

Schlussbericht

(Bibliothek des TIB Leibniz-Informationszentrum
Technik und Naturwissenschaften, Hannover)

Verbundname: Automatisiertes Ausleit- und Kontrollsystem zum Schutz
sanierungsbedürftiger Brücken

Akronym: Brückenwächter

Teilvorhaben: Entwicklung und Demonstration eines innovativen
Detektionssystems mit individueller Ansprache von Lkw-Fahrern

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Winfried Krux
Neurosoft GmbH
Kippekausen 52
51427 Bergisch Gladbach
Tel.: +49 2204 73965-100
winfried.krux@neurosoft.de

_____ am 12.06.2021

Verbundkoordinator:

Dipl.-Ing. Marcus Derbort
Referatsleiter
Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-
Westfalen
Referat für Betrieb und Verkehr
Betriebssitz Gelsenkirchen
Wildenbruchplatz 1
45888 Gelsenkirchen
Telefon: +49+209-3808-553
Telefax: +49+209-3808-380
marcus.derbort@strassen.nrw.de

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Zuwendungsempfänger: Neurosoft GmbH	Förderkennzeichen: 13N14536
Vorhabensbeschreibung: Automatisiertes Ausleit- und Kontrollsystem zum Schutz sanierungsbedürftiger Brücken (Brückenwächter) - Teilvorhaben: Entwicklung und Demonstration eines innovativen Detektionssystems mit individueller Ansprachemöglichkeit von Lkw-Fahrern	
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2017 – 30.09.2020	
Berichtszeitraum: 01.10.2017 – 30.09.2020	

Inhaltsangabe, Abbildungsverzeichnis

Inhalt

Inhaltsangabe, Abbildungsverzeichnis	2
1 Aufgabenstellung und Vorhabens-Voraussetzungen	7
1.1 Allgemein	7
1.2 Sicherheitsszenario – zivile Sicherheit.....	7
2 Stand der Wissenschaft und Technik -.....	8
2.1 Technischer und wissenschaftlicher Sachstand	9
2.2 angestrebte Innovationen	10
2.3 Bisherige Arbeiten des zum Zeitpunkt des Zuwendungsbescheides aktiven Forschungskonsortiums.....	11
2.4 Bestehende Schutzrechte (eigene und Dritter)	11
3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen – Verbundpartner, Verbundstruktur	12
3.1 Verbundpartner.....	12
3.2 Verbundstruktur	13
4 Planung und Ablauf des Vorhabens.....	14
4.1 Technischer Lösungsansatz	14
4.2 Arbeitsplan und Ablauf.....	15
5 Verwendung der Zuwendung	21
6 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse und andere Ereignisse, die Einfluss auf das Vorhaben hatten:	22
6.1 Allgemein	22
6.2 Systemanforderungen (entsprechend AP 1).....	23
i) Anforderungsanalyse (entsprechend AP 1.1).....	23
ii) Rechtliche Rahmenbedingungen und Kontrollsystem (entsprechend AP 1.2) 27	
iii) Lageermittlung (entsprechend AP 1.3).....	29
6.3 Maßnahmenkonzept (entsprechend AP 2)	33
i) Grundlagenstudie (entsprechend AP 2.1)	33

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

ii)	Erfassungskonzept, Detektionsrate, Datenbankdesign (entsprechend AP 2.2)	33
iii)	Ausleitkonzept (entsprechend AP 2.3)	35
iv)	Ahndungskonzept (entsprechend AP 2.4)	37
v)	Simulator-Studie (entsprechend AP 2.5)	38
6.4	Demonstrator (entsprechend AP 3)	38
i)	Erfassungstechnik (entsprechend AP 3.1)	40
ii)	Anzeigetechnik (entsprechend AP 3.2)	46
iii)	Kontrollsystem (technisch) (entsprechend AP 3.3)	49
iv)	Integration (entsprechend AP 3.4)	50
	Lokale Streckenstation je Messquerschnitt	50
	Erfassungsprinzip	51
	Detektionsgüte	54
	Allgemeines Datenbankdesign und Informationsverarbeitung	55
	Steuerung, Konsolidierung der Auswertungen	55
	Datenübertragung	56
	Latenzzeiten	56
v)	Energieversorgung (entsprechend AP 3.5)	58
vi)	Wissenschaftliche Begleitung (entsprechend AP 3.6)	63
vii)	Öffentlichkeitsarbeit (entsprechend AP 3.7)	63
6.5	Wirksamkeitsbetrachtung und Validierung (entsprechend AP 4 und 5)	70
i)	Video-Analyse	71
ii)	Laserscanner-Datenanalyse	77
iii)	Resumé	81
7	Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	82
8	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	82
9	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertungsplan	82
10	Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	83
11	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses	83
	LITERATURVERZEICHNIS	84

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Projektprinzip - kombiniertes Detektions- und Ausleitkonzept 15

Abbildung 2: Anforderungsdefinition System Brückenwächter 26

Abbildung 3: Konzeptionelle Autarkie der Erfassungsquerschnitte..... 28

Abbildung 4: Lage des Demonstrators 29

Abbildung 5: DTV und DTV_{sv} 30

Abbildung 6: Nähe zum Industriegebiet 30

Abbildung 7: Standort 31

Abbildung 8: Umleitungskonzept Wetter (Ruhr)..... 35

Abbildung 9: Beschilderungskonzept und Verortung der statischen und dynamischen Anzeigen..... 36

Abbildung 10: Eröffnung des Systems „Brückenwächter“ am 05.06.2020 39

Abbildung 11: Demonstratorfeld an der B234 und Überführungsbauwerk über die DB und Ruhr (Overwegbrücke) 39

Abbildung 12: Detektions- und Anzeigestandorte der dynamischen Verkehrszeichen 40

Abbildung 13: Kabelgebundene und funktechnische Versorgung der Detektions- und Anzeigestandorte..... 40

Abbildung 14: eingesetzter Laserscanner der Fa. SICK, Typ LMS 141 42

Abbildung 15: Prinzipabbildung von MQ 1 mit mittiger Montage der Detektoren auf einem Peitschenmast 43

Abbildung 16: MQ 1 mit fahrbahnmittiger Montage des Laserscanners und Videodetektor auf einem Peitschenmastausleger der mobilen Aufstellvorrichtung... 44

Abbildung 17: MQ 1 mit fahrbahnmittiger Montage des Laserscanners und Videodetektor auf einem Peitschenmastausleger der mobilen Aufstellvorrichtung (Rückseite) 44

Abbildung 18: Mobile Aufstellvorrichtung mit Peitschenmastausleger 45

Abbildung 19: statisches Verkehrszeichen ca. 300 m vor der Ausleitung (Prinzipbild) 46

Abbildung 20: statisches Verkehrszeichen ca. 300 m vor der Ausleitung (Realbild) 47

Abbildung 21: statisches Verkehrszeichen 100 m vor der Ausleitung 47

Abbildung 22: dynamische Wechselverkehrszeichen (mit frei programmierbaren Anzeigeflächen)..... 48

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Abbildung 23: dynamisches Wechselverkehrszeichen (mit frei programmierbarer Anzeigefläche) im Realbetrieb des Demonstrators.....	49
Abbildung 24: Standort des autarken Detektionsquerschnittes MQ 2 auf der Brücke nach dem ableitenden Knotenpunkt an der B234.....	50
Abbildung 25: Beispielbild des SW-Frontends der Videobilddatenanalyse.....	52
Abbildung 26: Erwartete Analysetiefe bei reiner Video-Detektion.....	52
Abbildung 27: Beispielbild einer Silhouetten-Interpretation eines Fahrzeuges aus Laserdaten.....	53
Abbildung 28: Erwartete Analysetiefe bei dualem Erfassungsprinzip aus Video- und Laserscanner-Detektion.....	54
Abbildung 29: Funktechnische Vermessung an allen Detektions- und dynamischen Anzeigestandorten.....	56
Abbildung 30: Ermittlung der Latenzzeit	57
Abbildung 31: Fahrzeuglängen.....	58
Abbildung 32: Muster von mobilen Aufstellvorrichtungen mit dynamischen Anzeigeelementen inkl. Photovoltaik-Anlage und Pufferbatterien auf dem mobilen Fundament	59
Abbildung 33: Fliegende Energieverkabelung für MQ 2	60
Abbildung 34: Fliegende Energieverkabelung für AQ 1 und 2.....	60
Abbildung 35: Prinzipbild zur fliegenden Energieverkabelung von LSA-SST zur Querung der B234	61
Abbildung 36: Prinzipbild zur fliegenden Energieverkabelung von LSA-SST zu MQ2, AQ 1 und 2	61
Abbildung 37: MQ 1 mit projektspezifischer Energieversorgung über eine Hausanschlußsäule	62
Abbildung 38: MQ 1 mit realisierter Energieversorgung über eine Hausanschlußsäule	62
Abbildung 39: Brückenwächter-Broschüre zur Eröffnung am 05.06.2020	64
Abbildung 40: Brückenwächter-Informationsblatt zur Eröffnung am 05.06.2020 – Seite 1	65
Abbildung 41: Brückenwächter-Informationsblatt zur Eröffnung am 05.06.2020 – Seite 2	66
Abbildung 42: Presse-Mitteilung Straßen.NRW zur Eröffnung am 05.06.2020 – Seite 1	67

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Abbildung 43: Presse-Mitteilung Straßen.NRW zur Eröffnung am 05.06.2020 – Seite 2	68
Abbildung 44: Presse-Mitteilung Ennepe-Ruhr-Kreis zur Eröffnung, 09.06.2020	69
Abbildung 45: Brückenwächter-Aktueller Beitrag im 6. Newsletter ITS Bavaria zur Eröffnung am 05.06.2020	70
Abbildung 46: Beispieldatensatz aus der ANPR-Analyse: 86 Ereignisse aus dem Zeitraum 26.06.2020, 13:08:50 Uhr bis 13:18:15 Uhr.....	72
Abbildung 47: Screenshot der Bedienungsoberfläche der ANPR-Analyse inkl. Bildokumentation für Kennzeichen EN-RD 8502 – 26.06.2020, 15:00:07 Uhr.....	73
Abbildung 48: Screenshot der Bedienungsoberfläche der ANPR-Analyse inkl. Bildokumentation für Kennzeichen EN-MP 686 – 27.06.2020, 14:15:33 Uhr	74
Abbildung 49: Screenshot der Bedienungsoberfläche der ANPR-Analyse inkl. Bildokumentation für Kennzeichen EN-Z 178 – 30.06.2020, 07:51:37 Uhr.....	74
Abbildung 50: Screenshot der Bedienungsoberfläche der ANPR-Analyse inkl. Bildokumentation für Kennzeichen BM-PF 2922 – 01.07.2020, 06:22:29 Uhr.....	75
Abbildung 51: Screenshot der Bedienungsoberfläche der ANPR-Analyse inkl. Bildokumentation für Kennzeichen PZ017PE (aus Serbien) – 02.07.2020, 07:32:40 Uhr.....	75
Abbildung 52: Screenshot der Bedienungsoberfläche der ANPR-Analyse inkl. Bildokumentation für Kennzeichen EN-VE 4381 – 26.06.2020, 15:00:07 Uhr.....	76
Abbildung 53: Screenshot der Bedienungsoberfläche der ANPR-Analyse inkl. Bildokumentation für Kennzeichen EN-Z 492 – 21.08.2020, 06:28:25 Uhr.....	76
Abbildung 54: Datensatz mit aktivierter MMR-Auswertung.....	77
Abbildung 55: Musterdatensatz am MQ1 – Laserscannerdaten Typs SICK LMS 141	78
Abbildung 56: Händisch fusionierter Datensatz am MQ1 – MMR-Analyse und Laserscanner-Daten	79
Abbildung 57: Neuanschaffung von SICK TIC 501 LiDAR-Scanner-Paketen inkl. Traffic-Controller.....	80

1 Aufgabenstellung und Vorhabens-Voraussetzungen

1.1 Allgemein

Das steigende Verkehrsaufkommen, insbesondere des Schwerlastverkehrs, sowie das zunehmende Alter der Brückenbauwerke führen inzwischen zu massiven Problemen im deutschen Straßennetz. Oftmals werden zum Schutz der Straßeninfrastruktur kurzfristig Durchfahrtsverbote eingerichtet, die jedoch ohne effektiver Ausleit- und Kontrolltechniken eine geringe Wirksamkeit aufweisen und zu massiven Verkehrsproblemen im betroffenen Netz führen. Insbesondere kommunale Straßenbaulastträger, die für den Großteil der Brückenbauwerke verantwortlich sind, stehen hier vor enormen Herausforderungen. Aufgabenstellung des Verbundvorhabens war es daher ein automatisiertes Kontroll- und Ausleitsystem zur Durchsetzung von Lkw-Durchfahrtsverbote zu entwickeln mit dem übergeordneten Ziel die gefährdete Infrastruktur zu schützen und die Versorgungssicherheit für die Bevölkerung dauerhaft aufrecht zu erhalten.

Hierzu war eine präzise Detektion von betroffenen Lkw mit Hilfe von intelligenten Videosystemen und Laser-basierten Verkehrsdetektionssystemen in Kombination mit einer effizienten Ausleitung durch adaptive Verkehrsbeschilderung zu entwickeln, wodurch die Brücke aktiv geschützt werden soll. Nicht zugelassene Fahrzeuge wurden detektiert und sofort individuell aufgefordert die Umleitungsstrecke zu nutzen. Darüber hinaus sollte ein weiterer kamera- und laser-basierte Detektionsquerschnitt die Einhaltung des Durchfahrtsverbotes kontrollieren und die rechtsverbindliche Ahndung ermöglichen. Durch den hohen Automatisierungsgrad des Systems waren sowohl die Betreiber der Infrastruktur als auch die polizeilichen Behörden zu entlasten.

Die Unvorhersehbarkeit der Brückenschäden benötigt zudem generell eine flexible Gestaltung des Gesamtsystems. Ein weiterer Bestandteil des Projektes war somit die Entwicklung von autarken Energieversorgungskonzepten und flexiblen Kommunikationsschnittstellen, wodurch eine kurzfristige und temporäre Inbetriebnahme ermöglicht werden kann.

1.2 Sicherheitsszenario – zivile Sicherheit

Die der Projektdefinition und -genehmigung zugrundeliegenden Prognosen gingen und gehen bis 2025 von Steigerungen in der Transportleistung auf den deutschen Straßen von 84 % aus mit mindestens einer Verdoppelung bis 2050. Des Weiteren ist weiterhin eine überproportionale Zunahme von Anträgen des genehmigungspflichtigen Schwerverkehrs zu beobachten. Brücken sind auf Grundlage von inzwischen weit überholten Bemessungslasten berechnet worden und zu einem Großteil sanierungsbedürftig (einen Großteil der Brücken stuft der Bund als „noch ausreichend“ bis „ungenügend“ ein).

Der zunehmende Erhaltungsbedarf hat jedoch nicht nur finanzielle Folgen, sondern er führt insgesamt auch zu einer Zunahme von Nutzungseinschränkungen, sowohl zustandsbedingt als auch aufgrund von Sanierungen. Aus dem prekären Zustand der Brückenbauwerke in Verbindung mit der starken und kontinuierlich steigenden Belastung ergeben sich unterschiedliche Risiken für die zivile Sicherheit. Einerseits kann ein hohes Schadensausmaß zu plötzlichem Versagen der Brücke führen und die Gefährdung der auf der Brücke sowie in der unmittelbaren Nähe der Brücke befindlichen Menschen mit sich ziehen. In anderen

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

europäischen Staaten hat sich gezeigt, dass das Versagen von Straßenbrücken in Verbindung mit unterführten Verkehrsnetzen zu verheerenden Katastrophen führen kann (Studenka, Tschechien 2008; Ponte Morandi in Genua, 14.08.2018; Brücke über den Fluss Magra, nahe der Kleinstadt Aulla an der Grenze zwischen Ligurien und Toskana am 08.04.2020)).

Über die unmittelbare Gefährdung durch den Zusammenbruch hinaus führt der vollständige Ausfall einer Brücke zu längeren Einsatzwegen der Rettungskräfte und auch zu weiterführenden Versorgungsengpässen. Ökonomisch betrachtet führen die mit den Brückenschäden verbundenen Sperrmaßnahmen zu hohen volkswirtschaftlichen Kosten, die sich aus hohen Reisezeitverlusten, hohem Stauaufkommen auf den Umgehungsstraßen und die Überlastung der Brücken entlang der Alternativrouten ergeben. Insbesondere Sperrungen von Brücken, die über Gewässer oder höherrangige Verkehrswege führen, müssen oftmals großräumig umfahren werden. Allein die Sperrung der Rheinbrücke Leverkusen auf der A 1 richtete zwischen Dezember 2012 und März 2013 einen volkswirtschaftlichen Schaden von etwa 80 Millionen Euro an [3]. 2015 wurden dann sogar so massive Schäden festgestellt, dass diese Brücke für alle Fahrzeuge mit einem zul. Gesamtgewicht von über 3,5 t gesperrt wurde. Die Umsetzung dieser Sperrung hat gezeigt, dass zum Schutz der Brücke ein reines Verbot, ohne begleitende Kontrollen durch die Polizei oder das BAG, nicht ausreichend ist. Trotz massiver Polizeipräsenz und -kontrollen fuhr noch etwa 3.000 Lkw täglich (Stand 2015) über die Rheinbrücke. Die personell und damit kostenseitig immens aufwendige, pausenlos aktive Kontrolle kann die Polizei alleine bzw. mit Unterstützung von Ordnungspersonal nicht mehr vollumfänglich nachkommen.

Mit dem Brückenwächter-System konnten zwei Sicherheitsszenarien deutlich adressiert werden: Ein Szenario, bei der die Knappheit der öffentlichen Ressourcen, insbesondere im kommunalen Bereich, zu einer Verzögerung der Sanierungsmaßnahmen führt und somit längere Sperrungen für Lkw mit einem bestimmten zulässigen Gesamtgewicht eingerichtet werden. Das andere Szenario repräsentiert die Notsituation bei sehr hohem Schaden, bei der üblicherweise eine Vollsperrung für Lkw vorgenommen wird.

Beide Szenarien sind mit immensem Aufwand seitens der Behörden (sowohl kommunale Verwaltung als auch die Polizei) verbunden.

Allgemeines Ziel muss es daher sein, dass innovative Maßnahmen zum Brückenschutz somit zu einer deutlichen Entlastung der Polizei führen können. Voraussetzung hierfür ist allerdings die Verfügbarkeit von Systemen, wie sie innerhalb dieses Projektes entwickelt werden konnten.

Übergeordnetes Ziel war dabei einen effizienten Beitrag zum Schutz der Bevölkerung bei der Umsetzung der individuellen Mobilität zu leisten und damit zu Aspekten der zivilen Sicherheit mit kollektiver Wirkung positiv beitragen zu können.

2 Stand der Wissenschaft und Technik -

Systeme zum Schutz der gefährdeten Infrastruktur für einen temporären sowie schnellen und flexiblen Einsatz waren zu Projektbeginn und sind es jetzt nach Beendigung des Projektes als etabliertes Gesamtlösungssystem nicht am Markt verfügbar. Geplant war daher die Umsetzung eines zweistufigen kombinierten Detektions- und Kontrollsystems, welches

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

zunächst ein Ausleitkonzept, mit Fokus auf den aktiven Schutz der Brücke, und dann ein nachgelagertes Ahndungskonzept beinhaltet.

2.1 Technischer und wissenschaftlicher Sachstand

Zur Verkehrsüberwachung und Detektion von verschiedenen Fahrzeugklassen sind in Deutschland verschiedene Sensoren auf Straßenbrücken installiert. Induktionsschleifen sind in der Lage eine Klassifizierung vorzunehmen, sodass eine Detektion von Lkw-ähnlichen Fahrzeugen ermöglicht wird. Auch durch Einsatz von Weight-In-Motion (WIM) Anlagen kann eine Klassifizierung anhand der gemessenen tatsächlichen Achslast vorgenommen werden. Diese Verfahren benötigen jedoch einen aufwändigen Einbau von Messtechnik in die Straße und sind daher für den temporären Einsatz mit kurzfristiger Inbetriebnahme nicht geeignet.

Eine weit verbreitete Technik der nicht invasiven Fahrzeugerkennung ist die Radartechnik. Diese bietet jedoch nur eine grobe Klassifizierung in Pkw- und Lkw-ähnliche Fahrzeuge mit geringer Klassifikationsgenauigkeit.

Optische Messtechniken ermöglichen eine zerstörungsfreie Verkehrserhebung und Klassifikation der Fahrzeuge. Besonders laserbasierte Lösungen ermöglichen eine präzise Detektion und Klassifikation von Fahrzeugen in bis zu 28 Klassen (z.B. SICK). Des Weiteren wurde die Detektion von Lkw im Zusammenhang mit Durchfahrtsverboten an Brücken auch durch LiDAR Sensoren realisiert. Laser- und Lidar-Sensoren können jedoch nur einen Hinweis auf eine Überschreitung des zugelassenen Gesamtgewichts liefern ohne dabei das genaue Fahrzeugmodell zu identifizieren, um das zugelassene Gesamtgewicht modellspezifisch zu überprüfen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bestehender Detektionsanlagen, die für Durchfahrtsverbote eingesetzt werden ist, dass diese Systeme nahezu ausschließlich zur polizeilichen Kontrolle genutzt werden. Für den effektiven Schutz der Brücke ist jedoch kein System bekannt, welches die betroffenen Fahrzeuge proaktiv ausleitet, um die Durchfahrt von Lkw zu verhindern und somit die Brücke zu schützen. Hierzu ist eine Kopplung einer schnellen Detektion mit einer adaptiven Beschilderung notwendig. Adaptive Aufschaltkonzepte wurden unter anderem im Forschungsprojekt „Sicheres Ausleiten des Verkehrs während einer BAG-Standkontrolle“ von der Bundesanstalt für Straßenwesen erarbeitet, wobei der Fokus in der Steigerung der Arbeitssicherheit von BAG-Kontrolleuren lag. In dem Projekt wurden keine automatisierten Verfahren für die Aufschaltung einzelner Ausfahraufforderungen entwickelt, sondern lediglich eine manuelle Aufschaltung durch das BAG-Personal ermöglicht. Aber auch hier wurden ausgewählte Fahrzeugführer individuell aufgefordert, die Fahrbahn zu verlassen.

Im Rahmen der Sperrung der Schiersteiner Brücke sind WIM-Anlagen für Klassifizierung und Detektion von Lkw mit Überschreitung des zugelassenen Gesamtgewichtes eingesetzt worden. Basierend auf dieser Detektion wurde eine automatische Ausfahraufforderung umgesetzt. Jedoch ist auch hier bei Missachtung des Verbotes eine manuelle Nachprüfung durchgeführt worden, die zu hohen Einschränkungen des Verkehrsablaufs geführt hat. Einerseits ist die manuelle Nachprüfung durch die Nutzung einer Schranke umgesetzt worden, wodurch der gesamte Verkehr bei gleichzeitiger Rund-um-die-Uhr Auslastung vieler Polizeibeamten gesperrt werden musste. Darüber hinaus mussten nach der manuellen Prüfung die betroffenen Lkw bis zu der davorliegenden Ausfahrt zurücksetzen, was zu weiteren Komplikationen im Verkehr geführt hat.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Das beschriebene Beispiel zeigt, dass eine nicht invasive, flexible und autarke technische Lösung durch Umsetzung dieses Projektes notwendig geworden ist, die gleichzeitig eine Entlastung der Behörden gewährleistet.

2.2 angestrebte Innovationen

Die in diesem Forschungsprojekt erreichten Entwicklungen greifen die oben genannten Defizite der Stand der Technik auf und ermöglichen durch innovative Lösungsansätze eine effiziente Maßnahme für den Schutz von Straßenbrücken. Insbesondere konnten im Forschungsprojekt anwenderspezifische Anforderungen adressiert werden.

Einerseits zeichnen sich die vor den Brücken eingerichteten Durchfahrtsverbote durch eine hohe Variation der benutzten Schwellwerte aus. So kann die Obergrenze des zugelassenen Gesamtgewichts von Brücke zu Brücke zwischen 3,5 t und 40 t liegen. Das im Forschungsprojekt entwickelte System nutzt dabei eine Technik, die auf Basis von Bilddatenauswertung eine genaue Identifikation der Fahrzeuge ermöglicht. Die Ergebnisse der echtzeitfähigen Auswertung beinhalten Kennzeichen, Fahrzeugklasse, Fahrzeugmarke und Fahrzeugmodell. Ursprüngliches Projektkonzept war insbesondere die Kenntnis des Fahrzeugmodells im Projekt mit einer hinterlegten Datenbank der modellspezifischen zugelassenen Gesamtgewichte kombinieren zu können. Die hohe Genauigkeit der Modellerkennung und die Aggregation mit einer Fahrzeugdatenbank stellte im ursprünglichen Projektkonzept eine hohe Innovation gegenüber dem Stand der Technik dar. Hierdurch werden flexible Schwellwerte für die Durchfahrtsverbote bei gleichzeitig niedriger Fehlalarm-Rate ermöglicht. Durch den videobasierten Ansatz des Verfahrens ist ein invasiver Eingriff in den Straßenoberbau nicht nötig.

Ein weiterer zu beachtender Aspekt der eingerichteten Durchfahrtsverbote ist deren kurzfristige Einrichtung. Nach Feststellung eines relevanten Schadens müssen innerhalb kürzester Zeit Maßnahmen zur Entlastung der Brücke ergriffen werden. Somit ergeben sich hohe Anforderungen an die Flexibilität, Mobilität und Autarkie des Systems. Hierzu wurden im Forschungsprojekt autarke Energiekonzepte, schnelle Konfiguration- und Einrichtungsmethoden und flexible Kommunikationsschnittstellen diskutiert und entwickelt worden. Für den flexiblen Einsatz des Systems spielen insbesondere kurze Detektions- und Aufschaltzeiten und schnelle Datenübertragungsmöglichkeiten über unterschiedliche Kommunikationskanäle eine besondere Rolle. Darüber hinaus muss das System einen modularen Zusammenbau aus einem Geräte-Pool ermöglichen, da die technische Lösung von Anwendung zu Anwendung angepasst werden muss. Diese Aspekte stellen eine weitere Innovation des Systems gegenüber bestehenden Systemen dar.

