftliche Kontakte zur Kollaboration an der Thematik geknüpft werden konnten.

Weitere wissenschaftliche Publikationen sind auch nach Projektende geplant.

Aus Sicht von SWARCO gibt es zwei wesentliche Ergebnisse aus diesem Projekt, bei welchem eine Fortführung und spätere wirtschaftliche Verwertung hohes Potential und neuartige Möglichkeiten aufzeigen kann.

- 1) Die neuartige Bustechnologie, welche bei der Kommunikation von Signalanlagenkomponenten (Verkehrssignal, Kreuzungskontroller, Sensorik) in diesem Projekt erstmalig getestet wurde, hat hohes Potential und eröffnet neue Möglichkeiten Komponenten an einer Kreuzung in die Verkehrsinfrastruktur einzubinden. Gerade zu diesem Konzept wurde sehr positives Feedback von Fachpublikum und Stakeholdern (INTERTRAFFIC Amsterdam) eingeholt und eine Fortführung der Entwicklung wurde beschlossen.
- 2) Das Potential mittels Messagebroker unterschiedliche (teils auch sicherheitskritische) Teilsysteme funktional miteinander zu verbinden ohne die jeweilige Systemintegrität zu stören, hat nach Ansicht relevanter Stakeholder ein noch nicht abschätzbares Potential im Bereich der Verkehrsinfrastruktur und auch zukünftig für so genannte Smart City-Konzepte und wird aus diesen Gründen auf alle Fälle weiterverfolgt werden.

Abgesehen von der nun beginnenden Verwertungsmöglichkeit der Ergebnisse nach Projektende, konnten bereits während der Projektlaufzeit einige herausragende Ergebnisse wissenschaftlich verwertet werden: Herr Alireza Estaji MSc. startete im Rahmen des Projektes INGE seine Dissertation und kann diese mit Ergebnissen die er durch Schaffung eines Simulationstools das er zur Modellierung der Energieeffizienz von Verkehrsinfrastrukturen erarbeitet hat erweitern. Das Dissertationsprojekt nutzt INGE bei dem Design der Infrastruktur der Zukunft, basierend auf Technologien der Zukunft, die bereits heute simuliert werden können.

Das Projekt INGE konnte weiter Master- und Bachelorstudierenden in diversen Lehrveranstaltungen vorgestellt und die Konzepte nähergebracht werden. Auch wurden zu INGE relevante Themengebieten Studierende mit aktuellen Forschungs- und Entwicklungsthemen ausgeschrieben und es werden derzeit noch eine Diplomarbeit in dem Themengebiet „Distributed Optimization in Electrical Grids – Validation of Real-Time Cyber-Physical System“ betreut.

Lehre: Ausgerechnet Elektrotechnik: Diese verpflichtende Lehrveranstaltung gibt hunderten StudienanfängerInnen einen Überblick zum Fachgebiet Elektrotechnik und zum Studium der Elektrotechnik und Informationstechnik. Besonders sicherheitskritische Infrastruktur, wie sie im Umfeld von INGE Thema ist, schafft bei Studierenden das notwendige Interesse und Durchhaltevermögen, das Studium abschließen zu können.

6 Kontaktdaten

ProjektleiterIn

Dr.Thomas Novak thomas.novak@swarco.com

SWARCO FUTURIT Verkehrssignalsysteme Ges.m.b.H

Verwaltung: Mühlgasse 86, A-2380 Perchtoldsdorf

T. +43-1-895-79-24-711 F. +43-1-894-21-48

Weitere Kooperationspartner

Technische Universität Wien, Institut für Computertechnik

Gußhausstrasse 27-29, 1040 Wien

<https://www.ict.tuwien.ac.at/>

nast consulting ZT GmbH für Verkehr- Umwelt- und Infrastrukturplanung

Lindengasse 38/17, 1070 Wien

<http://www.nast.at/>

Energy Changes Projektentwicklung GmbH

Obere Donaustraße 12/28, 1020 Wien

<http://de.energy-changes.com/>