Nicht zuletzt war es Aufgabe im Forschungsprojekt neue verkehrsabhängige Ausleitkonzepte (Art der Ausfahrtaufforderung, Schaltzeiten und Standorte) aus psychologischer Sicht zu untersuchen, in einer Simulatorstudie zu erproben und durch eine Akzeptanzanalyse im Rahmen eines Demonstrators zu validieren, sodass im Bereich der Mensch-Maschinen-Interaktion eine weitere wichtige Neuheit entsteht, welche maßgeblich zum Schutz der Infrastruktur beiträgt.

2.3 Bisherige Arbeiten des zum Zeitpunkt des Zuwendungsbescheides aktiven Forschungskonsortiums

Das ursprüngliche Projektkonsortium bestand aus den Partnern:

- Stadt Duisburg
- Institut für Straßenwesen (isac- RWTH)
- Neurosoft GmbH

Allerdings musste aufgrund des Ausscheidens eines Projektpartners die Zusammensetzung des Forschungskonsortiums im Laufe des Projektes angepasst werden (vgl. hierzu Kap. 3, „Zusammenarbeit mit anderen Stellen“). Anstelle der Stadt Duisburg konnte der Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW) gewonnen werden.

Im Verwaltungsbereich von Straßen.NRW befinden sich ggü. dem ursprünglichen Projektpartner eine weitaus höhere Anzahl von unterschiedlich großen, unterschiedlich belasteten und in unterschiedlichem Zustand befindlichen Brücken. Dementsprechend konnte nach eingehender Anforderungsanalyse ein relevantes Brückenbauwerk als Demonstrator-Standort ausgewählt werden (vgl. hierzu Kap. 6.2.iii, „Lageermittlung“).

Das Institut für Straßenwesen (ISAC) hat in Abstimmung mit der Polizei Köln und der Stadt Köln im Rahmen einer Pilotstudie die Einsetzbarkeit eines Videosystems der Firma Neurosoft untersucht, welches u.a. schon in Deutschland, Polen und Belgien im Bereich Enforcement und Verkehrsdatenerfassung im Einsatz ist. Das System ist in der Lage fahstreifengenau zu erkennen, welche Fahrzeugarten den jeweiligen Fahrstreifen befahren. Es kann also die Fahrzeugart Lastkraftwagen und damit ein Verstoß identifizieren. Dabei wird eine mehrstufige Detektion eingesetzt, die nur auf Basis eines ersten Verdachts (verdachtsabhängige Strafverfolgung) die tatsächliche Video- oder Bildaufnahme durchführt. Im Vordergrund steht dabei das detektierte Fahrzeugmodell, dessen Größe und Position, die in Echtzeit gemessen werden. Das Institut für Straßenwesen hat in den Jahren 2013 und 2015 im Auftrag Polizeidirektion Köln die Wirksamkeit des Blitzmarathons untersucht. Die Arbeiten beinhalteten eine Akzeptanzanalyse der Geschwindigkeitsbeschränkung und die Ableitung von Empfehlungen für zukünftige Maßnahmen der Polizei. Zudem wurden unterschiedliche Ausleitkonzepte durch das ISAC im Rahmen des Forschungsprojektes „Sicheres Ausleiten des Verkehrs während einer BAG-Standkontrolle“ im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen entwickelt und bewertet. Dabei wurde mit Hilfe einer Probandenstudie im institutseigenen Fahrsimulator durch Vergleich relevanter Ausleitvarianten neue Erkenntnisse für LED-Beschilderungen erarbeitet, die einen wesentlichen Beitrag zur Arbeitssicherheit der BAG-Kontrollure bei gleichzeitiger Erhöhung der Befolgungsrate leisten konnten.

Aus den in den genannten Untersuchungen erarbeiteten Methoden konnten Grundlagen für die im Forschungsprojekt anstehende Akzeptanzanalyse der Durchfahrtsverbote abgeleitet werden.

2.4 Bestehende Schutzrechte (eigene und Dritter)

Es sind keine Schutzrechte Dritter bekannt, die der Entwicklung im Rahmen dieses Projektes entgegenstanden und -stehen.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Die Firma Neurosoft besitzt Schutzrechte bezüglich der Erfassung von Marke und Modell aus Videobildern. Hierzu wurde unter der Beantragungsnummer 13155331.5 die europäische Patentschrift EP 2750081 B1 mit dem Titel „A method for vehicle identification and a system for vehicle identification“ veröffentlicht. Darüber hinaus haben die Projektpartner keine relevanten eigenen Patente angemeldet.

3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen – Verbundpartner, Verbundstruktur

Wie oben bereits dargestellt bestand das ursprüngliche Projektkonsortium aus den Partnern:

- Stadt Duisburg
- Institut für Straßenwesen (isac- RWTH)
- Neurosoft GmbH

Allerdings musste aufgrund des Ausscheidens des ehemaligen Verbundkoordinators Stadt Duisburg die Zusammensetzung des Forschungskonsortiums im Laufe des Projektes angepasst werden. Der Widerruf des Zuwendungsbescheides am 22. Februar 2018 durch den ehemaligen Verbundpartner Stadt Duisburg machte es erforderlich, dass ein dem Verbundvorhaben entsprechender neuer Konsortialpartner gesucht und gefunden werden musste.

Mit dem Ausscheiden der Stadt Duisburg als Verbundkoordinator und potentiellen Anwender des Systems Brückenwächter, fokussierte sich zunächst die Arbeit auf die Akquirierung eines neuen Konsortialpartners und Anwenders. Mit einem Schreiben vom 14. Mai 2018 signalisierte der Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen die Beteiligung an dem Verbundprojekt und somit die Übernahme des Teilvorhabens der Stadt Duisburg. Mit der Wiederaufnahme der Arbeiten Mitte September 2018 wurde während der Zusammenarbeit mit dem Landesbetrieb ersichtlich, dass für diesen zunächst die Anforderungen an das System Brückenwächter neu definiert werden müssen. Folglich fokussierten sich ab Oktober 2018 die Arbeiten auf die Arbeitspakete AP 1.1 (Anforderungsanalyse) und AP 1.2 (Rechtliche Rahmenbedingungen). Das Ergebnis dieser Anforderungsanalyse war ein Anforderungskatalog für das System Brückenwächter, auf den aufbauend, die Verbundpartner die weiteren Arbeitspakete gemeinsam bearbeiten und den Demonstrator entwickeln sowie umsetzen können. Aufgrund der beschriebenen Problematik lag ein Verzug der wissenschaftlich-technischen Bearbeitung um ein Jahr vor.

3.1 Verbundpartner

Das neue Konsortium ab Oktober 2018 bestand folglich aus:

- Verbundkoordinator: Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW)
- Institut für Straßenwesen (isac- RWTH)
- Neurosoft GmbH

Das Institut für Straßenwesen Aachen (ISAC) der RWTH Aachen University ist seit Jahrzehnten für seine Grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung u. a. auf dem

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Fachgebiet der Straßenplanung, -betrieb und -verkehrstechnik anerkannt. Zur Abwicklung von Forschungsvorhaben verfügt das ISAC über entsprechende Abteilungen mit unterschiedlichen Schwerpunkten (z.B. Verkehrsplanung, Verkehrssicherheit). Forschungsthemen am ISAC sind auch Computer Vision Methoden und Systeme, die für die automatisierte Verkehrsdatenermittlung zum Einsatz kommen [6]. Um hier wissenschaftliche relevante Ergebnisse zu erzielen, werden Mitarbeiter mit softwaretechnischem Hintergrund beschäftigt, die sich auf die Implementierung geeigneter Algorithmen und Gesamtlösungen [4] im Bereich der videobasierten Verkehrsdatenerfassung auf Basis statischer Kameras spezialisiert haben [1]. Durch die Mitgliedschaft in dem Arbeitskreisen AK 3.2.9 „Videodetektion“ und AA 3.8 „Ausstattung und Betrieb von Straßentunneln“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV leistet das ISAC einen aktiven Beitrag zur Erarbeitung zukünftiger Richtlinien für die Ausstattung von Tunneln. Durch unterschiedliche Forschungsprojekte ist ein Softwareframework entstanden, welches durch eine hardwarenahe Programmierung bereits ermöglicht hat, Echtzeitsysteme für den genannten Bereich zu erproben. Zudem sind Mitarbeiter des ISAC in weiteren relevanten Arbeitskreisen der FGSV vertreten, wie z.B. AK 3.5.4 Sicherung von Arbeitsstellen, AA 3.4 Verkehrszeichen und –einrichtungen sowie der AK 3.5.10 zur Gestaltung von LED-Anzeigen.

Neurosoft ist im November 1992 als Spinn-off ehemaliger Mitarbeiter der Polytechnischen Hochschule und der Universität Breslau entstanden. Um den wachsenden Kundenkreis im deutschsprachigen Raum (DACH – Deutschland / Österreich / Schweiz) und im angrenzenden westeuropäischen Bereich besser betreuen zu können, wurde im Juni 2013 die Neurosoft GmbH mit Sitz in Bergisch Gladbach (Deutschland) gegründet. Zurzeit beschäftigt die Neurosoft GmbH Personen an den Standorten Bergisch Gladbach, Berlin und München. Der Firmenname leitet sich vom Ansatzpunkt aller bis jetzt entwickelten Technologien ab – von neuronalen Netzen. Künstliche Intelligenz als Kommunikationsmittel zwischen dem Menschen und der Maschine sowie ihre Anwendung in kundenorientierten Lösungen wurde zum Neurosoft-Markenzeichen. Dank dynamischer Forschungs- und Entwicklungstätigkeit entstand eine Reihe von technologischen Neuentwicklungen, die sich in Form anwendungsfertiger Produkte und Lösungen auf dem Markt durchgesetzt haben. Eine besondere Stellung nehmen dabei Applikationen aus dem Bereich Intelligente Transportsysteme (ITS) sowie Sicherheit im Straßenverkehr und Gütertransport ein. Neurosoft bietet auf dem europäischen Markt ein komplexes System für Detektion, eindeutige Identifizierung und Klassifizierung der Fahrzeuge in Straßenverkehr an (NeuroCar), das ausschließlich auf der Analyse von Videobildern basiert (ANPR/MMR). Zusätzlich werden Detektionssysteme auf Basis von Induktionsschleifen, Piezo- und Lasersensoren angeboten. Neurosoft begleitet Projekte im verkehrstechnischen Bereich über den gesamten Lebenszyklus, d.h. von Konzeption und Planung über Herstellung, Installation, Inbetriebnahme bis hin zu Wartung und Instandsetzung im Betrieb.

3.2 Verbundstruktur

Das Konsortium setzt sich aus drei Partnern zusammen, die jeweils ihre Anforderungen bzw. Kompetenzen in das Projekt einbrachten: Der Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW) fungierte als Anwender der geplanten Idee, das Institut für Straßenwesen der

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

RWTH Aachen übernahm die wissenschaftliche Begleitung und die Firma Neurosoft stellte den technischen Part des Projektes.

Der Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW) stand als Anwender des geplanten Systems im Fokus des Projektes. Verschiedene Abteilungen des Landesbetriebes haben sich in der Koordination, der Analyse von Anforderungen und der praktischen Umsetzung beteiligt. Ziel des Landesbetriebes war es, am konkreten Beispiel ein Ausleit- und Ahndungsverfahren zu demonstrieren und das Know-How in den eigenen Maßnahmenkatalog zum Schutz kritischer Infrastrukturen aufzunehmen. Als assoziierte Partner hatten auch nach der Neustrukturierung der Zusammensetzung des Projektkonsortiums sowohl die Polizei als auch das Innenministerium NRW ihre Unterstützung zugesagt.

Das ISAC fokussierte im Forschungsprojekt die wissenschaftliche Konzeption und Begleitung der notwendigen Entwicklungsschritte. Insbesondere hat das ISAC die Grundlagenstudie und die Konzeptentwicklung für die Ausleitmaßnahme durchgeführt sowie eine konkrete technische Auslegung der Ausfahrtaufforderung mit Hilfe einer Simulator-Studie erzielt. Des Weiteren führte das ISAC im Rahmen des Demonstrators die Validierung des Systems durch und hat bereits im Laufe des Projektes Empfehlungen für weitere Entwicklungsarbeiten und Einsatzmöglichkeiten erarbeitet.

Die Firma Neurosoft hat im Projekt die systemtechnische Realisierung des Detektions- und Ausleitsystems umgesetzt. Aufbauend auf den Anforderungen der Projektpartner wie bspw. Energieautarkie (soweit möglich), Mobilität des Systems usw. wurde ein Demonstrator erstellt und betrieben. Hierzu gehörte ebenfalls die Umsetzung der Softwareseitigen Anforderungen an den Demonstrator, wie z.B. Detektionssoftware, Kommunikation zwischen den Elementen oder Integration in zentrale Systeme. Zur Unterstützung der Firma Neurosoft im Bereich der heute bereits zum Stand der Technik gehörenden Ausstattung (Masten, Fundamente, Schilder) wurde ein Unterauftrag an Greenway Systems GmbH vergeben.

4 Planung und Ablauf des Vorhabens

4.1 Technischer Lösungsansatz

Der technische Lösungsansatz zum Schutz kritischer Brücken-Infrastruktur sieht ein kombiniertes Detektions- und Ausleitkonzept vor. Hierzu sind verschiedene Mess- und Anzeigequerschnitte zu realisieren. Einen Überblick über das ursprünglich geplante Systemkonzept gibt die folgende Skizze. Sie ist der Übersicht halber für eine zweistreifige Schnellstraße gezeichnet, das Konzept kann aber auch auf beengte, kleinere Straßenräume übertragen werden. Im Fall des Demonstrators wurden die relevanten Infrastrukturkomponenten an einem einspurigen Richtungsfahrbahnquerschnitt an der B234 in der Stadt Wetter (an der Ruhr) aufgebaut.

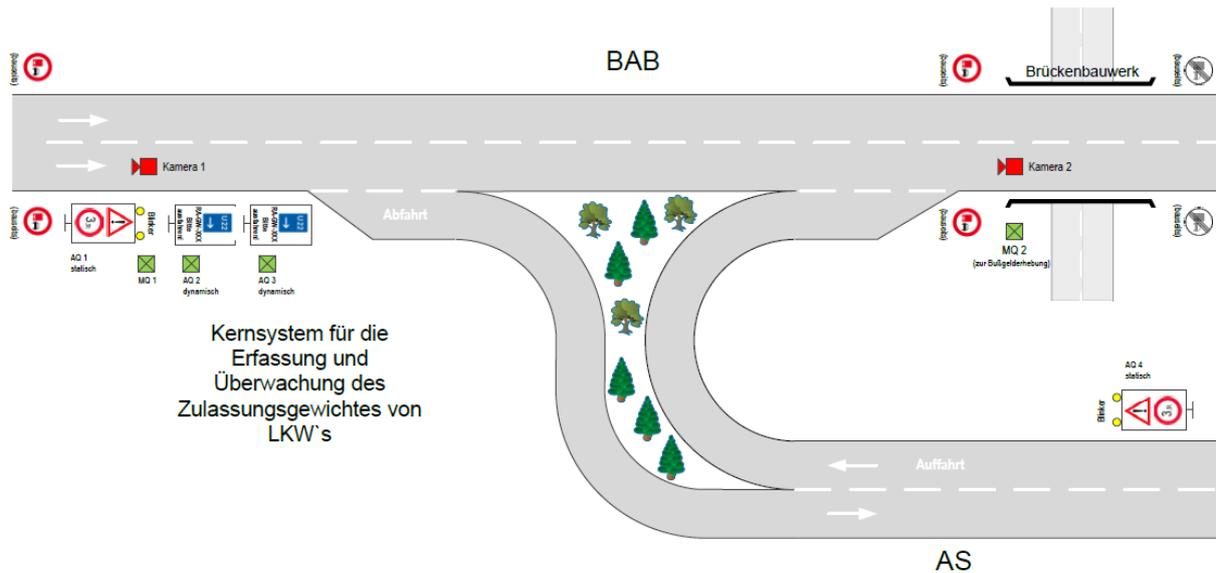


Abbildung 1: Projektprinzip - kombiniertes Detektions- und Ausleitkonzept

Die folgenden Elemente sind im Detektions- und Ausleitkonzept enthalten:

- AQ1: Statische Beschilderung der Schutzmaßnahme der Brücke (Begrenzung zulässiges Gesamtgewicht)
- MQ1: Detektion nicht zulässiger Kfz durch innovative, energieautarke Videosensorik
- AQ2/AQ3: Variable LED-Tafel zur individuellen Ansprache potentieller Verstoßkandidaten
- MQ2: Detektionsquerschnitt zur Aufnahme nicht zulässiger Kfz, die die Ausfahranweisung missachtet haben als Grundlage für eine Ahndung

Das System wurde so geplant, dass es schnell und flexibel einsetzbar ist. Hierzu waren technische Kernaufgaben wie Energieautarkie (Solar/Brennstoffzelle), drahtlose Kommunikation und Automatisierung der Betriebsvorgänge zu lösen.

4.2 Arbeitsplan und Ablauf

Im realisierten Forschungsprojekt waren 5 Arbeitspakete über die gesamte Laufzeit des Projektes definiert:

- AP 1: Systemanforderungen
- AP 2: Maßnahmenkonzept
- AP 3: Demonstrator
- AP 4: Wirksamkeitsbetrachtung
- AP 5: Validierung

Die inhaltliche Beschreibung der jeweiligen Arbeitspakete gliederte sich folgendermaßen:

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

AP 1 Systemanforderungen

In diesem AP wurden die Arbeitsschritte zusammengefasst, die eine optimale Anpassung des Ausleitsystems an die Anforderungen der konkreten Anwendung gewährleisten. Das Ergebnis des Arbeitspaketes war die Dokumentation der technischen, rechtlichen und organisatorischen Voraussetzungen, die als Grundlage für die Auslegung des Systems und somit als Übergabepunkt zum Arbeitspaket 2 dienen.

AP 1.1 Anforderungsanalyse

Durch die grundlegende Analyse der Anwendung konnten die Belange von Straßen.NRW als Anwender des Systems Berücksichtigung finden, die über die Spezifikation der zu erzielenden Ergebnisse auch die erwarteten räumlichen und technischen Rahmenbedingungen und Grundvoraussetzungen, welche den Einsatz und die Gestaltung des Systems eingrenzen, abgebildet haben.

AP 1.2 Rechtliche Rahmenbedingungen

In diesem Arbeitspaket wurden die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Gestaltung und den Einsatz des Ausleit- und Kontrollsystems untersucht. Hierbei spielte insbesondere der datenschutzrechtliche Aspekt für die konkrete Auslegung der Anlage eine wichtige Rolle. Darüber hinaus sind auch die rechtlichen Bedingungen in Bezug auf die Möglichkeiten des Betriebs durch den Landesbetrieb und der Automatisierungsgrad bei der Ahndung von Verstößen geprüft worden. Der Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW) hatte hierbei über die Beauftragung einer Rechtsanwaltskanzlei die notwendigen Recherchen durchführen lassen, wobei das ISAC die Erfahrungen aus bereits abgeschlossenen und in Bearbeitung befindlichen Projekten im Bereich videobasierter Verkehrsdatenerfassung und automatisierter Ahndung ebenso eingebracht hat. Die Firma Neurosoft hatte zudem die technisch-algorithmischen Möglichkeiten zur Einhaltung der datenschutzrechtlichen Aspekte untersucht und dokumentiert.

AP 1.3 Lageermittlung

Die konkrete Gestaltung des Systems und die Implementierung eines Demonstrators erfordert die präzise Kenntnis der räumlichen und technischen Gegebenheiten am Standort einer ausgewählten Brücke. Hierbei wurden durch den Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW) die möglichen Anwendungs-Orte verifiziert und ein geeigneter Standort in der Stadt Wetter an der Ruhr konnte als Demonstrator-Standort identifiziert werden. Mehrere Ortsbegehungen hatten zur genauen Spezifikation der Erfordernisse an diesem Standort mit den Beteiligten stattgefunden.

AP 2 Maßnahmenkonzept

Dieses Arbeitspaket baut auf die Ergebnisse des vorherigen Arbeitsschrittes auf und beinhaltet eine systematische Erarbeitung der System- und Komponentenauslegung.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

AP 2.1 Grundlagenstudie

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes wurden am ISAC die Grundlagen zu Detektionsverfahren und Ausleitkonzepten untersucht und dokumentiert. Zudem wurden Methoden zur Variantenprüfung und Möglichkeiten der Probandenstudie im institutseigenen Fahrsimulator analysiert.

AP 2.2 Erfassungskonzept

In Zusammenarbeit der Konsortialpartner wurde hier das Konzept der Detektion von betroffenen Lkw erarbeitet werden. Dabei sollte die für die Modellerkennung notwendige Algorithmik in Bezug auf Genauigkeit und Echtzeitfähigkeit untersucht und die notwendigen technischen Lösungsansätze festgelegt werden. Eine Ankopplung der Modellerkennung mit einer hinterlegten Datenbank der spezifischen zugelassenen Gesamtgewichte sollte so konzipiert werden, dass über die Robustheit der Detektion hinaus auch eine minimale Detektionszeit erzielt werden kann. Darüber hinaus wurde der ergänzende Einsatz zusätzlicher Sensorik wie Laserscanner oder Seitenkameras in Betracht gezogen, wenn zusätzliche Informationen für das Ausleitkonzept benötigt werden.

Allerdings musste aufgrund der relevanten Ergebnisse der rechtlichen Rahmenbedingungen das systemische Konzept vollends überarbeitet werden, da der geplante Datenabgleich mit einer in einer Datenbank hinterlegten Datenhaltung nicht mit dem Datenschutzkonzept vereinbar war.

AP 2.3 Ausleitkonzept

Für eine hohe Befolgungsrate der Ausfahrtaufforderung spielt die Konzeption der Ausleitung eine besondere Rolle. In diesem Arbeitspaket wurden unterschiedliche Ausleitkonzepte mit Einbezug der rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen in Form eines Variantenkataloges erarbeitet. Das ISAC hatte dabei in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern Workshops für den Entwurf neuer Beschilderungen, Standortwahl und räumliche Auslegung des Systems durchgeführt. In Anlehnung an das Gesamtziel des Projektes, die kritische Infrastruktur zu schützen, war stets die Erzielung einer möglichst hohen Akzeptanz im Fokus der Arbeiten gestanden. Die Ergebnisse wurden als Grundlage für eine Probandenstudie genutzt.

AP 2.4 Ahndungskonzept

In diesem Arbeitspaket wurden die Möglichkeiten für das im System integrierte Bußgeldverfahren analysiert. Dabei war ein Entwurf erarbeitet worden, welcher den Grad der Automatisierung unter Einbezug des rechtlichen Rahmens ausschöpft, um den Aufwand des Betriebes der Anlage seitens der öffentlichen Behörden zu minimieren.

AP 2.5 Simulator-Studie

Die in den vorherigen Arbeitspaketen erarbeiteten Varianten für die Ausleitung von betroffenen Lkw wurden im Rahmen dieses Arbeitspaketes gegenübergestellt. Hierzu konnte auf den am ISAC entwickelten und betriebenen Fahrsimulator zurückgegriffen werden. Im Fahrsimulator des ISAC ist es möglich, reale Strecken nachzubilden und diese mit neuartigen Infrastrukturelementen zu versehen. So konnten in der virtuellen Umgebung unterschiedliche Ausfahrtaufforderungen abgebildet werden, indem Inhalt, Größe, Standort sowie der Abstand zu anderen Elementen variiert wurden. Im Rahmen der Probandenstudie konnte sodann durch

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Veränderung der Verkehrszustände und Geschwindigkeiten die optimale Variante der Ausleitung ermittelt werden. Die Entwicklung der realitätsnahen, virtuellen Umgebung und die Probandenstudie wurden durch das ISAC durchgeführt.

AP 3 Demonstrator

Hier wurden mit Hilfe der Ergebnisse aus den Arbeitspaketen 1 und 2 die theoretischen Grundlagen und entworfenen Konzepte im Rahmen eines Demonstrators umgesetzt. Der Demonstrator bestand aus folgenden Komponenten: Statische Beschilderung des Durchfahrverbotes, erster Messquerschnitt mit Detektion der unerlaubten Lkw, zwei aufeinanderfolgende dynamische Anzeigequerschnitte zur Ausfahrtsaufforderung sowie ein zweiter Messquerschnitt auf bzw. hinter der Brücke als Kontrollelement.

AP 3.1 Erfassungstechnik

Die Firma Neurosoft hat in diesem Arbeitspaket den Messquerschnitt für die Detektion der Lkw technisch vorbereitet und an die Anwendung angepasst. Dabei standen insbesondere die Konzeption und das Trainieren des Netzwerkes zur Erkennung des Lkw-Modells in Vordergrund. Darüber hinaus wurde besonderer Wert auf die Echtzeitfähigkeit des Systems geachtet, sodass ein Rund-um-die-Uhr Betrieb der Anlage ermöglicht war. Das ISAC hätte in diesem Arbeitspaket den Aufbau und die Anbindung an eine Lkw-Modell-Datenbank mit hinterlegten zugelassenen Gesamtgewichten übernommen. Allerdings konnte durch die rechtlichen Voraussetzungen und der Restriktionen der Datenschutzaspekte der Aufbau einer diesbezüglichen Datenbank nicht realisiert werden.

AP 3.2 Anzeigetechnik

Die dynamischen Anzeigetafeln wurden anhand der Ergebnisse aus der Simulator-Studie in das Demonstrationssystem integriert. Dabei konnten die Möglichkeit zur automatisierten Informationsdarstellung anhand der Datensätze aus der Detektionseinheit umgesetzt und getestet werden. Im Demonstrator wurden die Anzeigequerschnitte an den festgelegten Standorten aufgebaut und die notwendigen Kommunikationsschnittstellen umgesetzt. Die Autarkie und Flexibilität der Anzeigekomponenten konnte demonstriert werden. Allerdings konnte man aufgrund der sehr positiven Nebenbedingungen im Testfeld (Vorhandene Stromversorgung bzw. leicht zu erzeugende Stromversorgung) im Sinne der permanenten Verfügbarkeit der Detektions- und Anzeigetechnologie auf die Stromversorgung aus alternativen Quellen (z.B. über Solarzellen, Brennstoffzellen u.a.) verzichten.

AP 3.3 Kontrollsystem

Mit Hilfe eines zweiten Messquerschnitts sollten die Ziele des Forschungsprojektes erreicht werden. Zum einen hätte im Rahmen des Vorhabens die Befolungsrate des Gesamtsystems validiert werden können, sodass eine quantitative Beurteilung der Maßnahme ermöglicht worden wäre. Dies musste dementsprechend durch personellen Einsatz auf Seiten des Projektpartners isac erreicht werden. Zum anderen hätte mit Hilfe des zweiten Messquerschnittes das Bußgeldverfahren demonstriert werden sollen. Die Firma Neurosoft hätte hierzu ein sicheres Matchingverfahren von Datensätzen zwischen den zwei Messquerschnitten entwickeln sollen, sodass nur im Falle einer Missachtung der Anzeigequerschnitte eine Ahndung eingeleitet worden wäre. Aufgrund der Ergebnisse der

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

rechtlichen Untersuchung des Datenschutzkonzeptes konnte kein Matchingverfahren auf Basis zwischengespeicherter Datensätze entwickelt werden.

AP 3.4 Integration

Die in den vorherigen Arbeitspaketen entwickelten und vorbereiteten Komponenten wurden im Rahmen dieses Arbeitspaketes zu einem Gesamtsystem integriert. Hierbei spielte vor allem die richtige Konfiguration der Energieversorgung und die Umsetzung einer robusten Kommunikation zwischen den Komponenten eine herausragende Rolle. Eine Herausforderung stellte insbesondere die gezielte, individuelle Ansprache einzelner Verkehrsteilnehmer über LED-Tafeln dar (Eindeutigkeit, Identifikation, Latenz). Zudem mussten die einzelnen, ein Einzelfahrzeug betreffenden, Detektionen und Schaltungen zu einem zweifelsfreien Datensatz zusammengeführt werden, um eine vollständige Dokumentation der Verstöße nachzuweisen. Die notwendigen Integrationschritte vor Ort und in der Zentrale wurden durchgeführt und getestet.

AP 3.5 Energieversorgung

Eine hohe Innovation des Brückenwächter-Systems ergibt sich aus der Flexibilität und Mobilität der Komponenten, sodass eine kurzfristige Inbetriebnahme der Gesamtlösung ohne großen Eingriff in die bestehende Infrastruktur möglich ist. Hierzu wurden in diesem Arbeitspaket die einzelnen Komponenten bezüglich ihrer Stromaufnahme untersucht und konkrete Energieversorgungselemente für die Verwendung diskutiert. Im Rahmen des Demonstrators konnte aufgrund der vorhandenen permanenten Stromversorgung ein sicherer Betrieb gewährleistet werden.

AP 3.6 Wissenschaftliche Begleitung

Das ISAC hat die Demonstrationsphase durch Erhebung von Daten zur Benutzerfreundlichkeit, Funktionalität und Genauigkeit des Systems wissenschaftlich begleitet. Überdies konnten auch Daten gesammelt werden, die zumindest Befolgungsraten durch die Fahrer ermöglichten.

AP 4 Validierung

In diesem Schritt wurden die Komponenten getrennt bezüglich Ihrer Funktionsfähigkeit, Reaktionszeit und Robustheit untersucht. Die videoseitigen Detektionseinheiten konnten in Bezug auf deren Sensitivität und Fehl-Alarm-Rate beobachtet werden. Mit Hilfe des zweiten Messquerschnittes hätten gem. ursprünglichem Konzept über einen Zeitraum von mehreren Monaten Kenngrößen zur Genauigkeit des Systems und Befolgungsraten seitens der Fahrer abgeleitet werden sollen. Darüber hinaus konnten nur qualitative Empfehlungen für die weitere Entwicklung und Optimierung in Bezug auf die Benutzerfreundlichkeit und Funktionalität des Systems abgeleitet werden. Grundlage dieser Auswertungen waren die im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Demonstrators real gesammelten Daten.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

AP 5 Projektkoordination

Dieses projektbegleitende Arbeitspaket befasste sich mit der Koordination des Forschungsprojektes, mit der Organisation von Workshops und Standortbegehungen sowie der übergeordneten Planung und Abstimmung mit den assoziierten Partnern und anderen Behörden die einen Beitrag zum Forschungsprojekt leisten konnten.

ABSCHNITT II:

Darstellung der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses

5 Verwendung der Zuwendung

Das Projekt „Brückenwächter“ hat generell zum Ziel, ein schnell installierbares verkehrstelematisches System zur Verhinderung von unerlaubten Lkw-Überfahrten über Brücken in einem kritischen Zustand zu etablieren. Wenn die beschriebenen technischen und wirtschaftlichen Risiken eingegrenzt und minimiert werden können, wird ein hoher Nutzen in der jeweiligen Verwertung erzielbar sein.

Im Rahmen des Projektes konnten die jeweiligen Zuwendungen verwendet werden, um im Rahmen des Demonstrators folgenden Nutzen abzubilden:

Der Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW) verhinderte an einer konkreten Brücke in der Stadt Wetter an der Ruhr die Überfahrt unerlaubter Lkw. Konkret entstanden daher die aufgezeigten volkswirtschaftlichen Vorteile der Betriebs- und Versorgungssicherheit durch ungehinderte Befahrung des relevanten Streckenabschnittes über die Brücke für zugelassene Fahrzeuggewichtsklassen sowie die betriebswirtschaftlichen Vorteile für die zeitlich und organisatorisch (technisch, funktional, betrieblich) erheblich verbesserte Disposition der Sanierung des Brückenquerschnittes. Darüber hinaus konnten für zukünftige Maßnahmen zusätzliches Wissen aufgebaut und vertieft werden, in welcher Form Umleitungskonzepte auch für den Wirtschaftsverkehr effizient zu entwickeln und umzusetzen sind.

Für die Firma Neurosoft stand die kommerzielle Verwertung des Projektes im Vordergrund, indem das System „Brückenwächter“ (Anzeige- und Detektionsquerschnitte, dynamische und statische Umleitungsbeschilderung) in das Portfolio der Firma aufgenommen werden soll. Konzeption, Aufbau, Betreuung und Abbau der Anlagen kann auch zukünftig als Dienstleistung (kundenorientierte Telematiklösung) angeboten werden. Die Entwicklung eines marktfähigen Produktes parallel zum Forschungsvorhaben konnte zeitlich nicht synchron abgebildet werden, wird aber weiter vorangetrieben. Erst mit marktfähig etabliertem Lösungsprodukt werden erste kommerzielle Anwendungen möglich sein. Der „Brückenwächter“ wird über die vorhandenen Vertriebswege vermarktet. Dies bedeutet entsprechende Begleitung mit Kundenansprachen, Werbematerial, Messeauftritten, Werbeanzeigen und Kongressbeiträgen. Basierend auf den durch die seit 2019 herrschenden pandemischen Einschränkungen in der vertrieblichen Vermarktung von telematischen Lösungen konnte der zum Zeitpunkt der Projektbeantragung prognostizierte Umsatz auf der Basis des damals abgeschätzten Marktpotential mit dem „Brückenwächter“-System nicht erwirkt werden. Auch zum jetzigen Zeitpunkt ist eine seriöse Umsatzerwartungsplanung nicht möglich.

Das Institut für Straßenwesen der RWTH Aachen University wurde die wissenschaftliche Verwertung des Forschungsvorhabens in Form von Veröffentlichungen des Systemansatzes und der wissenschaftlichen Begleituntersuchungen in wissenschaftlichen Fachbeiträgen und auf nationalen und internationalen Kongressen (z.B. „Aachener Straßenbau- und Verkehrstage“, etc.) durchführbar. Darüber hinaus konnte einem wissenschaftlichen Mitarbeiter die Gelegenheit gegeben werden, Ergebnisse des Projektes als Teil seiner Dissertation zu nutzen. Über den Einsatz studentischer Hilfskräfte konnte dem

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

wissenschaftlichen Nachwuchs die Möglichkeit eröffnet werden, bereits während des Studiums an Forschungsprojekten mitzuarbeiten.

Zusammenfassende Darstellung der Arbeitsinhalte der Neurosoft GmbH im Verbundprojekt:

Die konkreten Arbeitsinhalte der Neurosoft GmbH werden nachfolgend zusammengefasst und dargelegt:

Die grundlegende Idee zum „Brückenwächter“ entstand aus dem Erfahrungsbild der Neurosoft GmbH und den in verschiedenen Gesprächen mit den Kunden der Neurosoft GmbH identifizierten Anforderungsbedarfen. D.h. dass das grundlegende Konzept zur Definition eines verkehrstelematischen Lösungssystems durch wesentliche Beiträge der Neurosoft GmbH entstanden ist. Das primäre Lösungskonzept entstand entsprechend des primären Geschäftsgedankens der Neurosoft GmbH zur Erzeugung einer kundenorientierten Systemlösung. Im fachlichen Dialog mit unseren Konsortialpartnern der RWTH konnte das Konzept wissenschaftlich untermauert werden. Im Dialog mit dem Subunternehmer, Fa. Greenway Systems, der Neurosoft GmbH ist der Arbeitstitel „Brückenwächter“ entstanden und somit konnte sich auch der Produkttitel „Brückenwächter“ bei Neurosoft GmbH etablieren. Die Lösungsumsetzung, also die technische Definition als auch die systemische Arbeit zur Realisierung des Gesamtsystems war ebenso auf Seiten der Neurosoft GmbH definiert. Erklärtes Ziel war und ist die Erzeugung des Realsystems „Brückenwächter“. Ergänzt durch die Koordinationsarbeiten im Zuge der Realumsetzung konnte der Auf- und Abbau des Systems maßgeblich von Neurosoft GmbH geprägt werden.

6 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse und andere Ereignisse, die Einfluss auf das Vorhaben hatten:

6.1 Allgemein

In Anlehnung an die Gesamtaufgabenstellung ist es wichtig an dieser Stelle noch einmal die Systemfunktionalität und die Anforderungen zusammenzufassen.

Systemfunktionalität:

- Detektion von Fahrzeugen, die ein zulässiges Gesamtgewicht (zGG) an spezifischen Grenzen überschreiten, das im Rahmen einer Brückenschutz-Maßnahme angeordnet wurde.
- „Weiche“ Beeinflussung der Fahrer dieser Fahrzeuge über Wechselverkehrszeichen in der Art, dass auf ein potenziell ordnungswidriges Verhalten hingewiesen und die Aufforderung zum Ausfahren gegeben wird.
- Überprüfung, ob der Aufforderung nachgekommen ist, auf Höhe des Brückenbauwerkes.
- Erfassung von Eingangsdaten für ein potenzielles Ordnungswidrigkeitsverfahren.

Ziel dieses Verbundprojektes und des zu entwickelnden systemischen Konzeptes Brückenwächter ist die Etablierung einer Systemlösung, welche flexibel, kosteneffizient und

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

schnell einsatzbereit ist. Folglich umfasst das System Brückenwächter die nachfolgenden Eigenschaften umfassen:

Allgemein:

- Flexible und schnelle Einsatzfähigkeit auf allen Straßenkategorien.
- Minimierung der Notwendigkeit von Polizeikontrollen für die Durchsetzung von Überfahrverboten an Brücken durch eine automatisierte Ahndung.
- Unterstützung der kollektiven Beschilderung durch eine individuelle und direkte Ansprache des Fahrers eines Kraftfahrzeuges, dessen Befahrung eines Brückenbauwerks durch das Verkehrszeichen 251 oder dem Verkehrszeichen 253 untersagt wird.
- Ableitung des an der Weiterfahrt gehinderten Fahrzeugs im Zulaufbereich der Brücke auf eine nahräumige Umleitungsstrecke.

Technisch:

- Detektion des zulässigen Gesamtgewichtes.
- Nichtinvasiver Lösungsansatz, durch eine Erfassung der Fahrzeuge mittels temporär installierter Sensorik am Seitenrand des Straßenkörpers und/oder über dem Straßenkörper.
- LED-Anzeigen zur individuellen Ansprache.

6.2 Systemanforderungen (entsprechend AP 1)

i) Anforderungsanalyse (entsprechend AP 1.1)

Wie eingangs bereits dargestellt wurde durch den Wechsel des Konsortialpartners Stadt Duisburg auf den neuen Konsortialpartner Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW) bereits im ersten Bearbeitungsjahr des Projektes die Bearbeitung des AP 1.1 „Anforderungsanalyse“ zeitlich und inhaltlich deutlich beeinflusst. Letztlich konnten aber im Rahmen eines gemeinsamen Workshops am 11. Dezember 2018 im Betriebssitz des Landesbetriebes Straße.NRW die Anforderungen an das System Brückenwächter ausgearbeitet werden, die nachfolgend abgebildet sind.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Thema	Erläuterung/Kommentar
Zeitraum des Demonstrators	
Validierungsphase	Mindestens drei Monate, Berücksichtigung der Sommerferien Geplanter Demonstrator im Herbst 2019
Netzzugehörigkeit des Bauwerks beim Demonstrator	
örtliche Zwangspunkte	Vorortbesichtigung notwendig
Straßenklasse	Bundesstraße (als Demonstrator innerhalb des Projektes) mit Ausleitungsmöglichkeit vor der relevanten Brücke
Detektion / Erfassung	
Zulässiges Gesamtgewicht	Detektiert in Abhängigkeit des zulässigen Gesamtgewichts gemäß VZ 253 sowie VZ 251 mit Zusatzzeichen 1052-35. <u>Nicht</u> tatsächliches Gewicht
Weiterentwicklung der Sensorik	Datenfusion der Laser- und Videosensorik und Abgleich erhobenen Daten mit einer neuronalen Datenbank in Echtzeit.
Zwei Messquerschnitte zur Erfassung und Ahnung	Messquerschnitt 1: Detektion/Erfassung Messquerschnitt 2: Detektion/Ahnung
Beachtung des Datenschutz	Ausarbeitung des Datenschutzes in Abhängigkeit des Rechtsgutachten
Filterentwicklung	Sehr hohe Präzision der Identifikation der auszuleitenden Fahrzeuge, besonders in Grenzbereichen der Tonnage
Bestätigung des Ausfahrens des ausgeleiteten Fahrzeugs an der Ausfahrt.	Kontrolle durch etwaige Erweiterung um einen Messquerschnitt in der Ausfahrt mittels Videosensorik (Aspekt der Ahnung)

Thema	Erläuterung/Kommentar
Zeitraum des Demonstrators	
Validierungsphase	Mindestens drei Monate, Berücksichtigung der Sommerferien Geplanter Demonstrator im Herbst 2019
Netzzugehörigkeit des Bauwerks beim Demonstrator	
örtliche Zwangspunkte	Vorortbesichtigung notwendig
Straßenklasse	Bundesstraße (als Demonstrator innerhalb des Projektes) mit Ausleitungsmöglichkeit vor der relevanten Brücke
Detektion / Erfassung	
Zulässiges Gesamtgewicht	Detektiert in Abhängigkeit des zulässigen Gesamtgewichts gemäß VZ 253 sowie VZ 251 mit Zusatzzeichen 1052-35. <u>Nicht</u> tatsächliches Gewicht
Weiterentwicklung der Sensorik	Datenfusion der Laser- und Videosensorik und Abgleich erhobenen Daten mit einer neuronalen Datenbank in Echtzeit.
Zwei Messquerschnitte zur Erfassung und Ahnung	Messquerschnitt 1: Detektion/Erfassung Messquerschnitt 2: Detektion/Ahnung
Beachtung des Datenschutz	Ausarbeitung des Datenschutzes in Abhängigkeit des Rechtsgutachten
Filterentwicklung	Sehr hohe Präzision der Identifikation der auszuleitenden Fahrzeuge, besonders in Grenzbereichen der Tonnage
Bestätigung des Ausfahrens des ausgeleiteten Fahrzeugs an der Ausfahrt.	Kontrolle durch etwaige Erweiterung um einen Messquerschnitt in der Ausfahrt mittels Videosensorik (Aspekt der Ahnung)

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Thema	Erläuterung/Kommentar
Stromversorgung	
Autarke vs. Vorort Versorgung	Stromversorgung für: <ul style="list-style-type: none"> • Messquerschnitt 1 & 2 • LED-Tafeln für individuelle Ansprache (Anzeigedauer kalkulieren) • Evtl. Beleuchtung einzelner Elemente der temporären Verkehrsführung Sicherstellung der Sonnentzugänglichkeit bei Photovoltaikanlagen (z.B. Blätter an Bäumen)
Einrichtung des Systems	
Aufbau/Abbau	Verkehrseinrichtung während einer Arbeitsstelle kürzerer Dauer
Standort Sensorik	Standort Sensorik <ul style="list-style-type: none"> • Montage der Sensorik an vorhandene Einrichtungselemente, bspw. VZB • Montage an temporären Masten (besteht die Notwendigkeit der Montage der temporäre Masten auf den Mittelstreifen bei bspw. BAB-Standorten)
Wartung	
Verpflichtung der Wartung	Wartungsvertrag mit der betreiben Firma abschließen

Thema	Erläuterung/Kommentar
Beschilderung / Markierung	
Verkehrssicherung	Verkehrssicherheit muss gemäß StVO gewährleistet sein
Harmonisierung des Verkehrs	Drosslung der Geschwindigkeit und Anordnung eines Überholverbots für Lastkraftwagen
Verkehrszeichenplan	Entwicklung einer Temporären Verkehrsführung zur <ul style="list-style-type: none"> • Harmonisierung des Verkehrs im Zulaufbereich • Erzeugung einer erhöhten Aufmerksamkeit beim Lastkraftwagenführer
Aufmerksamkeit aktivieren	Aufmerksamkeit durch spezielle Verkehrsführung (ggf. temporäre Markierung) und Infrastrukturelemente erzeugen
Verkehrszeichenplan	Entwicklung eines Verkehrszeichenplans für den Einsatz des Systems Brückenwächter im Zulaufbereich einer Brücke.
Latenzzeit	Latenzzeit zwischen Detektion und individueller Anzeige der LED-Tafel muss bei Entwurf des Verkehrszeichenplans beachten werden

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Thema	Erläuterung/Kommentar
Beschildeungsplan Umleitung	
großräumige Umleitung	Beschildeungsplan für großräumige Umleitung mit Ausweichrouten.
Nahumleitung (Umleitung nach Ableitung)	Darstellungsforum der Umleitungsbeschilderung entwickeln (Orientierung an System „Roter Punkt“)
Akzeptanz der Umleitung	Akzeptanz einer Umleitung wird stark durch die individuelle Lage des zu schützenden Bauwerks geprägt sein. (Notwendigkeit der Öffentlichkeitsarbeit)
Leistungsfähigkeit der Umleitung	Berücksichtigung etwaiger Baustellen auf der Umleitung und andere Eventualitäten.
Individuelle Ansprache	
Ansprache via Navigation und Funk	CB-Funk
Dynamische Verkehrsschilder	Psychologische Wirkung im Fahrsimulator testen, Möglichkeit von Pretest der Fahrsimulatorstudie einbeziehen
Rechtlicher Aspekt der Kennzeichendarstellung	Erstellung eines Rechtsgutachten, in welchem Umfang ein Kennzeichen auf einem dynamischen Wechselverkehrszeichen dargestellt werden darf
Ansprache via CB-Funk und Navigation	CB-Funk: <ul style="list-style-type: none"> • Direkte Ansprache in der jeweiligen Sprache des Lastkraftwagenführers Navigation: <ul style="list-style-type: none"> • Integration der Umleitung in Navigationsgeräte (Rücksprache mit TomTom)

Thema	Erläuterung/Kommentar
Ahndung	
Integration der Ordnungswidrigkeit	Muss gesondert im Projekt bearbeitet werden
Anzeigeprotokoll	Zeitstempel der Detektion und Anzeige ist für die Ahndung notwendig
Öffentlichkeitsarbeit	
Akzeptanz erhöhen	Verbände der Logistik, Internetauftritt
Je mehr desto besser	Ressourcen und Erfahrungen seitens Straßen.NRW nutzen

Abbildung 2: Anforderungsdefinition System Brückenwächter

Ziel dieses Workshops war es, bestehende Lösungsansätze zur Reduktion der Lasteinwirkung auf Brückenbauwerke kritisch zu hinterfragen, um auf Basis dieser Diskussionsergebnisse Randbedingungen für das zu entwickelnde System zu identifizieren.

Aus Sicht von Neurosoft sind im Besonderen die Randbedingungen für die systemtechnologischen Aspekte von besonderer Bedeutung. Im Einzelnen:

- Detektion und Erfassung
- Anzeigetechnik und Anzeigeinhalte
- Datenverarbeitung und Übertragung
- Latenzzeiten

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Die definierten und beschriebenen Themengebiete des Anforderungskatalogs stellen kein endgültiges Leistungsheft dar. Vielmehr bildeten die Themengebiete einen Leitfaden zur konzeptionellen und technischen Bearbeitung des Systems Brückenwächter, vor allem vor dem Hintergrund, dass Änderungen an den Anforderungen, z.B. aufgrund des Ergebnisses des durch Straßen.NRW beauftragten Rechtsgutachtens oder Erkenntnissen aus der Konzeptionierung, haben vorgenommen werden müssen.

Darüber hinaus wurde innerhalb des Workshops konkret die Anforderungen zur Umsetzung des Demonstrators, diskutiert. Es wurde festgelegt, dass die konkreten Vorbereitungen für den Demonstrator ab Herbst 2019 stattfinden werden und der Demonstrator in einer Pilotphase mindestens drei Monate validiert wird. Des Weiteren wurde abgestimmt, dass der Demonstrator auf einer Bundes- oder Landestraße installiert werden soll.

ii) Rechtliche Rahmenbedingungen und Kontrollsystem (entsprechend AP 1.2)

Die Analyse datenschutzrechtlicher Aspekte startete Neurosoft-seitig in enger Zusammenarbeit mit der RWTH Aachen, die den gesetzlichen Rahmen beschrieb. Diese Analyse konnte durch die Vergabe eines rechtswissenschaftlichen Gutachtens ergänzt werden, welches den grundsätzlichen Gestaltungsrahmen eines Brückenwächter-Systems untersucht.

Aus Sicht von Neurosoft GmbH war neben der Fragestellung zur Anzeige des Fz-Kennzeichens vor allem die Beantwortung der Fragestellung zur Rechtssicherheit des Gesamtvorhabens und dabei speziell die Rechtssicherheit eines Ordnungswidrigkeitsverfahrens bzw. die Gerichtsverwertbarkeit entsprechend dem Ahndungsansatz von großer Bedeutung

Mit der Erstellung des Rechtsgutachtens konnte die Kanzlei Heinemann und Partner aus Essen beauftragt werden.

Rechtlichen Rahmenbedingungen

Generell bescheinigte das Rechtsgutachten, dass der Einsatz eines automatisierten Ausleit- und Kontrollsystems zum Schutz sanierungsbedürftiger Brücken („Brückenwächter“) durch den Landesbetrieb Straßenbau NRW gemäß den einschlägigen datenschutzrechtlichen Bestimmungen des Art.6 Abs. 1 UAbs. 1 lit. e), Abs. 3 DSGVO i.V.m. §20 DSG NRW rechtlich zulässig ist. Des Weiteren erachtete die Anwaltskanzlei die Ansprache der von einem angeordneten Durchfahrtsverbot betroffenen LKW per Anzeige des Kennzeichens auf der LED-Tafel eines Wechselverkehrszeichens unter datenschutzrechtlichen Gesichtspunkten ebenfalls für rechtlich zulässig.

Allerdings konnte entgegen des in der Anforderungsanalyse definierten Aufbaus des Systems Brückenwächter rechtlich nicht umgesetzt werden. Das ursprüngliche Konzept definierte, dass die einzelnen Messquerschnitte der Detektion miteinander kommunizieren. Datenschutzrechtlich ist dies nicht zulässig. Dies bedeutete letztlich, dass der MQ2 autark arbeiten musste, die Detektion (unabhängig von den Detektionsergebnissen von MQ1) eigenständig erfolgen musste.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Kontrollsystem (konzeptionell) (entsprechend AP 3.3)

In enger Zusammenarbeit im Projektkonsortium konnte auf Basis der durch die Kanzlei ermittelten Erkenntnisse eine Erweiterung des Ahndungs-Konzepts stattfinden, sodass eine Kommunikation der einzelnen Messquerschnitte nicht notwendig ist. Konzeptionell gesehen wurde ein zweiter autarker Detektionsstandort (MQ2) mit gleichem technischen Aufbau und gleicher technischer Funktionalität als der Erfassungsquerschnitt 1 (MQ1) zur Umsetzung definiert. Daten zwischen diesen beiden Detektionsquerschnitten wurden nicht ausgetauscht.

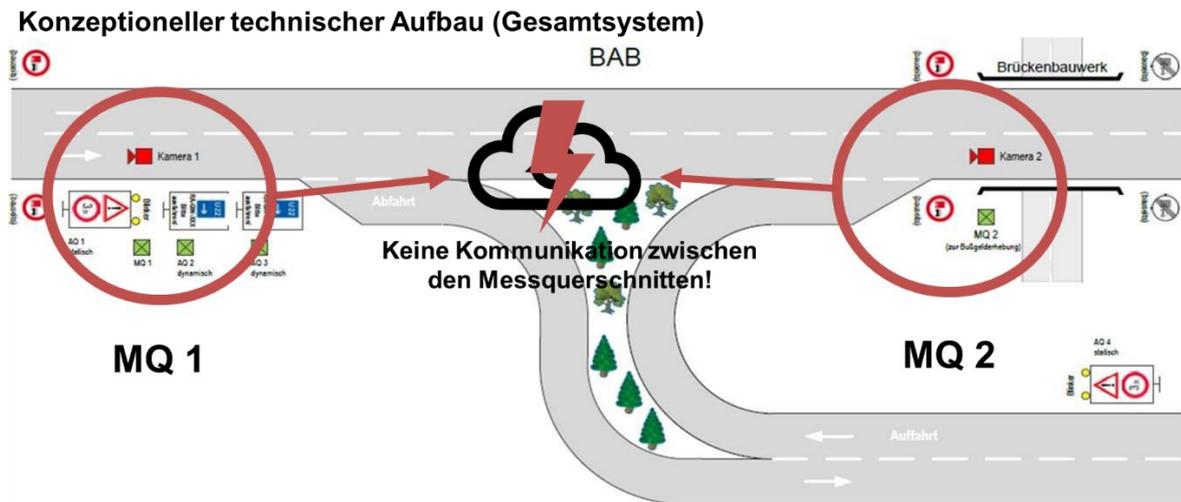


Abbildung 3: Konzeptionelle Autarkie der Erfassungsquerschnitte

Durch die Positionierung des Erfassungsquerschnittes 2 unmittelbar zu Beginn des Überführungsbauwerkes (vgl. Abb. 5, violette Standortmarkierung) war hinreichend eindeutig festgelegt, dass bei Identifikation eines relevanten Fahrzeuges aufgrund der Positiv-Bewertung (vgl. Kap. 6.3.ii, „Erfassungskonzept“) an dieser Stelle ein StVO-Verstoß vorliegt, der zur Ahndung geführt werden konnte.

Des Weiteren ist mit dem Rechtsgutachten definiert worden, dass der Landesbetrieb Straßenbau NRW nicht selbst für die Einleitung eines Ordnungswidrigkeitenverfahrens der Verstöße gegen das angeordnete Durchfahrtsverbot zuständig sei. Jedoch wurde festgelegt, dass der Landesbetrieb die Daten zur Ahnung der Ordnungswidrigkeiten an die zuständigen Behörden übermitteln konnte. Erste Abstimmungsgespräche mit den zuständigen Behörden zur Methodik der Übermittlung der Datensätze haben bereits stattgefunden, eine umsetzbare Systemlösung ist im Rahmen dieses Vorhabens festzuschreiben.

Im Gesamtkontext des Projektes wurden seitens Neurosoft folgende Aspekte vertieft bzw. folgende Ziele erreicht:

- Abstimmungsgespräche mit den Konsortialpartnern hinsichtlich des Leistungsbildes zur Definition der Anforderungen für die zu beauftragende Anwaltskanzlei zur Bearbeitung des Rechtsgutachtens

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

- Abstimmungsgespräche mit der beauftragten Anwaltskanzlei inkl. Präsenztermin zur fachlich inhaltlichen Abstimmung
- Analyse der Ergebnisse des Rechtsgutachtens und Ermittlung der Auswirkungen daraus
- Erarbeitung der Erweiterung des Ahndungskonzeptes im Konsortium auf Basis der Ergebnisse des Rechtsgutachtens (vgl. oben)
- Anpassung des Schemas zum konzeptionellen technischen Aufbau des Gesamtsystems (vgl. oben)
- Erarbeitung des Datenschutzkonzeptes auf Basis der Ergebnisse des Rechtsgutachtens

iii) Lagermittlung (entsprechend AP 1.3)

Unter Abstimmung der Beteiligten wurde im Rahmen der Anforderungsanalyse (vgl. Kap. 1.1) abgestimmt, dass der Demonstrator auf einer Bundes- bzw. Landstraße installiert werden soll. Für die Auswahl eines geeigneten Brückenbauwerks wurden zunächst einige potenzielle Demonstratorstandorte untersucht. Die untersuchten Standorte in Kuchheim (B 56), Hürth (L 103), Rollesbroich (L 160), Einruhr (B 266) und Kiesbergtunnel (L 70) mussten wieder verworfen werden, da die bereits seit einigen Jahren eingerichteten Sperrungen (Beschränkungen) den systemischen Voraussetzungen für den Demonstrator widersprachen.

Im Zuge der Analyse mehrerer potenzieller Demonstrationsstandorte konnte als geeignetstes Demonstratorfeld ein Standort an der B234 im Vorlauf eines Brückenbauwerks über die DB und über die Ruhr in der Stadt Wetter (Ruhr) identifiziert und festgelegt werden.

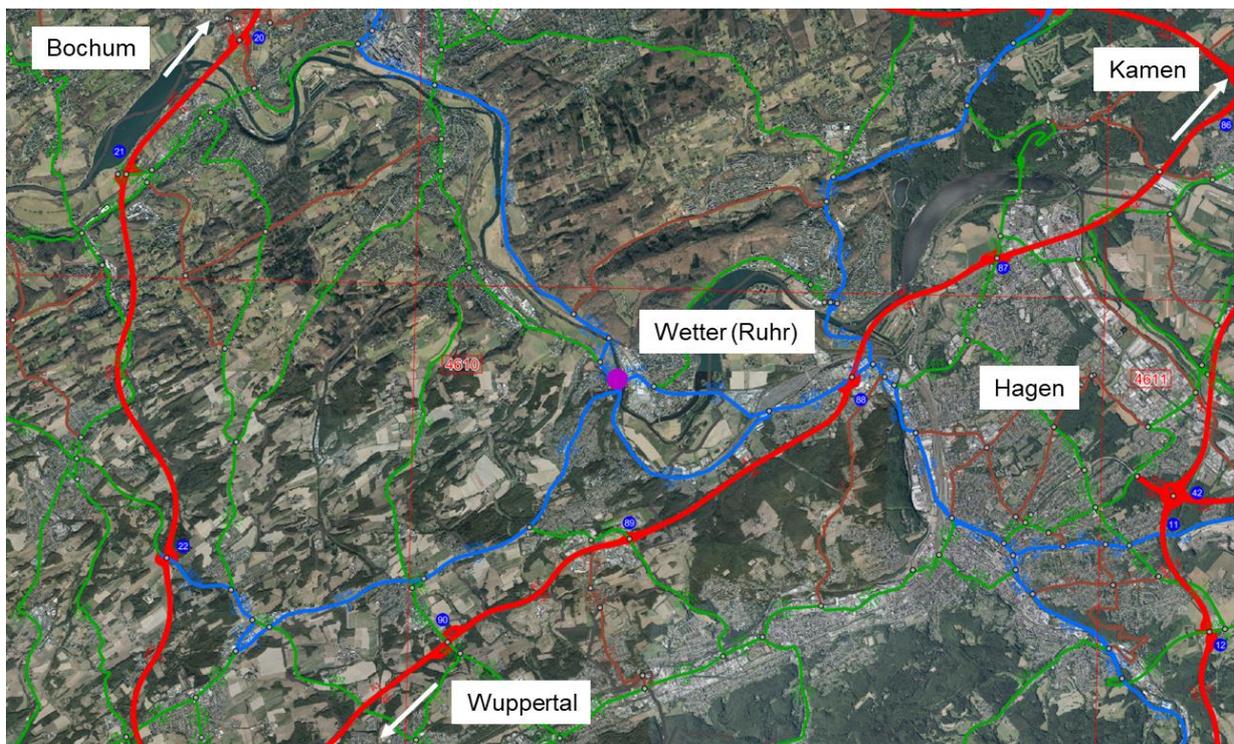


Abbildung 4: Lage des Demonstrators

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

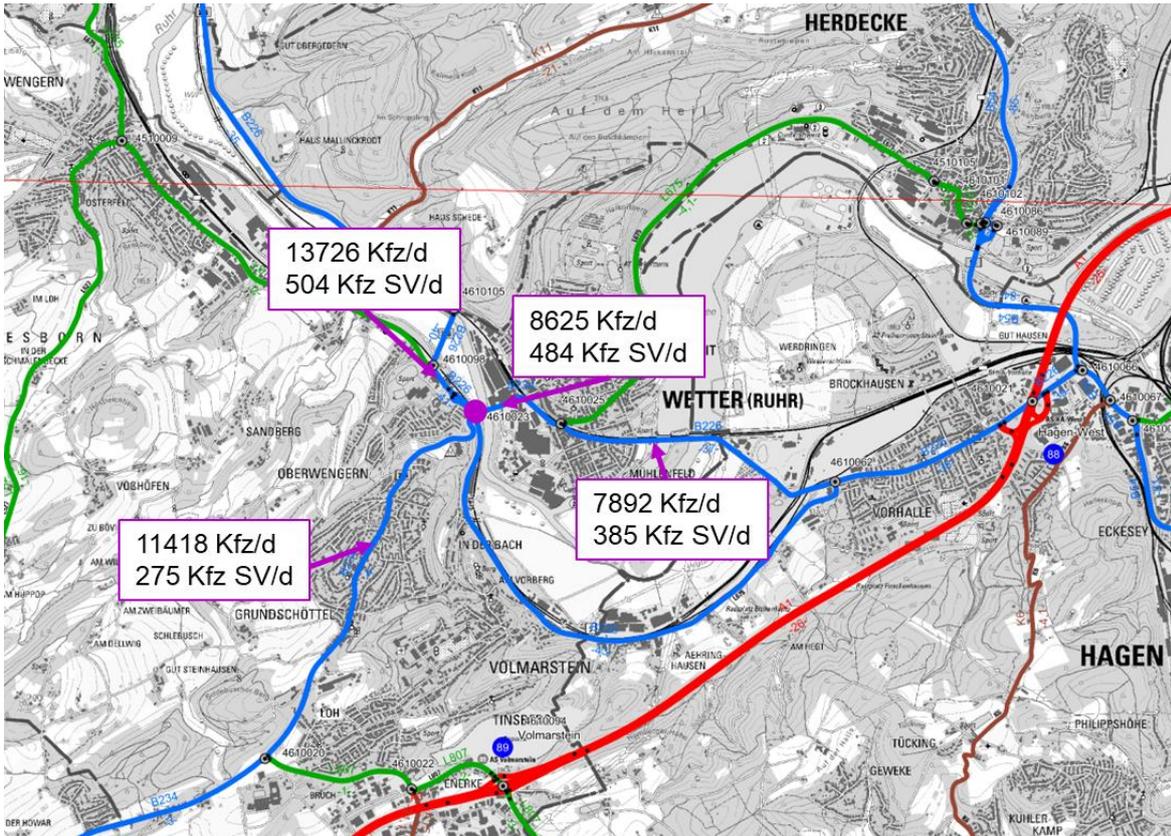


Abbildung 5: DTV und DTV_{sv}

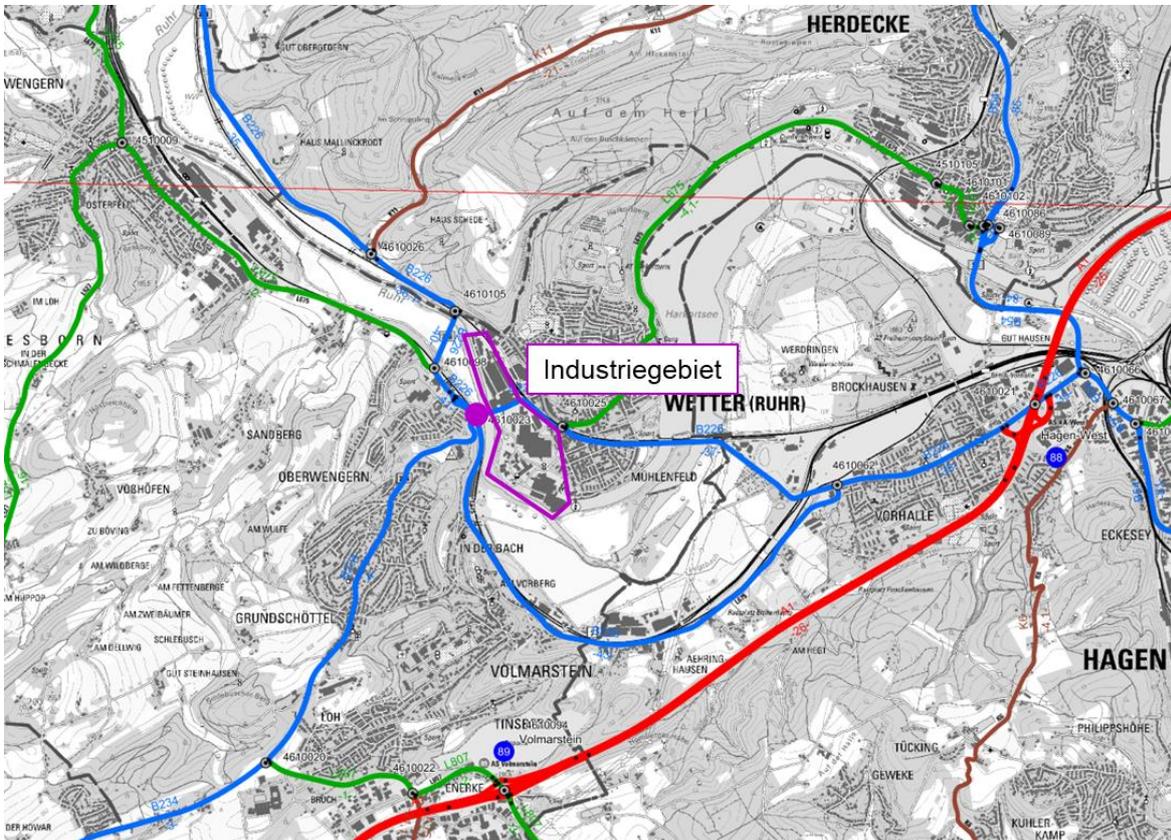


Abbildung 6: Nähe zum Industriegebiet

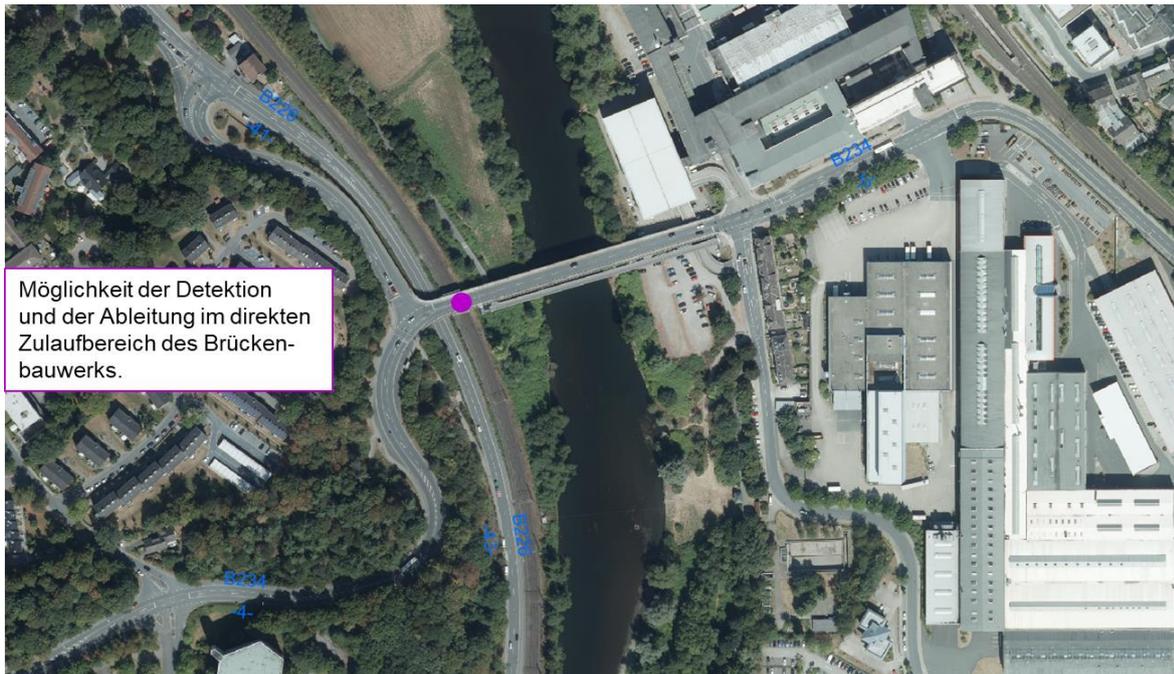


Abbildung 7: Standort

Für diesen Demonstratorstandort gelten folgende fördernde und hemmende Faktoren

- Fördernde Faktoren:
 - Die Brücke war zu Beginn der Demonstratorphase noch nicht gesperrt.
 - Aktives Mitwirken bei der Entwicklung der Beschränkung war möglich.
 - Damit war ein direkter Vergleich zwischen konventioneller Beschilderung und dem System Brückenwächter möglich.
 - Aktives Mitwirken bei der Entwicklung der Umleitungsstrecke.
- Hemmende Faktoren:
 - Im Zeitraum der Planungsphase des Demonstratorstandortes war die Brücke ein Teil einer Umleitungsstrecke. Diese Umleitung wurde aber noch vor Inbetriebsetzung des Demonstrators aufgehoben.

Die als Folge der statischen Analyse des Brückenbauwerks erforderliche Kompensationsmaßnahme für das Brückenbauwerk der B234 sah vor, dass ein LKW-Begegnungsverkehr vermieden werden soll und somit das Brückenbauwerk nicht mehr von beiden Seiten für den Schwerlastverkehr zu befahren sein soll. Das Brückenbauwerk wurde dementsprechend für den Schwerlastverkehr als Zufahrt in das Gewerbegebiet Alt-Wetter gesperrt (Gewichtsbeschränkung auf 7,5 t Gesamtgewicht mit Ausnahme des ÖPNV und der Versorgungsfahrzeuge (z.B. Müllabfuhr, Räumdienste, Rettungsfahrzeuge)). In der

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Gegenrichtung war das Brückenbauwerk weiterhin für den Schwerlastverkehr aus dem Gewerbegebiet befahrbar.

Ein Verkehrskonzept wurde daraufhin entwickelt, eine verkehrsrechtliche Anordnung zur Gewichtsbeschränkung auf 7,5 t Gesamtgewicht gültig für die Brückenbauwerke in Richtung Hagen erwirkt; die Umsetzung des Verkehrskonzeptes wurde mit Beginn der Demonstratorphase umgesetzt.

Im Gesamtkontext des Projektes wurden seitens Neurosoft für AP 1.3 folgende Aspekte vertieft bzw. folgende Ziele erreicht:

- Gemeinsame Festlegung der Standortsuche auf Bundes- oder Landstraßen, nicht auf BAB (vgl. AP 1.1)
- Abstimmungsgespräche mit den Konsortialpartnern hinsichtlich der Identifikation der möglichen durch Straßen.NRW vorausgewählten Standorte
 - Festlegung der prinzipiell möglichen Standorte
 - Identifikation des Standortes an der B 234 in Wetter (Ruhr)
- Vorbereitende Arbeiten zusammen mit RWTH AC bzgl. Projektvorstellung „Brückenwächter“ in der Stadt Wetter im Dienstsitz „Hagen“ bei Straßen.NRW mit relevanten Vertretern der Region
 - Abstimmungsgespräche mit den Konsortial-Partnern
 - Lieferung fachlicher Beiträge zur Erstellung einer Powerpoint-Präsentation (Anteile Neurosoft: Detektionseinheiten (eingesetzte Hardware), temporäre Aufstellvorrichtungen, geplante Software; Latenzzeiten, Datenschutzkonzept, Datensatz-Struktur, etc.)
 - Erstellung und Konsolidierung der PPP zur Vorstellung des Projektes für den 30.09.2019
 - Ortstermin am 30.09.2019 in Hagen
- Ortsbegehung am Standort Wetter (Ruhr) am 12.11.2019
 - Mit Vertretern der Konsortial-Partner
 - Mit Vertretern der Behörden der Stadt Wetter
 - Mit Vertretern der Presseabteilung Straßen.NRW
 - Prinzipielle Analyse der örtlichen Gegebenheiten zur Erzeugung von Basisdaten zur Feinplanung der jeweiligen Standorte (Detektions- und Anzeige-Standorte)
 - Analyse der örtlichen Situation bzgl. möglicher Stromversorgung aller Demonstrator-Standorte
- Kontaktaufnahme mit dem örtlichen EVU-Unternehmen zur fachspezifischen Analyse der pot. Stromversorgung für den Demonstrator
- Übernahme von Planunterlagen der bestehenden Energieverkabelung

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

- Beginn der Feinplanung für die Ausbildung des Demonstratorfeldes
 - Standortanalyse der unmittelbaren Umgebungsbedingungen für die Positionierung der mobilen Fundamente für die Aufstellvorrichtungen
 - Längenermittlung für die pot. Energieverkabelungen
 - Daraus abgeleitet: Erarbeitung eines ersten Energieversorgungskonzeptes auf Basis der EVU-Grunddaten zur Energieversorgung aller Demonstrator-Standorte
- Intensivierung der Abstimmungsgespräche mit Straßen.NRW, Dienstsitz Hagen

6.3 Maßnahmenkonzept (entsprechend AP 2)

i) Grundlagenstudie (entsprechend AP 2.1)

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes wurden am ISAC die Grundlagen zu Detektionsverfahren und Ausleitkonzepten untersucht und dokumentiert.

ii) Erfassungskonzept, Detektionsrate, Datenbankdesign (entsprechend AP 2.2)

Auf Basis der Zusammenarbeit der Projektpartner und unter Nutzung der Erfahrungswerte der Firma Neurosoft bei Detektionsprojekten der Vergangenheit wurde das Konzept der Detektion von betroffenen Lkw erarbeitet. Dabei wurde die für die Modellerkennung notwendige Algorithmik in Bezug auf Genauigkeit und Echtzeitfähigkeit untersucht und die notwendigen technischen Lösungsansätze überprüft. Aufgrund der Ergebnisse des Rechtsgutachtens musste die ursprüngliche Konzeption der Nutzung videobasierter Verkehrsdaten und die Ankopplung der Modellerkennung mit einer hinterlegten Datenbank der spezifischen zugelassenen Gesamtgewichte wegen rechtlicher Unzulässigkeit verworfen werden. Die erhobenen Daten durften nicht zwischengespeichert werden.

Aus diesem Grund konnte die Verwendung der ursprünglich angedachten Videoanalyse-Software NeuroCAR nicht umgesetzt werden. Stattdessen musste der Fokus der videobasierten Verkehrserfassung konzeptionell auf die Analyse des Kennzeichens und der Modellerkennung so gelegt werden, dass über die Robustheit der Detektion hinaus auch eine minimale Detektionszeit erzielt werden konnte. Umso mehr wurde der ergänzende Einsatz zusätzlicher Sensorik wie Laserscanner dem Konzept zugrunde gelegt.

(ANPR- / MMR-) Videokamera

Zur Erfassung spezifischer Fahrzeugdaten wurde eine Videokamera mittig über den Fahrstreifen der Richtungsfahrbahn konzipiert. Die Fahrzeugerkennung basierte ausschließlich auf der Analyse von Videobildern. Der Einsatz leistungsfähiger zentraler Verarbeitungseinheiten und entsprechender Software ermöglichte die Bearbeitung der Prozesse in Echtzeit durch die Analyse weniger aufeinanderfolgender Bilder des Videostreams. Auf dieser Basis detektierte das System zuerst die Anwesenheit eines

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Fahrzeugs und bestimmte anschließend dessen Eigenschaften. Die dabei eingesetzte Algorithmik (zur Anwendung kam dabei die Auswerte-Software „License Plate Recognizer“ der Fa. Number-OK; vgl. Kap. 6.4.iv) stellte die automatische Identifizierung (ANPR: Automatic Number Plate Recognition) des Nummernschildes und die Klassifizierung (MMR: Model and Mark Recognition) von Fahrzeugen sicher. Des Weiteren konnten auch weitere, fahrzeugspezifische Eigenschaften wie z. B. die ungefähre Fahrzeuggeschwindigkeit ($\pm 15\%$), die Fz-Klasse, die Länderkennung erkannt werden.

Die Zuverlässigkeit bei der Fahrzeugidentifizierung hängt maßgeblich von den Belichtungsverhältnissen und vom Blickwinkel der Kamera (und den damit verbundenen Parametern für Vergrößerung, Skalierung und Drehung) ab. Angestrebt wurden folglich eine optimale Kamerapositionierung sowie Einstellungen der Systemparameter, die der Charakteristik des Standortes bezogen auf die Anforderungskriterien des Systems „Brückenwächter“ für den gegenständlichen Anwendungsfall am besten entsprachen. An der Kamera wurde ein IR-Strahler integriert, so dass die Kamera bei ungünstigen Belichtungsverhältnissen automatisch auf Infrarotaufnahmen umschalten konnte.

Laserscanner

Der zur Anwendung konzipierte Laserscanner (LiDAR) scannt den ihn umgebenden Raum und erzeugt ein geometrisches Modell der Fahrzeugsilhouette durch Interpretation des reflektierten Signals, mit dem die Abmessungen jedes Fahrzeuges hinreichend genug bestimmt werden können. Die Ungenauigkeiten bei der Geometriemessung resultieren generell aus der vorhandenen Scanfrequenz sowie der gefahrenen Geschwindigkeit der Kraftfahrzeuge. Der üblicherweise durch Neurosoft verwendete Laserscanner scannt den Raum bei 50 Hz – also mit einer Wiederholrate der Analyse-Abtastung alle 20 ms. Reflektiert ein Fahrzeug die Laserstrahlen des Scanners, ermittelt der Scanner die Position des Fahrzeuges über die Parameter Entfernung und Winkel. Je höher die Messfrequenz des Scanners ist (z.B. 50 Hz), desto geringer ist die Streckenmess- und Winkelmessgenauigkeit.

Entscheidender sind jedoch die Fahrzeuggeschwindigkeit bzw. die Eigenbewegung des Objekts. Durch die Eigengeschwindigkeit verändern sich die Reflexionsrichtungen des Lasers an der Objekt Oberfläche und diese auftretende Streuung verfälscht die resultierende Punktwolke vom gescannten Automobil. Durch die nicht exakte Reflexion der Laserstrahlen ergeben sich Ungenauigkeiten im Dezimeterbereich.

Analogie der Messquerschnitte MQ 1 und MQ 2

Entsprechend den Ergebnissen des Rechtsgutachtens war es notwendig geworden, den zweiten Messquerschnitt autark vom ersten MQ aufzubauen. An diesem zweiten Detektionsstandort wurde dementsprechend unabhängig vom ersten (vgl. Ergebnisse aus AP 1.2) Detektionsstandort erneut ein Videostream benötigt, um das Kennzeichen bei einem Verstoß zu detektieren. Im Bedarfsfall hätte eine Fotoaufnahme des Verursachers erstellt werden können.

Aus Analogiegründen (Duplikation des Messprinzips inkl. technologischer Ausstattung des Detektionsquerschnittes) wurde auch am zweiten Querschnitt zusätzlich zur Kamera der gleiche Lasertyp wie beim ersten Detektionsquerschnitt konzipiert. Konzeptionell besteht keine

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Verbindung zwischen Detektionsquerschnitt 1 und Detektionsquerschnitt 2. Die Daten werden nicht zwischengespeichert.

iii) Ausleitkonzept (entsprechend AP 2.3)

Im Rahmen der im Projektkonsortium gemeinsam bearbeiteten Anforderungen an die Informationsportierung zur Umfahrung des für FZ >7,5 t GG gesperrten Streckenabschnittes wurde erkannt, dass die wissenschaftlich-technischen Ergebnisse der Arbeitspakete 2.3 (Ausleitkonzept) und 2.5 (Simulator-Studie) eng voneinander abhängen. Dies bedeutet, dass die Konzipierung des Ausleitkonzepts mit der Vorbereitung und Durchführung einer Simulator-Studie eng miteinander zusammenhängen.

Für eine hohe Befolgungsrate der Ausfahrtsaufforderung war die Konzeption der Ausleitung von hoher besonderer Wichtigkeit. Unterschiedliche Ausleitkonzepte mit Einbezug der rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen in Form eines Variantenkataloges wurden erarbeitet. Das Projektkonsortium hat für den Entwurf neuer Beschilderungen, Standortwahl und räumliche Auslegung des Systems intensive Voruntersuchungen durchgeführt. In Anlehnung an das Gesamtziel des Projektes, die kritische Infrastruktur zu schützen, war stets die Erzielung einer möglichst hohen Akzeptanz im Fokus der Arbeiten gestanden. Die Ergebnisse der Probandenstudie wurden eingearbeitet, sodass letztlich folgendes Beschilderungskonzept / Ausleitkonzept zur Umsetzung gebracht werden konnte.

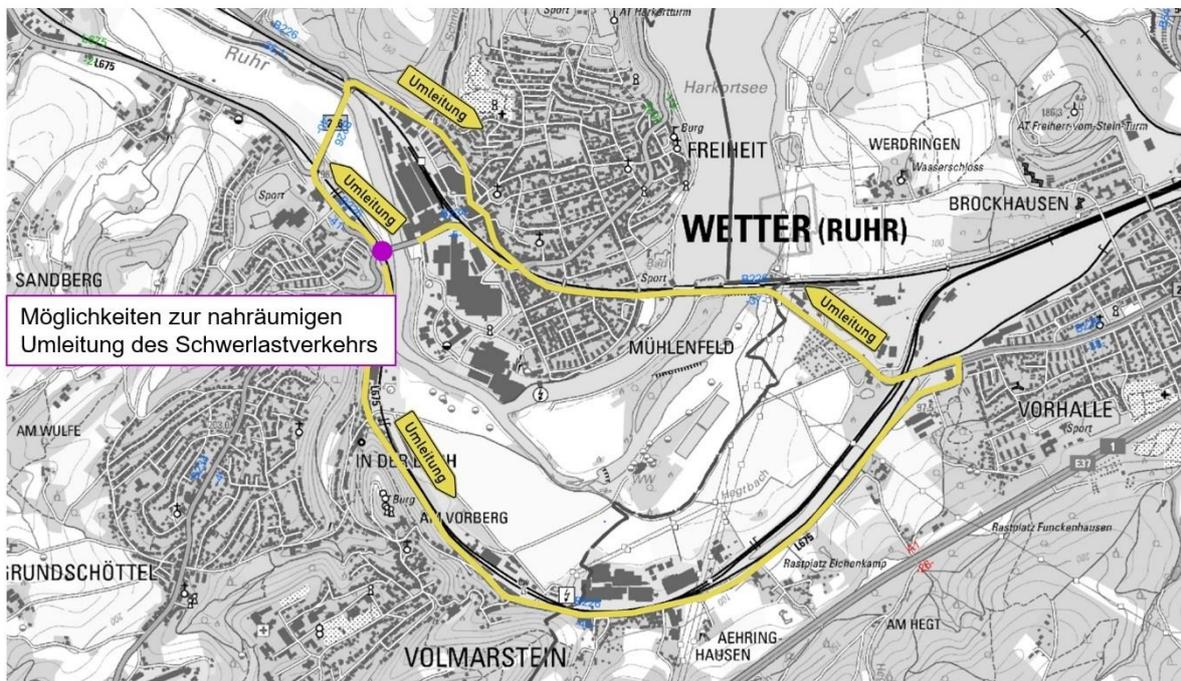


Abbildung 8: Umleitungskonzept Wetter (Ruhr)

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

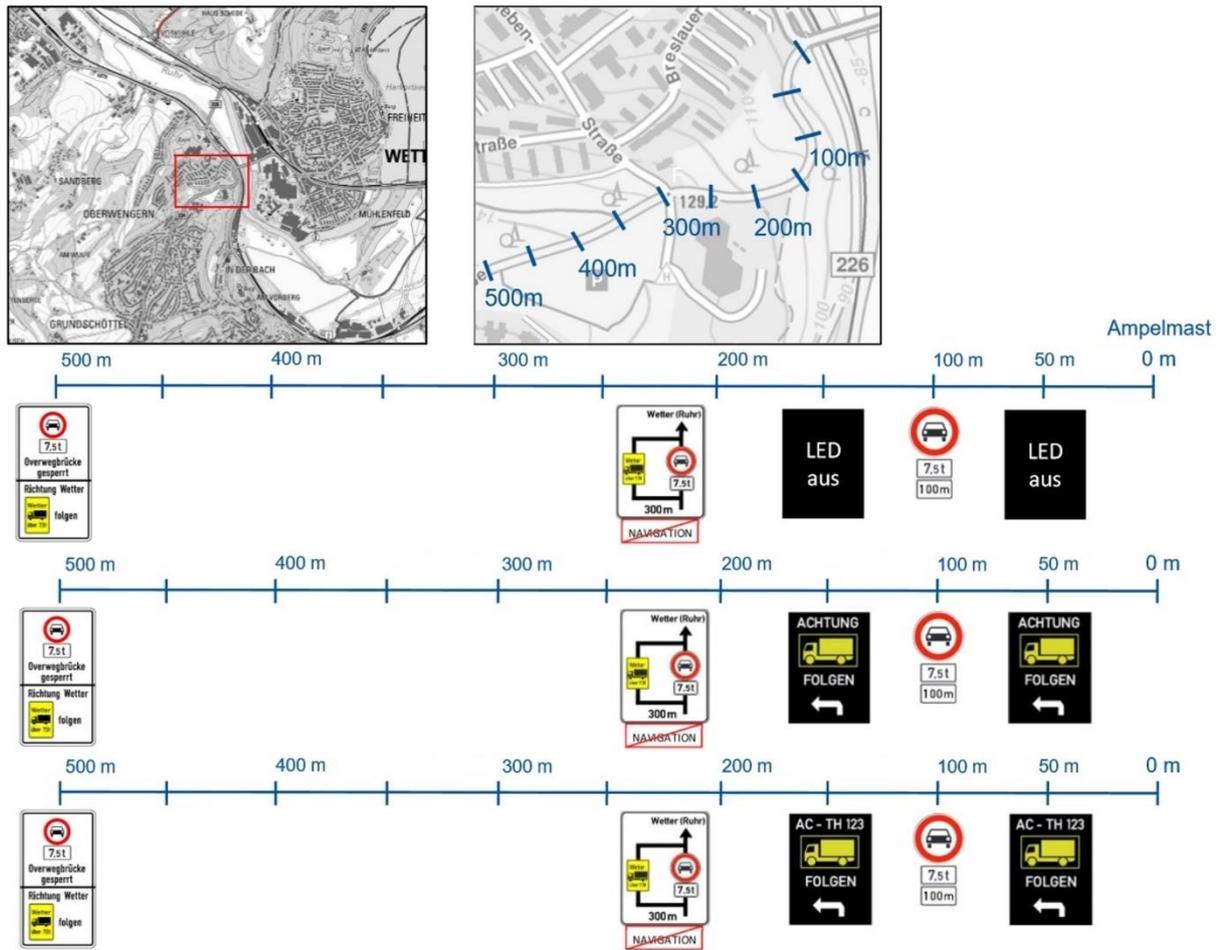


Abbildung 9: Beschilderungskonzept und Verortung der statischen und dynamischen Anzeigen

An dieser Stelle war aus Sicht der Neurosoft GmbH der Fokus organisationsgemäß primär auf die technische Umsetzung der Ausleitung gelegt worden. Wie oben bereits dargestellt, wurde das Kennzeichen des relevanten Fahrzeugs der Positiv-Bewertung an die Schaltalgorithmik zur Ansteuerung des dynamischen Verkehrsschildes übertragen. Dieser Anzeigehalt wurde als einzige dynamische Komponente in ein statisches Anzeigebild, welches sich aufgrund der Ergebnisse der Simulator-Studie unserer Partner der RWTH Aachen ergab, in das dynamische Verkehrszeichen (LED-Display) integriert eingeblendet.

Im Gesamtkontext des Projektes wurden seitens Neurosoft für AP 2.3 folgende Aspekte vertieft bzw. folgende Ziele erreicht:

- Abstimmungsgespräche mit den Konsortial-Partnern v.a. mit RWTH AC
- Mithilfe bei der Erarbeitung des Anzeigebildes auf den dynamischen Anzeigequerschnitten im Rahmen der Festlegungen für das Ausleitkonzept
- Mithilfe bei der Klärung fachlich, technischer Fragen zur Anzeige zus. mit unserem Subunternehmer Greenway Systems GmbH (GWS)
 - Abklärung der technischen Machbarkeiten in der Anzeigetechnologie

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

- Welche Schildinhalte sind statisch vorprogrammiert (Verkehrszeichen, etc.) und welche Bereiche werden dynamisch in das „statische Bild“ eingeblendet (z.B. Kennzeichen, etc.)
- Abklären der technischen Machbarkeit mit GWS
- Abstimmung mit GWS bzgl. der Berechnungsgeschwindigkeit des Bildes (Zeitbedarf, bis ein Anzeigebild, bestehend aus statischen und dynamischen Komponenten angezeigt werden kann)
- Finale Festlegung bzgl. Schilderinhalt der Anzeigequerschnitte im Demonstratorfeld, sowie weitere notwendige Beschilderung (Wegweisung, etc.) im nachgeordneten Netz – nach Ausleitung – bzw. die Standortwahl dieser Beschilderung und seine räumliche Ausdehnung

iv) Ahndungskonzept (entsprechend AP 2.4)

Im Rahmen der Erarbeitung des Ahndungskonzeptes wurden die Möglichkeiten für das im System integrierte Bußgeldverfahren analysiert und bewertet. Als Ergebnis wurde eine Methodik entwickelt, welche den Grad der Automatisierung unter Einbezug des rechtlichen Rahmens ausschöpft, um den Aufwand des Betriebes der Anlage seitens der öffentlichen Behörden zu minimieren. In diesem Zusammenhang wurde der Kontakt mit dem Ordnungsamt des Ennepe-Ruhr-Kreises gesucht, um die Anforderungen an einem automatisierten Bußgeldverfahren zu definieren und eine mögliche Vorgehensweise für ein effizientes Kontrollsystem zu erarbeiten.

Wie in Kap. 6.2.ii beschrieben wurde konzeptionell ein zweiter autarker Detektionsstandort (MQ2) mit gleichem technischen Aufbau und gleicher technischer Funktionalität als der Erfassungsquerschnitt 1 (MQ1) zugrunde gelegt. Daten zwischen diesen beiden Detektionsquerschnitten wurden nicht ausgetauscht.

Dies bedeutet, dass die komplette Datenerhebung und Datenanalyse sowie die Datenkonsolidierung unabhängig vom Detektionsstandort 1 (MQ1) zweifach durchgeführt werden musste. Die Situierung des Detektionsstandortes 2 (MQ2) wurde unmittelbar auf der Brücke im Bereich der Bahnquerung definiert. Allein durch die Positionierung des Erfassungsquerschnittes 2 war hinreichend eindeutig festgelegt, dass bei Identifikation eines relevanten Fahrzeuges aufgrund der Positiv-Bewertung an dieser Stelle ein StVO-Verstoß vorliegt, der zur Ahndung geführt werden kann.

Im Gesamtkontext des Projektes wurden seitens Neurosoft für AP 2.4 folgende Aspekte vertieft bzw. folgende Ziele erreicht:

Funktionales Ahndungskonzept:

- Abstimmungsgespräche mit den Vertretern des Fachbereichs III - Ordnung und Straßenverkehr, Sachgebiet Verfolgung und Ahndung von Ordnungswidrigkeiten, Ennepe-Ruhr-Kreis.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

- Dabei wurde vereinbart, dass vor Aufnahme des Regelbetriebes des Demonstratorsystems die Kommunikations-Schnittstelle zum Sachgebiet Verfolgung und Ahndung (und deren relevantem Software-Unternehmen) abgestimmt werden soll
- Festgelegt wurde, dass die Daten Kennzeichen, Ort und Fahrzeugart und Datum auf Basis des Datenschutzkonzeptes übergeben werden sollen.

Technisches Ahndungskonzept:

- Technisch funktionale Neudefinition des Detektionsquerschnittes 2 in Analogie zum MQ1
- Damit: Erarbeitung der Basis für die Datenermittlung zur erfolgreichen Durchführung des Bußgeldverfahrens
- Aufgrund der Ergebnisse des Rechtsgutachtens konnte kein sicheres Matchingverfahren von Datensätzen zwischen den beiden Messquerschnitten durchgeführt werden. Dieses war aufgrund der Situierung des MQ2 auf dem überführenden Brückenbauwerk zur eindeutigen Einleitung eines Ahndungsverfahrens konzeptionell auch nicht mehr notwendig (sichere Detektion eines Fz, welches ein StVO-Vergehen begeht).

v) Simulator-Studie (entsprechend AP 2.5)

Die in den vorherigen Arbeitspaketen erarbeiteten Varianten für die Ausleitung von betroffenen Lkw wurden im Rahmen der Simulator-Studie gegenübergestellt und am Fahrsimulator am ISAC verifiziert

In der virtuellen Umgebung wurden durch das ISAC unterschiedliche Ausfahrtaufforderungen abgebildet, indem Inhalt, Größe, Standort sowie der Abstand zu anderen Elementen variiert werden konnten. Im Rahmen der Probandenstudie wurde dann durch Veränderung der Verkehrszustände und Geschwindigkeiten die optimale Variante der Ausleitung ermittelt, die gem. AP 2.3 im Wesentlichen die Grundlagen des Ausleitungskonzeptes bildeten.

6.4 Demonstrator (entsprechend AP 3)

Wie in den vorangegangenen Kapiteln bereits dargestellt konnte das Demonstratorsystem an der B234 in der Stadt Wetter an der Ruhr aufgebaut werden. Die feierliche Eröffnung des Systems unter Beteiligung hochrangiger Vertreter aus Politik, Behördenvertretern aus Land und Kreis, aus Forschung und Entwicklung, aus der Wirtschaft, der Presse und privaten Interessierten erfolgte am 05.06.2020, die Freischaltung des Systems wurde durch NRW-Verkehrsminister Hendrik Wüst und Straßen.NRW-Abteilungsdirektor Thomas Oehler vollzogen.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ



Abbildung 10: Eröffnung des Systems „Brückenwächter“ am 05.06.2020

Der Eröffnung vorangegangen war eine intensive Phase der Standortfeinplanung und der Festlegung der technischen Details für die Umsetzung.

Die nachfolgenden Abbildungen beschrieben die Örtlichkeit an der B234 im Vorlauf des schutzbedürftigen Überführungsbauwerkes über die DB-Strecke und den Fluss Ruhr.



Abbildung 11: Demonstratorfeld an der B234 und Überführungsbauwerk über die DB und Ruhr (Overwegbrücke)



Abbildung 12: Detektions- und Anzeigestandorte der dynamischen Verkehrszeichen

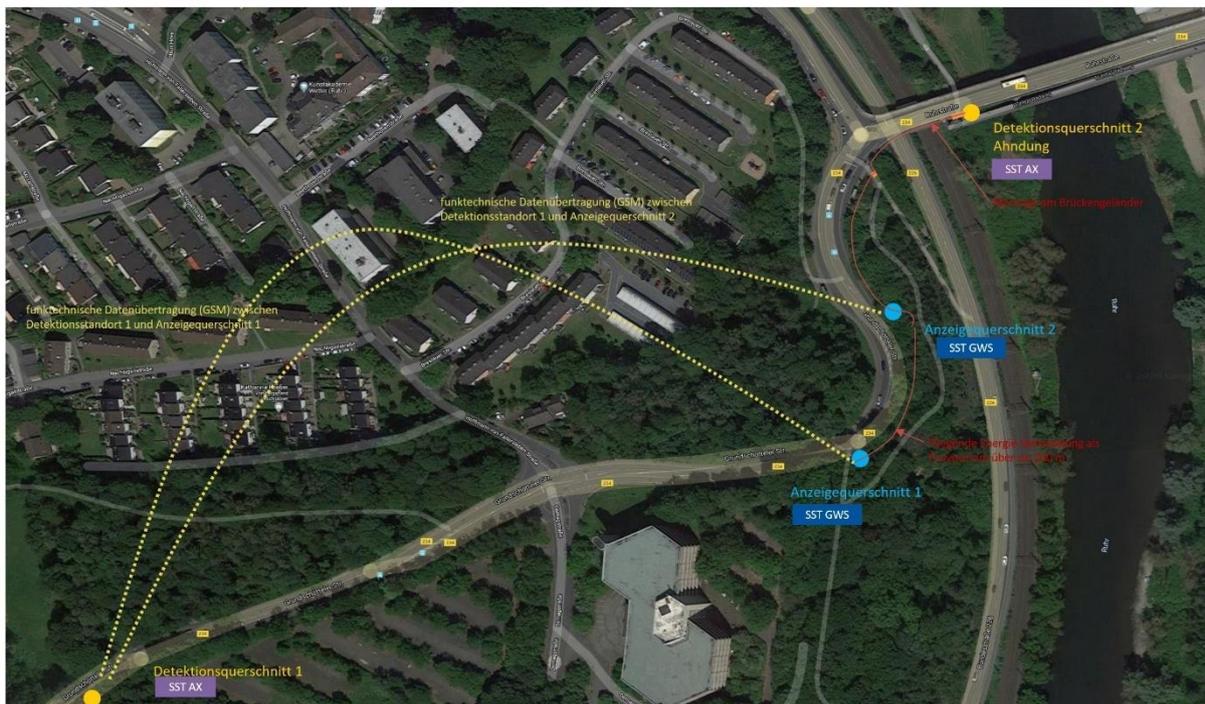


Abbildung 13: Kabelgebundene und funktechnische Versorgung der Detektions- und Anzeigestandorte

i) Erfassungstechnik (entsprechend AP 3.1)

Entsprechend den Ergebnissen aus AP 2.2 wurden entsprechend dem Erfassungskonzept folgende Hardwarekomponenten ausgewählt um den Erfassungsquerschnitt aufzubauen.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

(ANPR- / MMR-) Videokamera

Als Kamera-Hardware für die Aufnahme des Videostreams wurde aufgrund regelmäßig positiver Erfahrungswerte die Bosch DINION IP starlight 6000 HD und als Infrarotstrahler der Bosch AEGIS UFLED Intelligent-IR Strahler zum Einsatz gebracht. Aufgenommen wurde der Videostream in 1080p (Full HD).

Das Wissen zur Optimierung von Kamerapositionierungen und speziellen Videoparametern (Brennweiten, Blendensteuerungen, Belichtungssituationen, etc.) in Abhängigkeit von projektspezifischen Anforderungen stellt eine der Kernkompetenzen der Neurosoft GmbH im Rahmen der Umsetzung von Realsierungsprojekten für Videoanwendungen dar. D.h., dass Neurosoft dieses Know How bei Bedarf für jeden Kunden im Rahmen von Projekten zur Verfügung stellt. Die Verwertung dieses Know Hows als Kernkompetenz der Firma wird neben der Nutzung im gegenständlichen Verbundprojekt auch weiteren Reaklsierungsprojekten zur Verfügung stehen.

Der IR-Strahler stellt ein seit vielen Jahren bei Neurosoft GmbH in der Anwendung befindliches Beleuchtungs-System dar, welches sich für die verbesserte (Nacht-) Sichtfähigkeit von Kamerasystemen in vielen Projekten bereits bewährt hat. D.h. für das gegenständliche Projekt musste dazu keine Entwicklung zur Verbesserung der Verwendung durchgeführt werden. Allerdings wurde das unfassende bestehende Know How der Neurosoft GmbH zur Sicherstellung des Projekterfolgs entsprechend angewandt.

Laserscanner

Sowohl bei der IR-Strahler-Technologie als auch bei den Laser-Scanner-Technologien wurde durch Neurosoft GmbH auf bestehende Standard-Technologien im Rahmen dieses Projektes zurückgegriffen. Es bestand keine Notwendigkeit, diese jeweiligen etablierten (Einzel-) Technologien im Rahmen des Projektes weiterzuentwickeln.

Erklärtes Ziel auch auf Seiten der Laser-Scanner-Technologie war es, auf Komponenten zugreifen zu können, die ebenso standardmäßig zur Verfügung stehen, ohne dabei komplexe Anpassungsarbeiten oder technologische Weiterentwicklungen im Bereich der Detektion durchführen zu müssen. Kernziel des Projektes war es, schnell und einfach ein System bereitstellen zu können.

Beide genutzten Erfassungs-Technologien (video- und laserbasiert) stehen auf dem Markt als Produkte zur Verfügung und können von jedem frei erworben werden. Zudem ist im Bereich der LiDAR-Laserscanner eine dementsprechende völlig unabhängige Analyse-Software frei auf dem Markt zu erwerben.

Als Laserscanner-Hardware wurde ein Laserdetektor der Fa. SICK, Typ LMS 141 eingesetzt.



Abbildung 14: eingesetzter Laserscanner der Fa. SICK, Typ LMS 141

Für diesen im Projekt eingesetzten Laser-Scanner der Herstellerfirma SICK gibt SICK folgende maximale Toleranzen bei der Messgenauigkeit der Fahrzeugabmessungen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit an:

- Genauigkeit der Längenmessung: $\pm 0,40$ m bei $v < 30$ km/h
- Genauigkeit der Längenmessung: $\pm 1,00$ m bei $v < 120$ km/h
- Genauigkeit der Breitenmessung: $\pm 0,05$ m bei $v < 30$ km/h
- Genauigkeit der Breitenmessung: $\pm 0,10$ m bei $v < 120$ km/h
- Genauigkeit der Höhenmessung: $\pm 0,30$ mm bei $v < 120$ km/h

Maststandort

Wie oben dargestellt war zur Optimierung der Voraussetzungen zur jeweils exakten Messung die Montage der Laser- und Videodetektoren in der Mitte der Fahrbahn notwendig. Um diesen Montageorte umsetzen zu können, musste eine Tragkonstruktion gewählt werden, die es ermöglicht trotz seitlicher Aufstellung die Detektorpositionierung über den Fahrbahnmitte zu gewährleisten. Zudem war eine der systemspezifischen Voraussetzungen die schnelle und flexible Montage und Demontage des kompletten Standortes. Aus diesem Grund kam eine Peitschenmastkonstruktion auf mobilem Fundament zum Einsatz.

Nachfolgende Abbildung verdeutlicht die prinzipielle Montagemethodik zum Aufbau des mobilen Messquerschnittes.



Abbildung 15: Prinzipabbildung von MQ 1 mit mittlerer Montage der Detektoren auf einem Peitschenmast

In der Praxis hat sich dann gezeigt, dass aufgrund der örtlichen Gegebenheiten (Kurvigkeit im Vorlauf des Detektionsstandortes MQ 1) die Situierung von Laserscanner und Videodetektor getauscht werden musste, sodass der MQ 1 wie in folgenden Abbildungen dokumentiert aufgebaut wurde.



Abbildung 16: MQ 1 mit fahrbahnmittiger Montage des Laserscanners und Videodetektor auf einem Peitschenmastausleger der mobilen Aufstellvorrichtung



Abbildung 17: MQ 1 mit fahrbahnmittiger Montage des Laserscanners und Videodetektor auf einem Peitschenmastausleger der mobilen Aufstellvorrichtung (Rückseite)



Abbildung 18: Mobile Aufstellvorrichtung mit Peitschenmastausleger

Sämtliche mobile Aufstellvorrichtungen sowohl für die beiden Detektions- als auch die dynamischen Anzeigequerschnitte wurden durch unseren Subunternehmer, Fa. Greenway Systems GmbH (GWS), geliefert, montiert und am Ende des Projektes demontiert.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Kernkompetenz von GWS ist u.a. die Herstellung, Bereitstellung und Montage / Demontage von verkehrstelematisch relevanten Aufstellvorrichtungen. Sämtliche mobilen Fundamente inkl. Aufstellvorrichtungen sind je Anforderungsklasse aufgrund einer typenspezifischen Statik und einem dementsprechenden Standsicherheitsnachweis präjudiziert.

ii) Anzeigetechnik (entsprechend AP 3.2)

Es kamen, wie in AP 2.3 bereits dargestellt sowohl statische als auch dynamische Anzeigetafeln zum Einsatz. Einige statischen Anzeigetafeln (Verkehrsschilder) waren bereits vorhanden, andere mussten neu erzeugt und montiert werden.

Die Situierung des ersten statischen Anzeigers erfolgte bereits am ersten Detektionsquerschnitt (MQ1), wie in Abbildung x (oben) dargestellt.

Ca. 300 m vor dem Knotenpunkt an welchem die relevanten FZ ausgeleitet wurden (vor der zu schützenden Brücke), wurde folgendes statisches Verkehrsschild, welches neu erzeugt wurde, situiert, gefolgt von Verkehrszeichen gem. Abbildung 19 100 m vor der Ausleitung.

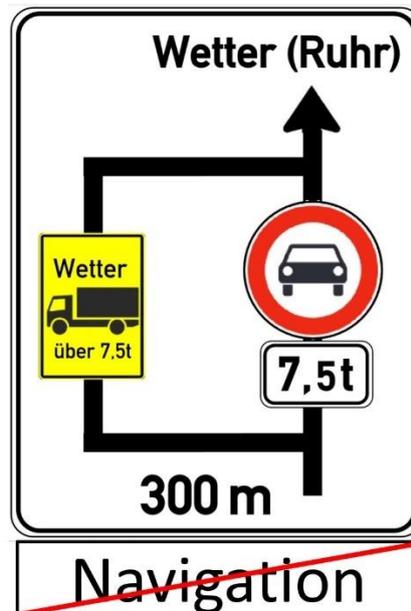


Abbildung 19: statisches Verkehrszeichen ca. 300 m vor der Ausleitung (Prinzipbild)



Abbildung 20: statisches Verkehrszeichen ca. 300 m vor der Ausleitung (Realbild)



Abbildung 21: statisches Verkehrszeichen 100 m vor der Ausleitung

LED-Display

Die dynamischen Anzeigetafeln wurden als lichttechnische Anzeiger ausgeführt. Um den Fahrer eines nicht berechtigten Fahrzeuges individuell anzusprechen, wurden 2,1 Meter hohe und 1,4 breite dynamische LED-Anzeigetafeln eingesetzt. Mit einer Auflösung von 64 Pixeln in der Breite und 96 Pixeln in der Höhe (GWS-FUTURIT-LED-Tafel 64 x 96 Pixel) können alle relevanten Verkehrsschilder sowie Fahrzeugkennzeichen angezeigt werden. Die vollflächige LED-Tafel ist frei programmierbar.



Abbildung 22: dynamische Wechselverkehrszeichen (mit frei programmierbaren Anzeigeflächen)

Wie in Abbildung 22 zu erkennen, ist diese Anzeigetafel ebenso auf einer mobilen Aufstellvorrichtung (Gitterrohr-Tri-Mast) mit mobilem Fundament montiert, welche ebenso durch Typenstatik einen präjudizierten Standsicherheitsnachweis aufweist. Diese Anzeigen inkl. Aufstellvorrichtungen wurden ebenso durch unseren Subunternehmer GWS beigebracht, geliefert, montiert und demontiert.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Nachfolgende Abbildung vermittelt einen Eindruck der Wirkungsweise der dynamischen Anzeigetafel im Demonstratorfeld.



Abbildung 23: dynamisches Wechselverkehrszeichen (mit frei programmierbarer Anzeigefläche) im Realbetrieb des Demonstrators

iii) Kontrollsystem (technisch) (entsprechend AP 3.3)

Wie in Kap. 1.2 beschrieben war konzeptionell ein zweiter autarker Detektionsstandort (MQ2) mit gleichem technischen Aufbau und gleicher technischer Funktionalität wie der Erfassungsquerschnitt 1 (MQ1) umzusetzen. Daten zwischen diesen beiden Detektionsquerschnitten wurden nicht ausgetauscht.

Die Situierung des MQ 2 auf der Brücke wurde so gewählt, dass bei Detektion eines Fz > 7,5 t zugelassenem Gesamtgewicht an dieser Stelle aufgrund der STVO-Beschilderung im Zulauf zur Brücke damit eindeutig ein Verstoß gegen die beschilderte Ausfahrts-Anweisung eingetreten ist und damit der Tatbestand des STVO-Verstoßes nachweislich vorliegt, welcher konsequenterweise zur Ahndung führen musste.

Die beiden nachfolgenden Bilder der Abbildung 24 zeigen den Standort von MQ 2 auf der Brücke, in Fahrtrichtung nach dem ableitenden Knotenpunkt.



Abbildung 24: Standort des autarken Detektionsquerschnittes MQ 2 auf der Brücke nach dem ableitenden Knotenpunkt an der B234

Mit dem Ordnungsamt des Ennepe-Ruhr-Kreises wurde im Rahmen der Ahnung von STVO-Verstößen ein verschlüsselter Datensatz besprochen, der folgende Parameter beinhaltet:

- Jedes unbefugte Fahrzeug erzeugt folgenden – verschlüsselten – Datensatz:
 - Ortsdaten (Standort, Fahrtrichtung, Fahrspur),
 - Daten Messeinheit (Gerätetyp, ID, Status),
 - Systemdaten (Software, Datum, Stunde, Minute, Sekunde, Millisekunde),
 - Fahrzeugeigenschaften (Fahrzeugklasse, Fahrzeuglänge),
 - Kfz-Nummer einschließlich Nationalität.
- im JSON-Format (JavaScript Object Notation - Format)

iv) Integration (entsprechend AP 3.4)

Lokale Streckenstation je Messquerschnitt

Streckenstationsschrank (SST)

Die erfassten Daten der beschriebenen Erfassungssysteme (Kamera, Scanner) liefen zentral in eine Recheneinheit in einem Streckenstationsschrank, welcher am Mast des jeweiligen Detektionsstandortes montiert war, zusammen. Alle Daten der verwendeten Erfassungskomponenten wurden dort von einem Industriecomputer – auf welchem die systemischen Softwares (Videobilddatenanalyse und Punktwolkenanalyse der Laserdaten)

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

und die integrierende Auswertesoftware installiert waren – ausgewertet. Zusätzlich befanden sich im Streckenstationsschrank weitere technische Komponenten wie Switches, Netzteile, Sicherungen und ähnliches, denn in der Regel erfolgt die lokale Energieversorgung der einzelnen Hardwarekomponenten ebenfalls aus dem SST-Schrank. Der SST-Schrank war als doppelwandiger und abschließbarer Schrank ausgeführt worden, somit waren die Elektronikkomponenten gegen den Zugriff unbefugter Dritter geschützt.

Konkret wurde als Recheneinheit für die jeweiligen Messquerschnitt-Standorte ein zentraler Industrie-Rechner (inkl. Zentralen-Software der Fa. automationX) als auch eine Telekommunikationseinheit zur funktechnischen Datenübermittlung (GSM-Modul) in den Neurosoft-Streckenstationen und für die Anzeige-Standorte ein systemspezifischer Industrie-PC mit GSM-Empfangseinheit in den Streckenstationen unseres Subunternehmers zur Anwendung gebracht.

Erfassungsprinzip

Software-Komponenten im Streckenstationsrechner der Messquerschnitte

- **Videodetektion:**

Aufgrund der Ergebnisse des Rechtsgutachtens musste entsprechend der Darstellung in AP 2.2 die ursprüngliche Konzeption der Nutzung videobasierter Verkehrsdaten und die Ankopplung der Modellerkennung mit einer hinterlegten Datenbank der spezifischen zugelassenen Gesamtgewichte wegen rechtlicher Unzulässigkeit verworfen werden. Die ursprünglich konzipierte Videoanalyse-Software NeuroCAR konnte nicht umgesetzt werden. Stattdessen wurde als Videoanalyse-Software das Produkt „Licence Plate Recognizer“ der Fa. „number-ok“ gewählt.

Das System zeichnet sich speziell durch folgende Parameter aus:

- Erfasst und erkennt das Kennzeichen in 20-70 ms (Full HD)
- Erkennungsgenauigkeit bis zu 95 %
- Erkennung von Marke, Modell, Farbe und Typ
- Erkennung von 6 Fahrzeugtypen (PKW, SUV, Van, LCV, LKW, Bus)
- Erkennung der Länderzugehörigkeit (ca. 50 Länder)
- Videoanalyse auf Basis mehrerer Bilder eines FZ-referenzierten Video-Streams
- Erkennung FZ-Geschwindigkeit inkl. Kennzeichenerkennung bis zu einer Geschwindigkeit von 240 km/h
- Kompatibel mit nahezu allen Kameraquellen
- Codec: H.264 / MJPEG

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

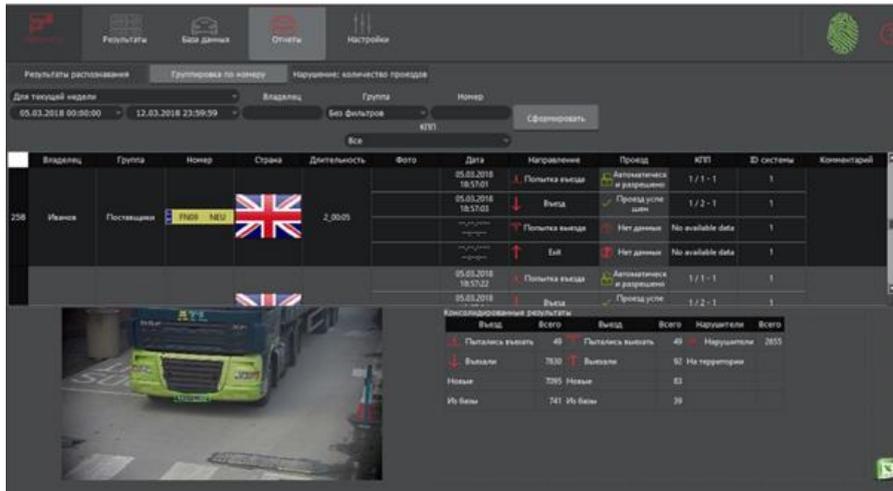


Abbildung 25: Beispielbild des SW-Frontends der Videobilddatenanalyse

Nachfolgendes Systembild zeigt die konzeptionelle Erwartungshaltung hinsichtlich der Ergebnisse mit reinen Videobilddatenauswertung.

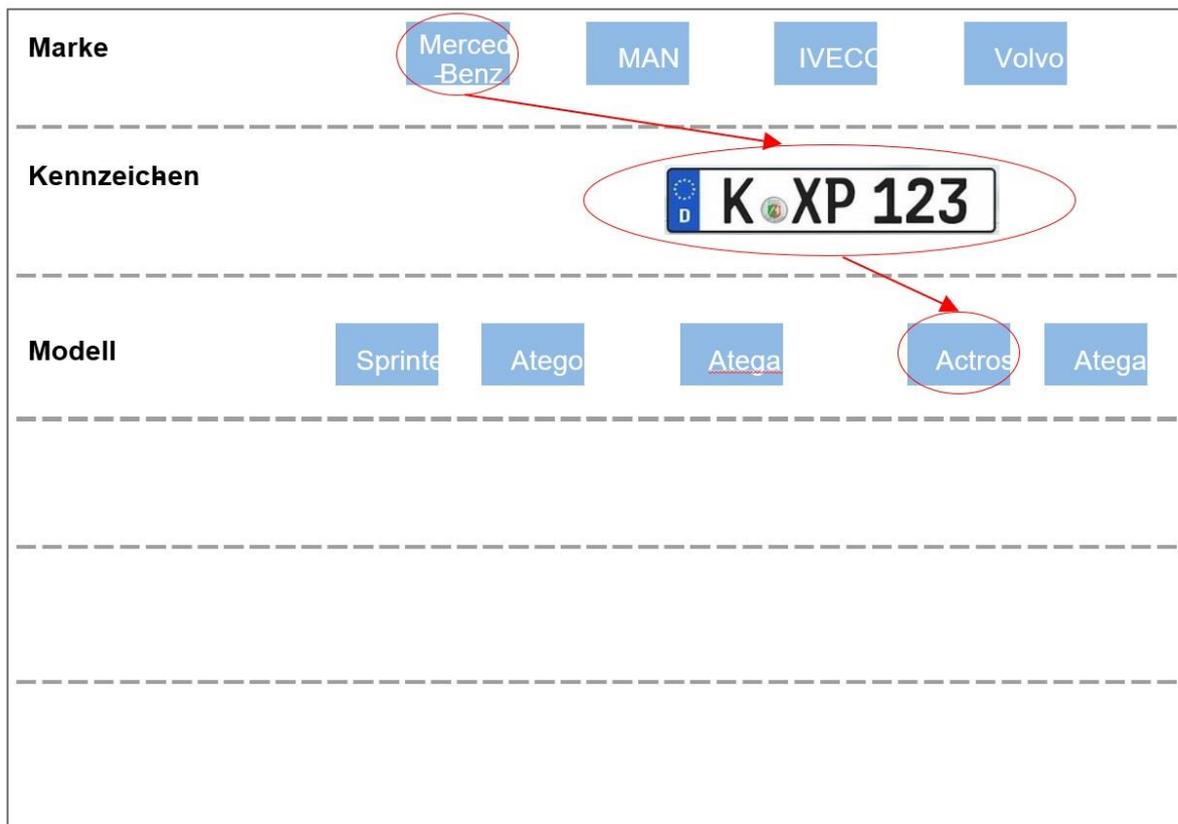


Abbildung 26: Erwartete Analysetiefe bei reiner Video-Detektion

- **Laserdetektion**

Mit Hilfe der Laserscanner-Detektion wird eine ebenes Detektionsfeld aufgespannt (in unserem Anwendungsfall eine senkrecht auf die Fahrbahn treffende ebene Messfläche, deren Sektorenursprung (Laserquelle) mittig über der Fahrbahn situiert ist). Die Reflektionszeit des Laser-Echos aus jedem Punkt der Punktwolke wird gemessen. Ein FZ, welches dieses Messfeld durchfährt, verändert die Reflektionszeit des Laser-Echos. Durch seine Geometrie können durch Interpretation der Punktwolke Rückschlüsse auf folgende Parameter gezogen werden:

- Breite des Objektes
- Länge des Objektes
- Höhe des Objektes
- Silhouette des Objektes

Das nachfolgende Bild beschreibt beispielhaft die interpretierte Silhouette eines FZ.

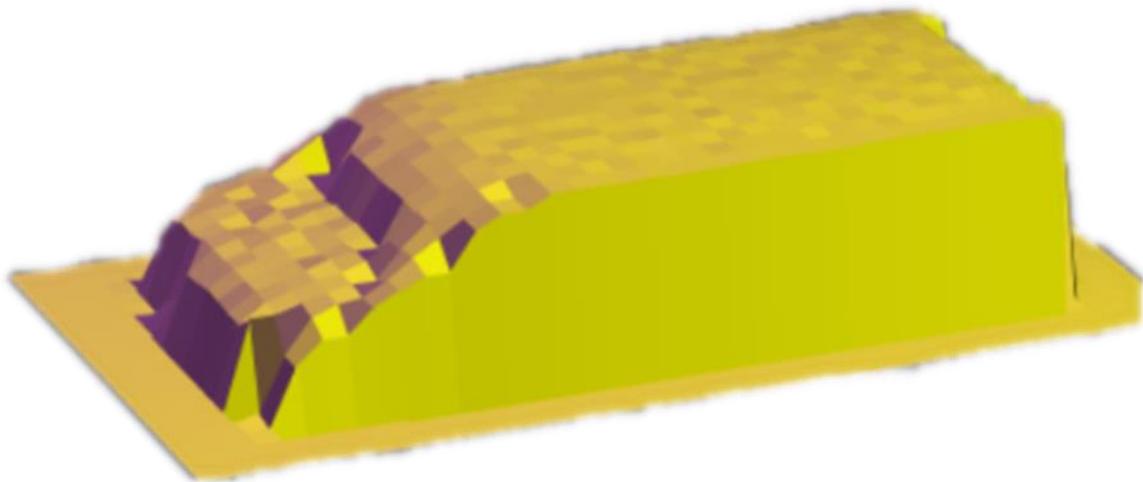


Abbildung 27: Beispielbild einer Silhouetten-Interpretation eines Fahrzeuges aus Laserdaten

- **Verschneidung der Ergebnisse der Video-Detektion mit den Ergebnissen der Laserscanner-Detektion**

In der Recheneinheit der Streckenstation erfolgt die Verschneidung der Laserdaten mit den Daten des MMR-Algorithmus aus dem Videostream. Dies gewährleistet eine zuverlässigere Detektion eines (unberechtigten) Fahrzeuges, auch bei ungünstigen Lichtverhältnissen, da der Laserscanner unabhängig von der Tages- und Nachtzeit konstante Ergebnisse liefert und die Kamera bei unzureichenden Lichtverhältnissen auf IR-Strahlung umschaltet.

Nachfolgendes Systembild zeigt die konzeptionelle Erwartungshaltung hinsichtlich der Ergebnisse des dualen Erfassungsprinzips mit verschnittenen Ergebnissen aus der Videobilddatenauswertung und der Laserscanner-Auswertung.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

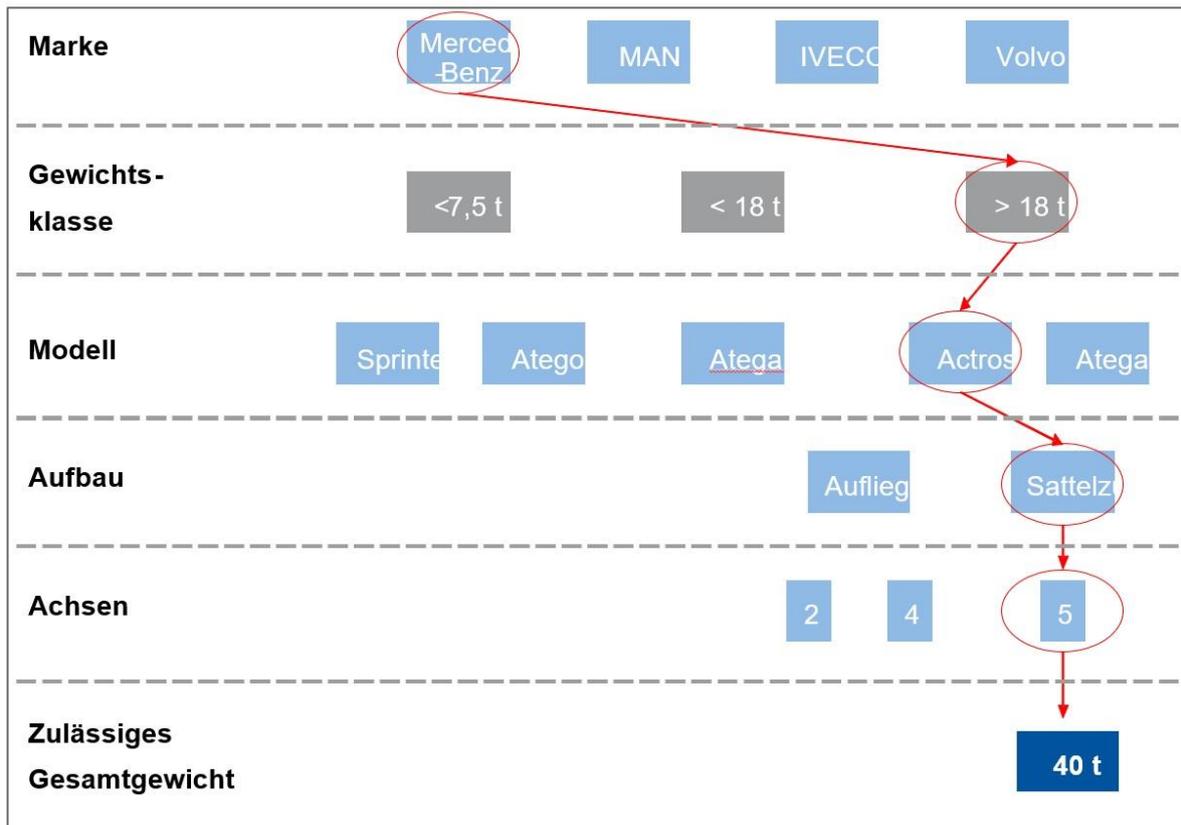


Abbildung 28: Erwartete Analysetiefe bei dualem Erfassungsprinzip aus Video- und Laserscanner-Detektion

Ein weiterer Vorteil dieses dualen Erfassungsprinzips mit verschnittener Ergebnisinterpretation auf Basis der konzipierten Hardwarekombination sind genauere Erkennungen und Einschätzungen von Sonderfällen. Beispielsweise hat eine übliche Sattelzugmaschine ein maximales zulässiges Gesamtgewicht (zGG) von 7,5 t. Der MMR-Algorithmus aus der Video-Detektion erkennt ausschließlich diese Sattelzugmaschine, erst der Laserscanner erkennt die Situation, ob ein Sattelaufzieger vorhanden ist. Die Kombination aus beiden Detektionen ergibt das projektrelevante Ergebnis.

Detektionsgüte

Ein abschließendes Urteil über die angestrebte Erreichung der Detektionsgüte von 95 % muss im Laufe der Projektumsetzung gem. AP 5 gefällt werden, da die Anordnung der Hardware in bisherigen Kunden-Projekten der Neurosoft GmbH entsprechend den jeweiligen Projekterfordernissen anders konzipiert war und dementsprechend die Anordnung der Videokamera in Kombination mit dem LiDAR-Scanner (Montage mittig über der Fahrbahn) in dieser Form Bestandteil des gegenständlichen forschungsorientierten Projektkonzeptes war. Erst im Rahmen eines längeren Betriebes des Demonstrators können diesbezüglich fundierte Auswertungen erfolgen.

Zwar ist während der Projektphase dieses Forschungsprojektes im Rahmen eines parallelen Kunden-Projektes der Neurosoft GmbH ein Messstandort mit gleichem Systemaufbau

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

realisiert worden, aber in diesem Projekt wurde ein Lösungskonzept umgesetzt, welches völlig andere Projekterfordernisse abbildete und daher nicht vergleichbar war. Somit konnten die in diesem Projekt erhobenen Daten dahingehend nicht für das gegenständliche Projekt verwendet werden, um vorab bereits eine fundierte Aussage über die mögliche Detektionsgüte zu erhalten. Aus den dabei ermittelten Ergebnissen konnten aufgrund deren Abhängigkeit von projektspezifischen Einflüssen aus Drittsystemen keine belastbaren Erkenntnisse für eine evtl. Detektionsgüteverbesserung für das gegenständliche Projekt abgeleitet werden.

Allgemeines Datenbankdesign und Informationsverarbeitung

Gemeinsam mit unseren Partnern der RWTH Aachen wurde im Rahmen des Arbeitspakets 1.3 (Erfassungskonzept) ein SQL-Datenbankdesign aufgesetzt. Ziel des zu erstellenden Datenbankdesigns war die Notwendigkeit für den Abgleich der verschnittenen Fahrzeugdaten aus der ANPR-/MMR-Funktion und dem Laserscanner mit einem hinterlegten Wert in einer SQL-Datenbank. Dabei beschreibt der hinterlegte Wert das zulässige Gesamtgewicht der zu schützenden Infrastruktur. Folglich muss prozess-algorithmisch die Abfrage und Aufbereitung der gesuchten Information umgesetzt werden; im Fall des Systems Brückenwächter das Vorhandensein eines zGG über 7,5 t. Die von der Sensorik ausgegebenen Daten werden in einer SQL-Datenbank abgebildet und prozess-spezifisch auf ihre Plausibilität überprüft und verschnitten. Als Ergebnis soll ein bestimmtes Fahrzeugmodell einer Marke mit dem entsprechenden zul. GG „vehicle_weight“ ausgegeben werden. Fällt die Plausibilitätsprüfung der einzelnen Zwischenergebnisse negativ aus, wird die Messung an dieser Stelle als ungültig markiert und verworfen.

Ist die Messung als gültig deklariert, wird das zul. GG des Fahrzeuges mit der Vorgabe des zul. GG der Brücke „maximum_weight_bridge“ abgeglichen und bei Überschreitung des zul. GG der Brücke werden entsprechende Steuerungsbefehle von der Steuerungssoftware ausgegeben. Das Kennzeichen des relevanten Fahrzeugs der Positiv-Bewertung wird an die Schaltalgorithmik zur Ansteuerung des dynamischen Verkehrsschildes übertragen.

Steuerung, Konsolidierung der Auswertungen

Nach Analyse der Video-Streams und Identifikation des relevanten Fahrzeuges > 7,5 t Gesamtgewicht wird aus dem Videobild die Kennzeicheninformation des als „Positiv-Treffer“ interpretierten Datensatzes (aus der SQL-Datenbank) extrahiert und funktechnisch an die System-Unterzentrale unseres Subunternehmers GWS übermittelt. Von dort wird der Buchstaben- und Zahlen-String an die systemspezifische GWS-Streckenstations-CPU an den jeweiligen Anzeigequerschnitten geschickt. In dieser CPU wird der dynamische Informationsanteil des relevanten Kennzeichens in das vorprogrammierte Anzeigenbild (sich nicht ändernde statische Komponente des Verkehrszeichens) des dynamischen Verkehrsschildes integriert und das so generierte Anzeigenbild des Wechselverkehrszeichens an das LED-Frontend geschickt, wo es sofort zur Anzeige gebracht wird.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Datenübertragung

Die kabelgebundene Übertragung des Daten-Signals würde nicht nur kostenintensive Tiefbauarbeiten und Flächenbedarf - (Seiten-) Räume - für die Kabel-Trassen erfordern, sondern sie würde auch die Mobilität der gesamten Anlage – durch das Einhalten des regelkonformen Verlegens der Kabel – massiv einschränken. Eine kabelgebundene Datenübertragung fiel daher auch aufgrund der generellen Forderung der nicht invasiven Bauart bei der Umsetzung des Gesamtsystems aus. Die Datenübertragung für das Demonstratorsystem erfolgte demnach funktechnisch.

Wird das erfasste Kennzeichen verschlüsselt zwischen dem Streckenstationsschrank und dem Anzeige-Querschnitt per Mobilfunk übertragen, so ist die Latenzzeit abhängig

- von der vor Ort vorhandenen Netzabdeckung mit 2G/3G/4G/(5G),
- von der Auslastung des Mobilfunknetzes, (zu Stoßzeiten kann durch den höheren Auslastungsgrad im Mobilfunknetz die Latenz höher sein).

Überprüft wurden deshalb vor Ort die Netzabdeckungen der drei in Deutschland vertretenen Mobilfunknetzbetreiber: „Telekom“, „Telefónica“ und „Vodafone“.



MQ1



AQ1 & AQ2



MQ2

Abbildung 29: Funktechnische Vermessung an allen Detektions- und dynamischen Anzeigestandorten

GMS Scanner-Messung:

Die empfangenen Pegel wurden in der Größe dbm (-113 bis -51) gemessen. Es gilt, je höher die Werte sind umso besser ist der Empfang. Bei Werten im Bereich unter oder gleich -99 dbm ist mit Kommunikationsschwierigkeiten zu rechnen!

Für die Latenzzeitberechnung wurde von einer funknetzabhängigen Verzögerungszeit von 1.000 Millisekunden ausgegangen.

Latenzzeiten

Die Latenzzeit zwischen Durchfahrt des Fahrzeugs und Anzeige der Ausfahraufforderung ist dann ausreichend, wenn eine Erkennung der ersten in Fahrtrichtung nach der Detektion befindlichen, dynamischen Anzeigetafel durch den Fahrer problemlos ermöglicht ist. Hierzu sollen mid. ca. 1,5 Sekunden als Erkennungszeit zur Verfügung stehen. Die Latenzzeit berücksichtigt den Zeitbedarf für die Datenerfassung, Signalverarbeitung, Steuerung, Datenübertragung und Anzeigeaktivierung. Aus der Standortgeometrie und der Latenzzeit kann die Erkennungszeit berechnet werden.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Um die Latenzzeit zu bestimmen, wurden alle Systemabläufe auf ihren Zeitbedarf untersucht und abschließend wurde der (voraussichtlich) benötigte Zeitbedarf quantifiziert. Die Latenzzeit des eingesetzten Systems hängt maßgeblich von der Fahrzeuggeschwindigkeit sowie von der Art der Datenübertragung ab.

Fahrzeuggeschwindigkeit

Die Analyse-Software, welche den Videostream der ANPR-Kamera auswertet, erkennt im Standardfall innerhalb von zwei Frames (ca. 80 ms) den Fahrzeugtyp bzw. die Fahrzeugklasse. Dennoch ist der finale Erkennungsprozess erst abgeschlossen, wenn der LiDAR-Scanner die Detektion des Fahrzeuges abgeschlossen hat; dies ist dann erreicht, wenn das Fahrzeug den Messquerschnitt vollständig passiert hat. Durch die Länge des Schwerlast-Fahrzeugs benötigt dieser Vorgang einen verlängerten Zeitraum, wie der Abbildung 30 zu entnehmen ist. Erst im Anschluss wird der fahrzeugspezifische Datensatz erstellt. Als durchschnittliche Länge der Lkws wird eine Länge von 16,50 m angesetzt, siehe Abbildung 31.

Wenn ausschließlich Fahrzeuge mit einem zul. GG von > 7,5 t separiert werden sollen, wäre theoretisch eine vollständige Längendetektion bei Kraftfahrzeugen länger als 12 m nicht zwingend notwendig.

Vorgang	Zeit in Millisekunden		
	Geschwindigkeit (km/h)		
	30 (=8,33 m/s)	50 (=13,88 m/s)	80 (=22,22 m/s)
Erkennung des Fahrzeuges; Länge = 16,5 m	1.980	1.188	742
Erstellung des fahrzeugspezifischen Datensatzes	100		
Verschlüsselung des Datensatzes	25		
Übergabe an Sendesystem	50		
Mobilfunkübertragung zum Anzeige-QS	1.000		
Verarbeitung am Anzeige-QS und Errechnung des Schaltbildes	500		
Summe	3.655	2.863	2.417

Abbildung 30: Ermittlung der Latenzzeit

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

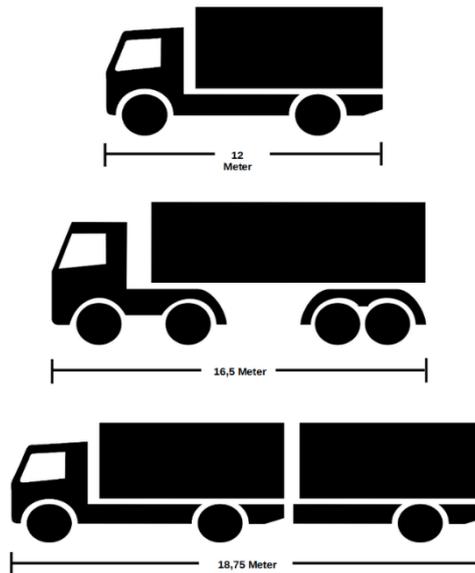


Abbildung 31: Fahrzeuglängen

Bewertung der Latenzzeit und Auswirkung auf den Abstand zwischen Detektion und Anzeigestandort

Die Latenzzeit der Datenübertragung ist standortabhängig und lässt sich nicht verbindlich im Vorfeld quantifizieren. Dennoch konnte durch konzeptionelle Vorüberlegungen und die Berücksichtigung von rechnerischen Pufferzeiten der Zeitbedarf für die Datenübertragung entsprechend Abbildung 30 auf 2,863 Sekunden, gerundet 3 Sekunden eingrenzt werden. Infolgedessen ergab sich rechnerisch bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h der Minimalabstand zwischen Detektionsquerschnitt und erstem Anzeigequerschnitt von mindestens 45 m. Im Demonstratorfeld beträgt der Abstand zwischen MQ 1 und AQ 1 rd. 350 m. Das heißt, dass alleine aus der Latenzzeit der Datenübertragung im Mittel keine Engpässe für die Erkennung der Verkehrsschilder abzuleiten ist. Die geforderte Erkennungszeit von 1,5 Sekunden für das dynamische Verkehrszeichen am AQ 1 wurde vom realisierten System deutlich überschritten. Dies bedeutet, dass bei einer Reisegeschwindigkeit von 50 km/h spätestens 12 Sekunden nachdem das FZ MQ1 passiert hat das dynamische Verkehrszeichen das Kennzeichen des relevanten Fahrzeuges spätestens anzeigen muss, damit der Fz-Lenker dieses Fahrzeuges noch immer mindestens 1,5 Sekunden Erkennungszeit für die dynamische Anzeigetafel hat. Im realen Anwendungsfall konnte aber bei jeder eventbasierten Aktivierung des dynamischen Verkehrszeichens inkl. Anzeige des FZ-Kennzeichens ein deutlich kürzerer Zeitraum realisiert werden, sodass für die Erkennung des Verkehrsschildes und Interpretation des „eigenen“ Kennzeichens für die FZ-Lenker genügend Anzeige-Zeit gegeben war.

v) Energieversorgung (entsprechend AP 3.5)

Eine hohe Innovation des Brückenwächter-Systems ergibt sich aus der Flexibilität und Mobilität der Komponenten, sodass eine kurzfristige Inbetriebnahme der Gesamtlösung ohne großen Eingriff in die bestehende Infrastruktur möglich ist. Hierzu gehören neben den mobilen Aufstellvorrichtungen und der nicht kabelgebundenen Datenübertragung auch die Energieversorgung der jeweiligen Komponenten.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

In diesem Zusammenhang konnte auf einen großen Erfahrungsschatz bei Neurosoft GmbH aus den vielen Kunden-Projekten zurückgegriffen werden. Im Besonderen sei betont, dass bei der Auswahl der Detektionskomponenten stets darauf geachtet wurde, dass elektronische Komponenten verwendet werden, welche einen sehr günstigen Stromverbrauch aufweisen, dennoch aber einen hohen Anforderungsstandard an Detektionsqualität bzw. Datenverarbeitungsqualität aufweisen. Es musste demnach ein ausgewogenes Maß an Energie- und Leistungseffizienz erarbeitet werden. Gerade hier konnte man aus Erfahrung auf etablierte Technologie-Komponenten zurückgreifen. Aus diesem Grund war die Entscheidung bzgl. Videokamera mit gutem Gewissen auf die Bosch DINION IP starlight 6000 HD, als Infrarotstrahler der Bosch AEGIS UFLED Intelligent-IR Strahler und als Laserscanner ein Modell der Fa. SICK, Typ LMS 141 gefallen.

Ebenso waren auf Seiten unseres Subunternehmers, GWS, ein erheblich hohes Erfahrungspotenzial hinsichtlich Energieversorgung von Detektionskomponenten mittels alternativer, regenerierbarer Energien abrufbar. Eine der Kernkompetenzen von GWS ist die Energieversorgung von temporären Verkehrstelematik-Komponenten mittels Photovoltaik-Panels und Pufferbatterien, wie in nachfolgendem Bild dargestellt.



Abbildung 32: Muster von mobilen Aufstellvorrichtungen mit dynamischen Anzeigeelementen inkl. Photovoltaik-Anlage und Pufferbatterien auf dem mobilen Fundament

Das ursprüngliche Konzept bedeutete, dass sämtliche Detektions- und Anzeigequerschnitte mit elektronischen Komponenten über Photovoltaik und Batteriepufferung ausgestattet werden sollten. Allerdings hat sich in der fachlichen Abstimmung mit unseren Konsortialpartnern von

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Straßen.NRW der günstige Umstand ergeben, dass über einen bestehenden LSA-Schaltschrank am Ausleitungs-Knotenpunkt vor der Brücke für die Brückenwächter-Komponenten AQ1, AQ 2 und MQ2 eine kostenfreie permanente Stromversorgung vorhanden war. Aus diesem v.a. wirtschaftlichen Grund wurden diese drei eben genannten Demonstrator-Standorte mit einer fliegenden Verkabelung energieseitig versorgt. Die fliegende Verkabelung ist letztlich dem Umstand geschuldet, dass nach Beendigung des Demonstratorzeitraumes (05.06.2020 -30.09.2020) die komplette Anlage wieder zurückgebaut werden musste.



Abbildung 33: Fliegende Energieverkabelung für MQ 2



Abbildung 34: Fliegende Energieverkabelung für AQ 1 und 2

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ



Abbildung 35: Prinzipbild zur fliegenden Energieverkabelung von LSA-SST zur Querung der B234



Abbildung 36: Prinzipbild zur fliegenden Energieverkabelung von LSA-SST zu MQ2, AQ 1 und 2

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Da der Detektionsquerschnitt MQ 1 als für die Gesamtfunktionalität der Anlage wichtigster Standort definiert wurde und zudem dieser Standort inmitten hoher und dichter Vegetation situiert werden musste, hat sich das Konsortium – nicht zuletzt auch aufgrund der hohen Erfahrungswerte der Neurosoft GmbH aus vielen Realisierungsprojekten - umsetzungsseitig auch bei diesem Standort für eine permanenten Stromversorgung entschieden, um für den kurzen Demonstratorzeitraum gesichert eine durchgehende Stromversorgung gewährleisten zu können (vgl. Abbildung 37). Aus diesem Grund wurde hier eine Energie-Hausanschlußsäule beim lokalen Energieversorgungsunternehmen beantragt, welche extra für diese Projekt errichtet wurde. Somit konnte auch MQ 1 permanent mit Strom versorgt werden, sodass sowohl zu stark beschatteten Tageszeiten als auch nachts immer die Energieversorgung für die Detektion gewährleistet war.



Abbildung 37: MQ 1 mit projektspezifischer Energieversorgung über eine Hausanschlußsäule



Abbildung 38: MQ 1 mit realisierter Energieversorgung über eine Hausanschlußsäule

vi) Wissenschaftliche Begleitung (entsprechend AP 3.6)

Die Demonstrationsphase wurde durch das ISAC wissenschaftlich begleitet durch Erhebung von Daten zur Benutzerfreundlichkeit, Funktionalität und Genauigkeit des Systems. An dieser Stelle wird auf die dementsprechenden Ausführungen in der Schlussdokumentation unserer Konsortialpartner verwiesen.

vii) Öffentlichkeitsarbeit (entsprechend AP 3.7)

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit sind auf Basis der Ausarbeitungen der drei Konsortialpartner einige Veröffentlichungen zu zitieren und darzustellen bzw. sind Präsentationen für ein breites Fachpublikum umgesetzt worden.

Am 21. und 22. November 2019 fanden die Aachener Straßenbau- und Verkehrstage 2019 statt. Im Rahmen dieser sehr bekannten und intensiv besuchten Fachtagung konnte das Konsortium einen Fachbeitrag mit dem Titel „Adaptive Verkehrsleitsysteme im Zulaufbereich von Brückenbauwerken – Systemkonzept Brückenwächter“ positionieren. In diesem Vortrag konnten die Ergebnisse unseres gemeinsamen Projektes erstmals einem Fachpublikum zugänglich gemacht werden. Parallel zum Vortrag wurde durch unseren Subunternehmer und Partner Greenway Systems im Rahmen der parallelen Ausstellung ein Messestand bedient und betreut. Hierbei konnten Prinzip-Bilder der Aufstellvorrichtungen inkl. Standortkonzept für den „Brückenwächter“ präsentiert werden.

Im Gesamtkontext des Projektes wurden seitens Neurosoft diesbezüglich folgende Aspekte vertieft bzw. folgende Ziele erreicht:

- Mithilfe bei der Organisation des Messestandes für Neurosoft und Greenway Systems
- Abstimmungsgespräche hinsichtlich der technischen Ausstattung des Messestandes und logistische Planung
- Abstimmungsgespräch mit GWS hinsichtlich Messe-Demonstrator und Standbetreuung
- Abstimmungsgespräche mit RWTH bzgl. Folienvortrag zum „Brückenwächter“
- Mithilfe bei der Erarbeitung des Folienvortrages

Im Bereich textueller Veröffentlichungen konnten für folgende Beiträge Ausarbeitungen beigelegt werden.

- Beistellung von Ausarbeitungen zur Informationsbroschüre „Eröffnung des Systems „Brückenwächter“ am 05.06.2020

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Alles auf einen Blick

Das Umleitungskonzept nach Wetter (Ruhr)

- Die direkte Zufahrt über die B234/Ruhrstraße (Overwegbrücke) in das Industriegebiet der Stadt Wetter (Ruhr) ist für Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 7,5 t gesperrt.
- Die Umleitung für Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 7,5 t erfolgt über die B226/Friedrichstraße (Obergrabenbrücke).

Das Umleitungskonzept aus Wetter (Ruhr)

- Die direkte Ausfahrt erfolgt für Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 7,5 t ausschließlich über die B234/Ruhrstraße (Overwegbrücke).

Dla orientacji

Koncepcja przekierowania do miasta Wetter (Ruhr)

- Dostęp bezpośredni przez B234/Ruhrstraße (Overwegbrücke) do terenu przemysłowego miasta Wetter (Ruhr) jest dla pojazdów o dopuszczalnej masie całkowitej powyżej 7,5 t zablokowany.
- Objazd dla pojazdów o dopuszczalnej masie całkowitej powyżej 7,5 t odbywa się drogą B226/Friedrichstraße (Obergrabenbrücke).

Koncepcja przekierowania z miasta Wetter (Ruhr)

- Bezpośredni zjazd dla pojazdów o dopuszczalnej masie całkowitej powyżej 7,5 t jest tylko możliwy wyłącznie przez B234/Ruhrstraße (Overwegbrücke).

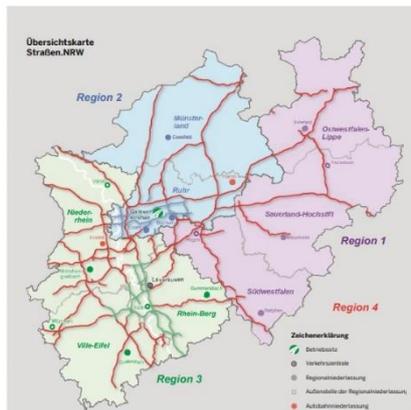
Все с первого взгляда

Концепция утєжив Wetter (Ruhr)

- Прямой доступ через B234/Ruhrstraße (Overwegbrücke) в промышленную зону города Wetter (Ruhr) закрыт для транспортных средств с допустимым общим весом более 7,5 т.
- Диверсия для транспортных средств с допустимым общим весом более 7,5 т осуществляется через B226/Friedrichstraße (Overwegbrücke).

Концепция утєживки Wetter (Ruhr)

- Прямой выход предназначен для транспортных средств с допустимым общим весом более 7,5 т исключительно через B234/Ruhrstraße (Overwegbrücke).



www.strassen.nrw.de

Herausgeber:
Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen
Zentrale Kommunikation
Bernd A. Lächter
Wildenbruchplatz 1
D-45888 Gelsenkirchen

Telefon: +49 (0)209 3808-333
Telefax: +49 (0)209 3808-549
E-Mail: kommunikation@strassen.nrw.de
Internet: www.strassen.nrw.de

Hagen, im Juni 2020



Ministerium für Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



Brückenwächter

Systemeröffnung am 05. Juni 2020



Vorstellung des Verbundprojektes Brückenwächter

Das Verbundprojekt Brückenwächter wird im Rahmen der Fördermaßnahme „Anwender - Innovativ: Forschung für die zivile Sicherheit“ durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

- Im Rahmen dieser Fördermaßnahme werden Forschungsprojekte gefördert, die den Schutz der Gesellschaft vor Bedrohungen verbessern sollen – hier den Schutz vor dem Versagen einer kritischen Infrastruktur, der Overwegbrücke im Zuge der Bundesstraße 234.
- Das Ziel ist es, praxisnahe Forschungsergebnisse zur direkten Stärkung des Anwenders zu entwickeln.

Verbundpartner:

- Landesbetrieb Straßenbau NRW - Anwender und Projektkoordinator
- Institut für Straßenwesen der RWTH Aachen University
- Neurosoft GmbH

Gefördert durch:



Zielsetzung des Systems Brückenwächter

Ziel des Verbundprojektes und des Systems Brückenwächter ist die Entwicklung eines automatisierten Ausleit- und Kontrollsystems, um Teilsperren für bestimmte Verkehrsarten - zum Beispiel LKW - an Brückenbauwerken durchzusetzen. Ziel ist, die Brücken vor übermäßiger Belastung zu schützen und etwaige Verstöße gegen die Teilsperre konsequent zu ahnden. Eine der Hauptaufgaben ist hierbei, die Verkehrsteilnehmer auf die Beschränkungen wirkungsvoll aufmerksam zu machen und ihnen mit Hilfe einer bestimmten Abfolge von Beschilderungen den Weg zu weisen. Das Ausleitkonzept des Systems Brückenwächter setzt sich aus statischer und dynamischer Beschilderung zusammen. Die dynamische Beschilderung hilft dabei, das Verständnis der übermittelten Information zu verstärken: Verkehrsteilnehmer, welche die Teilsperre eines Brückenbauwerkes erkennen und eine Umleitung nutzen sollen, werden über LED-Wechselverkehrszeichen direkt individuell angesprochen. Die verwendeten Systemkomponenten ermöglichen einen einfachen Systemaufbau. Verkehrsteilnehmer, welche die Teilsper-

rung eines Brückenbauwerkes befolgen müssen, werden mittels moderner Video- und Laser-Sensoren erkannt. Darauf aufbauend wird die individuelle Ansprache und etwaige Ahndung automatisiert umgesetzt.

Umleitungskonzept für Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht (zGG) größer 7,5 t in das Industriegebiet Wetter (Ruhr)

- Zufahrt über die B234 (aus Volmarstein kommend):
 - Die direkte Zufahrt über die B234/Ruhrstraße (Overwegbrücke) in das Industriegebiet der Stadt Wetter (Ruhr) ist für Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 7,5 t gesperrt.
 - Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 7,5 t halten sich an der Kreuzung vor der Overwegbrücke links und folgen der Umleitungsbeschilderung über die B226.
 - Die Zufahrt in das Industriegebiet der Stadt Wetter (Ruhr) erfolgt über die B226/Friedrichstraße (Obergrabenbrücke).



Zufahrt über die B226 (aus Witten kommend):

- Die direkte Zufahrt über die Kaiserstraße in das Industriegebiet der Stadt Wetter (Ruhr) ist für Lastkraftwagen gesperrt.
- Lastkraftwagen halten sich an der Kreuzung B226/Kaiserstraße rechts und folgen der Umleitungsbeschilderung über die B226.
- Die Zufahrt in die Stadt Wetter (Ruhr) erfolgt über die B226/Friedrichstraße (Obergrabenbrücke).

Zufahrt über die B226 (aus Hagen kommend):

- Die Zufahrt in die Stadt Wetter (Ruhr) erfolgt für Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 7,5 t ausschließlich über die Friedrichstraße.

Umleitungskonzept für Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 7,5 t aus dem Industriegebiet Wetter (Ruhr)

- Die B226/Friedrichstraße (Obergrabenbrücke) ist aus der Stadt Wetter führend für Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 7,5 t gesperrt.
- Das Industriegebiet Wetter (Ruhr) kann von Fahrzeugen mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 7,5 t ausschließlich über die B234/Ruhrstraße (Overwegbrücke) verlassen werden.

Abbildung 39: Brückenwächter-Broschüre zur Eröffnung am 05.06.2020

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

- Informationsschreiben der Neurosoft GmbH zur Eröffnung des Brückenwächters u.a. als Blog-Beitrag auf der Homepage von Neurosoft, Titel: „Wegweisende Innovation in der Verkehrslenkung: System „Brückenwächter“ in Wetter an der Ruhr erfolgreich gestartet“



Wegweisende Innovation in der Verkehrslenkung: System „Brückenwächter“ in Wetter an der Ruhr erfolgreich gestartet

Am 5. Juni 2020 nahm der deutschlandweit erste „Brückenwächter“ an der Brücke der B234 in Wetter an der Ruhr seinen Betrieb auf.

Mithilfe dieses innovativen Detektionssystems werden über die gezielte Ermittlung von Fahrzeugdaten bereits geschädigte und altersschwache Brücken vor dem Befahren durch zu schwer beladene Fahrzeuge geschützt. Langwierige und kostenintensive Brückensanierungen und Neubauten in Kombination mit Umleitungsstrecken durch anliegende Ortschaften können so für lange Zeit hinausgezögert werden.

Das Pilotprojekt wurde von Straßen.NRW zusammen mit dem Institut für Straßenwesen der RWTH Aachen ins Leben gerufen und von der Firma Neurosoft GmbH mit Unterstützung der Green Way Systems GmbH technisch umgesetzt.



Am Freitag, 5. Juni 2020, ist das System von NRW-Verkehrsminister Hendrik Wüst und Straßen.NRW-Abteilungsleiter Thomas Oehler freigeschaltet worden.

Der „Brückenwächter“ ist ein flexibles System ohne umfangreichen baulichen oder technischen Aufwand und steht durch seinen unkomplizierten Aufbau für einen schnellen Einsatz zur Verfügung. Dies bietet einen großen Vorteil gegenüber der alternativen kosten- und zeitintensiveren Installation technisch komplexer Wiegeanlagen.

Das kamerabasierte System identifiziert mit Hilfe von Laserscans Fahrzeugtyp und -klasse, ermittelt darüber das zugelassene Gesamtgewicht und ermöglicht auf Grundlage dieser Daten eine individuelle Ansprache der einzelnen Fahrer über eine LED-Anzeigetafel. Hierauf erscheint das Kennzeichen des jeweiligen Fahrzeugs und der Fahrer wird direkt aufgefordert, einer Umleitungsstrecke zu folgen.

Die Darstellung der Umfahrungsaufforderung auf der LED-Anzeigetafel befindet sich aktuell noch in der Testphase und es werden unterschiedliche Varianten der interaktiven Ansprache untersucht, um langfristig die optimale Lösung zu implementieren.

Aus datenschutzrechtlicher Sicht bestehen bei der Umsetzung dieses Systems im Übrigen keinerlei Bedenken, wie durch ein Rechtsgutachten bestätigt wurde.

Abbildung 40: Brückenwächter-Informationsblatt zur Eröffnung am 05.06.2020 – Seite 1



Anzeige des Kennzeichens sowie Aufforderung zum Befahren der Umleitungsstrecke auf der LED-Anzeigetafel

Bis zur Realisierung eines Ersatzneubaus der Brücke in Wetter an der Ruhr werden zukünftig Lkw mit mehr als 7,5t Gesamtgewicht über den Brückenwächter umgeleitet. Werden die vorhergehenden Hinweise und Warnungen durch analoge Schilder missachtet, bietet der Brückenwächter den letzten Aufruf zur Nutzung der Umleitung, bevor über einen dahinter installierten Blitzler ein Bußgeldverfahren eingeleitet wird.

Das Verbund-Projekt im Rahmen des Programms „Anwender – Innovativ: Forschung für die zivile Sicherheit“ unter dem offiziellen Titel „Automatisiertes Ausleit- und Kontrollsystem zum Schutz sanierungsbedürftiger Brücken“ wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit 636.000 Euro gefördert.



Weitere Artikel zu diesem Projekt:

<http://www.strassen.nrw.de/de/presse/meldungen/meldung/innovatives-system-zur-verkehrslenkung-schuetzt-belastete-bauwerke-pilotprojekt-brueckenwaechter-gestartet-9314.html>

<https://www.enkreis.de/aktuelles/news-detailansicht/news/brueckenwaechter-pilotprojekt-startet-im-ennepe-ruhr-kreis.html>

Abbildung 41: Brückenwächter-Informationsblatt zur Eröffnung am 05.06.2020 – Seite 2

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

- Pressemitteilung von Straßen.NRW
 - Titel: „Innovatives System zur Verkehrslenkung schützt belastete Bauwerke – Pilotprojekt Brückenwächter gestartet“
 - <http://www.strassen.nrw.de/de/presse/meldungen/meldung/innovatives-system-zur-verkehrslenkung-schuetzt-belastete-bauwerke-pilotprojekt-brueckenwaechter-gestartet-9314.html>

The screenshot shows the website interface for Straßen.NRW. At the top, there are navigation links for 'Deutsch', 'Kontrast', 'Leichte Sprache', 'Gebärdensprache', and 'Barrierefreiheit'. The main navigation bar includes 'Start', 'Wir bauen für Sie', 'Karriere', 'Presse', 'Partner', and 'Über uns'. A search bar with a magnifying glass icon is present, along with a 'Schnellzugriff' (Quick Access) section. Below the search bar, there are toggle switches for 'Pressemeldungen' (checked), 'Infoseiten', and 'Veranstaltungen'. The breadcrumb trail reads 'Presse > Presse > Meldungen > Meldung'. The main content area features a header for 'Pressemeldungen' and a list of press releases for the years 2021, 2020, and 2019. The selected press release is dated '05.06.2020' and has the title 'Innovatives System zur Verkehrslenkung schützt belastete Bauwerke – Pilotprojekt Brückenwächter gestartet'. The text of the press release describes the system's purpose and its implementation. An image shows a road with a sign and a bridge in the background. The text continues with a section titled 'Flexibel und schnell einsetzbar'.

Deutsch | Kontrast | Leichte Sprache | Gebärdensprache | Barrierefreiheit

Start | Wir bauen für Sie | Karriere | **Presse** | Partner | Über uns

Straßen.NRW
Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen

Schnellzugriff
Was möchten Sie finden?

Pressemeldungen | Infoseiten | Veranstaltungen

Presse > Presse > Meldungen > Meldung

Pressemeldungen: 2021 | 2020 | 2019

Pressemitteilung vom 05.06.2020

Innovatives System zur Verkehrslenkung schützt belastete Bauwerke – Pilotprojekt Brückenwächter gestartet

Wetter (straßen.nrw). Der erste „Brückenwächter“ steht in Wetter an der Ruhr. Das erstmals in Deutschland eingesetzte System soll verhindern, dass zu schwere Fahrzeuge über eine vorgeschädigte Brücke rollen. In dem Pilotprojekt testet Straßen.NRW gemeinsam mit dem Institut für Straßenwesen der RWTH Aachen und der Firma Neurosoft GmbH, wie ohne großen technischen und baulichen Aufwand eine Beschränkung sicher durchgesetzt werden kann. Dabei werden die Fahrer zu schwerer LKW in einem System aus Schildern und digitalen Tafeln darauf hingewiesen, dass sie die vor ihnen liegende Brücke nicht überfahren dürfen. Am Freitag, 5. Juni, ist das System von NRW-Verkehrsminister Hendrik Wüst und Straßen.NRW-Abteilungsdirektor Thomas Oehler freigeschaltet worden.



Flexibel und schnell einsetzbar

„Mit dem Brückenwächter bekommen wir ein flexibles und schnell einsetzbares System, das den Schutz unserer Bauwerke verbessert und damit die Lebenszeit bis zu einer Sanierung oder einem Neubau verlängert. Das ist ein großer Gewinn“, erklärte NRW-Verkehrsminister Hendrik Wüst zum Start des Projektes. „Wir setzen auf die direkte Ansprache des Fahrers“, erläuterte Straßen.NRW-Abteilungsdirektor Thomas Oehler das Prinzip. Auf einer LED-Anzeigetafel wird dem Fahrer das Kennzeichen seines Lkw angezeigt und unter der Nummer die Aufforderung, auf die Umleitungsstrecke abzubiegen. Die Brücke, die die B234 in Wetter über die Ruhr führt, ist für Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 7,5 Tonnen gesperrt. „Bis ein Ersatzneubau realisiert werden kann, müssen wir die Brücke schützen“, so Oehler. Am Rhein wurden auf zwei Autobahnen technisch komplexe Wiegeanlagen installiert, um zu schwere Fahrzeuge an der Überfahrt über eine Brücke zu hindern. Ein Aufwand, der angesichts der Vielzahl der in die Jahre gekommenen Brücken auch an Bundes- und Landesstraßen nicht überall zu leisten ist. „Zumal es in manchen Fällen auch schnell gehen muss, und wir ein Bauwerk sofort für den Schwerverkehr sperren müssen“, so der Straßen.NRW-Abteilungsdirektor. Der Brückenwächter hat hier Vorteile. Anders als Wiegeanlagen und Schranken ist er flexibel einsetzbar und schnell aufgebaut.

Abbildung 42: Presse-Mitteilung Straßen.NRW zur Eröffnung am 05.06.2020 – Seite 1

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Modernes Detektionssystem ermittelt Fahrzeugdaten

Bis ein LKW vom Brückenwächter erkannt wird, hat der Fahrer schon einige Hinweise auf die gesperrte Brücke und die damit empfohlene Umleitung ignoriert. Der Brückenwächter steht dort, wo die letzte Möglichkeit einer Umfahrung gegeben ist. „Und hier zeigen wir den Fahrern, dass wir ihr Fahrzeug identifiziert haben“, erklärt Philipp-Armand Klee, wissenschaftlicher Mitarbeiter des Institutes für Straßenwesen an der RWTH Aachen. Eine Videokamera identifiziert mit Hilfe eines Laserscans Fahrzeugtyp und Fahrzeugklasse. „Wenn wir diese Daten haben, kennen wir das zugelassene Gesamtgewicht“, so Klee. Mit Hilfe des ebenfalls gescannten Nummernschildes kann der Fahrer gezielt angesprochen werden. Aus Sicht der Datenschützer kein Problem: Im Vorfeld des Brückenwächter-Projekts ist extra ein Rechtsgutachten zum Thema Datenschutz eingeholt worden. „Das Kennzeichen kann angezeigt werden, weil im Kontext des Systems Brückenwächter der Schutz des Lebens und der Gesundheit der Straßenverkehrsteilnehmer sowie der Schutz des Eigentums an den Brückenbauwerken im Vordergrund steht“, heißt es darin.

Passiert ein Lkw die Brücke trotz der direkten Aufforderung, eine Umleitung zu nehmen, wird auch das registriert. „Auf der Brücke wird eine Blitzanlage installiert, die dann ein Bußgeldverfahren auslöst“, erklärt Thomas Oehler. Da bis dahin mehrere Schilder missachtet wurden, gilt der Vorsatz und ein Bußgeld wird fällig. Ausgenommen vom Verbot werden Rettungsfahrzeuge und der Öffentliche Nahverkehr.

Forscher untersuchen Wirkung individueller Ansprache

Die wissenschaftliche Begleitung des Brückenwächter-Projektes, das von der in Bergisch Gladbach ansässigen Firma Neurosoft technisch umgesetzt wird, bedingt, dass unterschiedliche Formen der „Ansprache“ per LED- Anzeigetafel getestet werden. „Wir haben mit Hilfe von Online-Befragungen ermittelt, welche Schilderabfolge die größte Befolgungsrate aufweist und anschließend durch Fahrversuche mit Probanden im Fahrsimulator das gesamte System noch einmal überprüft“, sagt Philipp-Armand Klee. „Unter realen Bedingungen können die Ergebnisse aber anders sein. Also werden wir in Wetter unterschiedliche Variationen der Informationen auf der LED-Anzeigetafel testen.“ Kernthema ist für die Aachener Forscher die individuelle Ansprache. „Da wollen wir sehen, ob das einen Mehrwert bringt.“ Kernthema für Straßen.NRW ist der Schutz der Brücken. Thomas Oehler: „Wir hoffen, dass wir nach diesem Pilotprojekt ein gutes Werkzeug bekommen, um notwendige Beschränkungen auch durchzusetzen.“

Hintergrund

- › Das Verbund-Projekt Brückenwächter wird unter dem Titel „Automatisiertes Ausleit- und Kontrollsystem zum Schutz sanierungsbedürftiger Brücken“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Programms „Anwender - Innovativ: Forschung für die zivile Sicherheit“ mit 636.000 Euro gefördert.
- › Ziel ist die Entwicklung einer „interaktiven Verkehrsbeschilderung, mit deren Hilfe geschädigte Brückenbauwerke effektiv vor Schwerlastverkehr geschützt werden können, ohne dass dazu erhebliche Personalmittel von Ordnungsbehörden eingesetzt werden müssen“.
- › Gleichzeitig könnten mit Hilfe des Systems „die Einhaltung von Nachtfahr- sowie Einfahrverbote bestimmter Fahrzeugklassen in Umweltzonen wirkungsvoller kontrolliert werden, ohne hierzu erhebliches Personal der Polizei zu binden“.
- › Einsatzmöglichkeiten ergeben sich darüber hinaus dort, wo eine Höhenbegrenzung gegeben ist. Also unter Brücken oder in Tunneln.

Pressekontakt: Andreas Berg, Telefon 02331-8002-220; Susanne Schlenga, Telefon 0209-3808-333

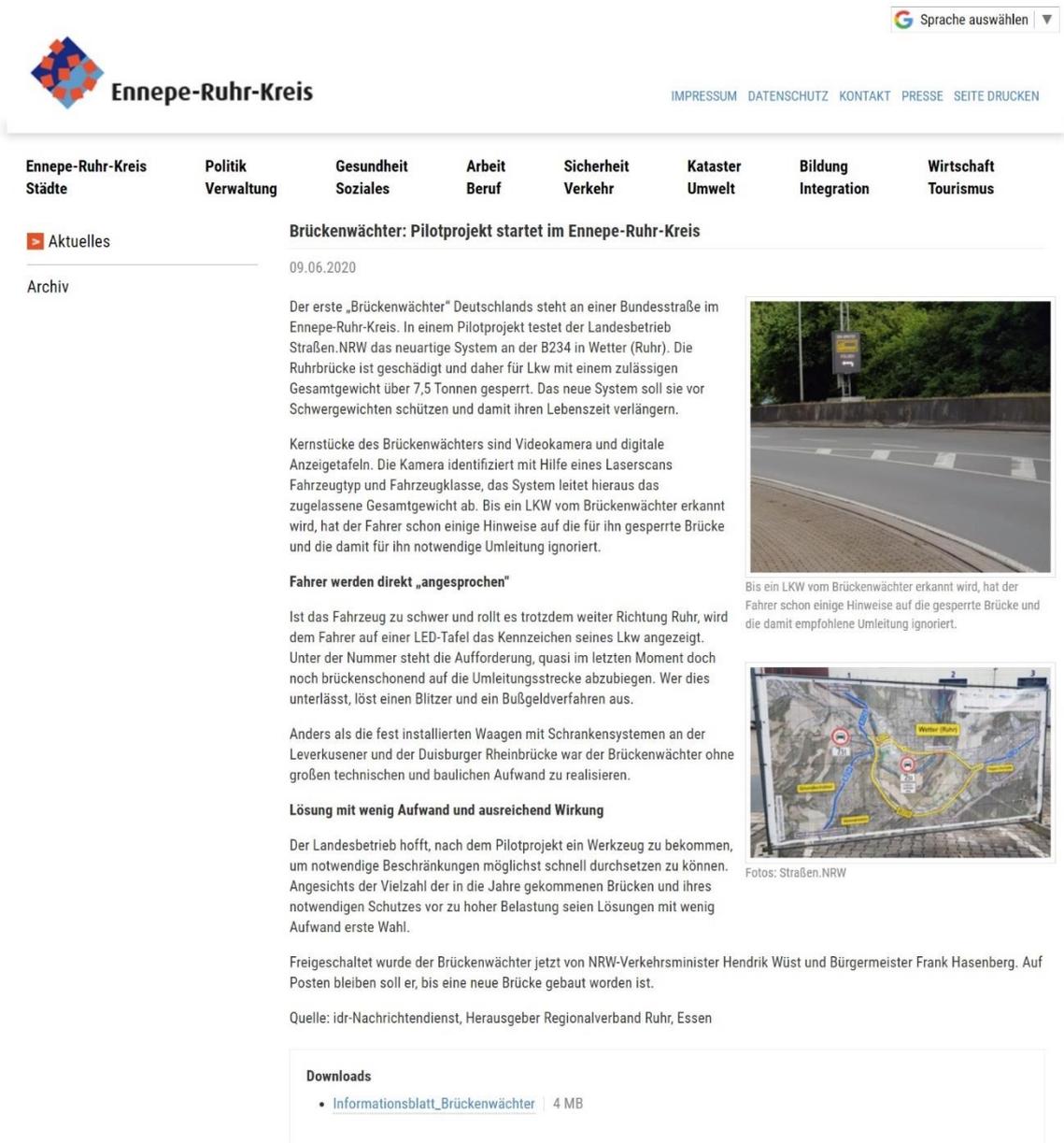
Zum Download

- › Flyer zum Brückenwächter (PDF 3,8 MB)
- › Pressefoto Brückenwächter (Quelle: Straßen.NRW) (JPG 5,6 MB)
- › Pressefoto Brückenwächter-Plan (Quelle: Straßen.NRW) (JPG 6,8 MB)
- › Pressefoto Freischalung mit NRW-Verkehrsminister Hendrik Wüst und Straßen.NRW-Abteilungsleiter Thomas Oehler (2. v.l.) (Quelle: Straßen.NRW) (JPG 4,9 MB)

Abbildung 43: Presse-Mitteilung Straßen.NRW zur Eröffnung am 05.06.2020 – Seite 2

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

- Pressemitteilung Ennepe – Ruhr – Kreis, 09.06.2020
 - Titel: „Brückenwächter: Pilotprojekt startet im Ennepe-Ruhr-Kreis“
 - <https://www.enkreis.de/aktuelles/news-detailansicht/news/brueckenwaechter-pilotprojekt-startet-im-ennepe-ruhr-kreis>



The screenshot shows the website of the Ennepe-Ruhr-Kreis. At the top, there is a logo and the name 'Ennepe-Ruhr-Kreis'. To the right, there is a language selection dropdown menu. Below the header, there is a navigation menu with categories: Ennepe-Ruhr-Kreis Städte, Politik Verwaltung, Gesundheit Soziales, Arbeit Beruf, Sicherheit Verkehr, Kataster Umwelt, Bildung Integration, and Wirtschaft Tourismus. The main content area features a news article titled 'Brückenwächter: Pilotprojekt startet im Ennepe-Ruhr-Kreis' dated 09.06.2020. The article text describes the installation of a bridge guardian system on a federal road in the Ennepe-Ruhr-Kreis region. It mentions that the system uses a video camera and digital display boards to identify vehicles and their weight, and to provide direct feedback to drivers. A photograph shows a road with a bridge guardian system installed. Another photograph shows a map of the region with a highlighted route. Below the article, there is a 'Downloads' section with a link to 'Informationsblatt_Brueckenwaechter' (4 MB). The source is cited as 'idr-Nachrichtendienst, Herausgeber Regionalverband Ruhr, Essen'.

Abbildung 44: Presse-Mitteilung Ennepe-Ruhr-Kreis zur Eröffnung, 09.06.2020

- Beitrag zum Brückenwächter im 6. Newsletter von ITS Bavaria
 - Titel: „Innovatives Verkehrstelematiksystem schützt belastete Bauwerke – Pilotprojekt Brückenwächter, November 2020“

NEWS 20
LETTER 06

Aktuelle Beiträge unserer Mitglieder

Innovatives Verkehrstelematiksystem schützt belastete Bauwerke – Pilotprojekt Brückenwächter

Das erstmals in Deutschland eingesetzte System „**Brückenwächter**“ zum Schutz sanierungsbedürftiger Brücken soll verhindern, dass zu schwere Fahrzeuge über eine vorgeschädigte Brücke rollen. Im Rahmen dieses Pilotprojektes, welches in der Stadt Wetter (an der Ruhr) umgesetzt und am 05. Juni 2020 eröffnet worden ist, wurde getestet, wie ohne großen technischen und baulichen Aufwand (nicht invasiv) eine Beschränkung sicher durchgesetzt werden kann. Dabei wurden die Fahrer zu schwerer LKW in einem System aus Schildern und dynamischen Verkehrszeichen individuell darauf hingewiesen, dass sie die vor ihnen liegende Brücke nicht überfahren dürfen, sondern eine ausgewiesene Alternativ-Route wählen müssen.



[> weiterlesen](#)

Abbildung 45: Brückenwächter-Aktueller Beitrag im 6. Newsletter ITS Bavaria zur Eröffnung am 05.06.2020

- Blog-Beitrag auf der Homepage von ITS Bavaria:
 - Titel: „Innovatives Verkehrstelematiksystem schützt belastete Bauwerke – Pilotprojekt Brückenwächter, November 2020“
 - <https://www.its-bavaria.de/Innovatives-Verkehrstelematiksystem-schützt-belastete-Bauwerke-Pilotprojekt-Brueckenwaechter/>

6.5 Wirksamkeitsbetrachtung und Validierung (entsprechend AP 4 und 5)

Im Rahmen der hier durchgeführten Arbeiten wurden im Wesentlichen durch die Konsortial-Kollegen der RWTH die Komponenten getrennt bezüglich Ihrer Funktionsfähigkeit, Wirksamkeit, Reaktionszeit und Robustheit untersucht.

Generell lässt sich festhalten, dass entsprechend den Untersuchungsergebnissen des ISAC mit aktiviertem Brückenwächter-System, also mit aktiver Detektion potenziell zu schwerer

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Fahrzeuge und dementsprechend individueller Ansprache des FZ-Lenkens durch Anzeige seines Kennzeichens auf den dynamischen Anzeigeeinrichtungen bei dem definierten und umgesetzten Beschilderungskonzept (Kombination aus statischer STVO-spezifischer Beschilderung und dynamischer Beschilderung zur individuellen Ansprache) ein Befolgungsgrad von 97 % festgestellt werden konnte (vgl. Ausführungen der RWTH).

Bei einer Nachuntersuchung im Januar 2021, also vier Monate nachdem das System wieder demontiert wurde, folglich also keine Detektion mehr erfolgen konnte und auch keine dynamischen Anzeigen mehr vorhanden waren, sank die Befolungsrate auf ca. 70%. Damit ist eindeutig bewiesen, dass die reine STVO-Beschilderung sehr wohl auch Berücksichtigung findet, die essentielle Wirksamkeit des Systems Brückenwächter aber durch die individuelle Ansprache der jeweiligen Fahrer durch Anzeigen ihres Kennzeichens erfolgt. Es kann also folglich als Rückschluss festgehalten werden, dass das Brückenwächter-Konzept als ein richtiges Konzept zum effizienten Brückenschutz und damit als effizienter Beitrag zur Situationsverbesserung unter dem Überbegriff „Zivile Sicherheit“ anzusehen ist.

Im Detail müssen allerdings einige Aspekte intensiver beleuchtet werden:

Ein wesentlicher konzeptioneller Ansatz ist die eindeutige Identifizierung des Fahrzeuges, welches die zulässige Gesamtgewichtsgrenze der abgelasteten Brücke überschreitet. Aus diesem Grund wurde die Kombination aus Videobildanalyse und Laserscanner-Analyse gewählt.

i) Video-Analyse

Die eingesetzte systemische Kombination aus „BOSCH DINION Kamera“ und „number-ok Licence Plate Recognizer“ erzeugte eine hinreichend hohe Genauigkeit in der Analyse des kollektiven Verkehrsstroms am MQ 1 hinsichtlich ANPR- und Länderkennung. Die Parameter MMR, Geschwindigkeitsmessung, Farberkennung, etc. wurden im Sinne der minimalsten Detektionszeiten in einer ersten Detektionsphase deaktiviert.

Neurosoft-seitig sind die notwendigen Parametrier- und Kalibrationsarbeiten für das gegenständliche Projekt an der Analyse-Software durchgeführt worden. Da es sich bei der Asuwerte-Analyse um ein auf dem freien Markt erhältliche Software handelt, für die die Neurosoft GmbH die entsprechenden Lizenzen erworben hat, sind dementsprechend keine speziellen Software-Entwicklungsarbeiten für die ANPR- und MMR-Analyse durchgeführt worden. Bestandteil der genutzten Software-Lizenz ist ebenso die Analysefunktionalität für die Länderkennung aus der Kennzeichen-Analyse.

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick der Ergebnisse dieser Phase.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Datum / Zeit	Kanal	Zone	Nummer	Besitzer	Gruppe	Richtung	Land	System-ID	Kreis
2020.06.26 13:08:50	1	1	EN JE 1967				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:09:06	1	1	EN RZ 120				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:09:20	1	1	HA AK 20				Unbestimi Germany	1	Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:09:29	1	1	WTX79				Unbestimi Finland	1	
2020.06.26 13:09:30	1	1	EN TT 2412				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:09:32	1	1	EN GT 614				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:09:38	1	1	E CS 1295				Unbestimi Germany	1	Essen [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:10:03	1	1	HA NU 95				Unbestimi Germany	1	Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:10:05	1	1	EN W 4005				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:10:10	1	1	W BR 1072				Unbestimi Germany	1	Wuppertal [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:10:11	1	1	SG EK 1112				Unbestimi Germany	1	Solingen [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:10:13	1	1	EN VT 73				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:10:19	1	1	EN BD 1280				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:10:25	1	1	EN BK 17				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:10:33	1	1	GM TW 1803				Unbestimi Germany	1	Gummersbach [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:10:42	1	1	EN RU 2010				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:10:44	1	1	EN GB 254				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:10:46	1	1	EN MW 990				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:10:50	1	1	EN KT 710				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:11:07	1	1	EN MP 225				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:11:14	1	1	DO SR 6				Unbestimi Germany	1	Dortmund [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:11:17	1	1	EN VS 8889				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:11:19	1	1	EN CA 19				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:11:21	1	1	EN ZA 2004				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:11:23	1	1	EN FA 788				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:11:30	1	1	EN DM 9000				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:11:31	1	1	W VQ 377				Unbestimi Germany	1	Wuppertal [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:11:37	1	1	EN S 4353				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:11:49	1	1	UNJR79 80				Unbestimi Germany	1	
2020.06.26 13:11:52	1	1	EN GF 15				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:11:57	1	1	EN QW 785				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:12:08	1	1	EN VE 4381				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:12:11	1	1	EN RM 125				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:12:12	1	1	EN BN 329				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:12:18	1	1	EN NK 1904				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:12:19	1	1	EN MK 7000				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:12:27	1	1	DO FD 2305				Unbestimi Germany	1	Dortmund [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:12:35	1	1	EN CX 15				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:12:46	1	1	EN CF 444				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:13:02	1	1	RMD577				Unbestimi Hungary	1	
2020.06.26 13:13:04	1	1	DO HS 2659				Unbestimi Germany	1	Dortmund [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:13:15	1	1	ST HE 1990				Unbestimi Germany	1	Steinfurt [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:13:17	1	1	HA TZ 2874				Unbestimi Germany	1	Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:13:25	1	1	EN AV 595				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:13:27	1	1	EN CZ 777				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:13:28	1	1	EN BS 213				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:13:32	1	1	EN NV 8816				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:13:40	1	1	EN BP 1909				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:13:43	1	1	HAM DJ 246				Unbestimi Germany	1	Hamm [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:13:47	1	1	EN NM 2311				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:13:49	1	1	EN PR 2605				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:13:54	1	1	RE N 8097				Unbestimi Germany	1	Recklinghausen [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:14:18	1	1	EN TM 527				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:14:33	1	1	EN ST 6885				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:14:39	1	1	DO IE 112				Unbestimi Germany	1	Dortmund [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:14:45	1	1	DO GG 617				Unbestimi Germany	1	Dortmund [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:14:46	1	1	EN ER 1208				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:14:49	1	1	EN TS 674				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:14:52	1	1	RS KB 2014				Unbestimi Germany	1	Remscheid [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:14:54	1	1	WIT S 802				Unbestimi Germany	1	Witten [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:15:28	1	1	EN KA 406				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:15:30	1	1	HA S 1610				Unbestimi Germany	1	Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:15:33	1	1	EN WR 15				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:15:34	1	1	DO AU 2807				Unbestimi Germany	1	Dortmund [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:15:35	1	1	HA MG 103				Unbestimi Germany	1	Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:15:37	1	1	EN LO 275				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:15:48	1	1	EN JH 226				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:15:49	1	1	EN K 1234				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:16:04	1	1	HA IH 200				Unbestimi Germany	1	Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:16:15	1	1	EN LM 93				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:16:20	1	1	HA HT 84				Unbestimi Germany	1	Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:16:24	1	1	EL MN 416				Unbestimi Germany	1	Emsland [Land Niedersachsen]
2020.06.26 13:16:27	1	1	MO TG 695				Unbestimi Germany	1	Moers [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:17:03	1	1	EN JL 758				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:17:06	1	1	HA U 144				Unbestimi Germany	1	Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:17:14	1	1	EN PS 535				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:17:21	1	1	EN BG 765				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:17:22	1	1	EN AS 1498				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:17:23	1	1	EN EM 254				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:17:38	1	1	EN AF 51				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:17:40	1	1	EN DK 1716				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:17:54	1	1	EN FS 2616				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:18:05	1	1	EN MB 1602				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:18:06	1	1	HA MM 2501				Unbestimi Germany	1	Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:18:08	1	1	EN S 274				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]
2020.06.26 13:18:15	1	1	EN CM 2010				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]

Abbildung 46: Beispieldatensatz aus der ANPR-Analyse: 86 Ereignisse aus dem Zeitraum 26.06.2020, 13:08:50 Uhr bis 13:18:15 Uhr

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Diese Tabelle stellt lediglich ein Beispiel dar und ist bezogen auf den Detektionzeitraum 26.06.2020 von 13:08:50 bis 13:18:15. In diesem Zeitraum haben 86 Fahrzeuge die Messstelle passiert. Lediglich bei einem Ereignis konnte das Kennzeichen nicht richtig ermittelt werden, und auch die Länderkennung nicht richtig abgebildet werden. Im Demonstratorzeitraum erfolgte aufgrund weiterer Parametrier- und sonstiger Arbeiten keine dauerhafte Detektion, sondern lediglich zu ausgewählten Zeiten, was im Wesentlichen darauf zurückzuführen ist, dass die parallel durchgeführte Laserscanner-Detektion zu Problemen führte. Dennoch stehen 199.730 Datensätze während des Betriebes des Brückenwächters aus der ANPR-Analyse zur Verfügung.

Erst im Rahmen der Analyse der Videobilder bei Erkennung eines Fahrzeuges kann die ANPR-Algorithmik aktiv werden, d.h. dass dementsprechend auch 199.730 Bilder im Zuge der systemspezifischen Dokumentation innerhalb der ANPR-Software, die die Basis der Auswertung gebildet haben, zur Verfügung stehen. Alle weiteren Kamerabilder bzw. Videostreams wurden vereinbarungsgemäß nicht gespeichert und stehen somit nicht zur Verfügung. Nachfolgend wird an sieben willkürlich ausgewählten Beispielen aus der Bedienungsoberfläche der „Licence Plate Recognizer“-Software ein Überblick über die Wirkungsweise der ANPS-Analyse gegeben:

The screenshot shows the ANPR analysis software interface. At the top, there are navigation tabs: Ansicht, Ergebnisse, Fahrzeugdatenbank, Berichte, and Einstellungen. Below the tabs, there are filters for 'Detektierte Kennzeichen' and 'Frequency violation'. A table displays detected vehicles with columns for Datum / Zeit, Kanal, Zone, Nummer, Besitzer, Gruppe, Richtung, Land, System-ID, Kreis, Notizen, Fallnummer, and auto d. Below the table, there is a video frame showing a car with a license plate 'EN RD 8502' highlighted in green. To the right of the video frame, there is a 'Zusammengefasste Ergebnisse' table.

Zusammengefasste Ergebnisse	
Parameter	Gesamt Kanal 1 / Zone 1
Anzahl der Fahrzeuge	2705
Betreten	20
Verlassen	9
Unbestimmt	2676

Abbildung 47: Screenshot der Bedienungsoberfläche der ANPR-Analyse inkl. Bilddokumentation für Kennzeichen EN-RD 8502 – 26.06.2020, 15:00:07 Uhr

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

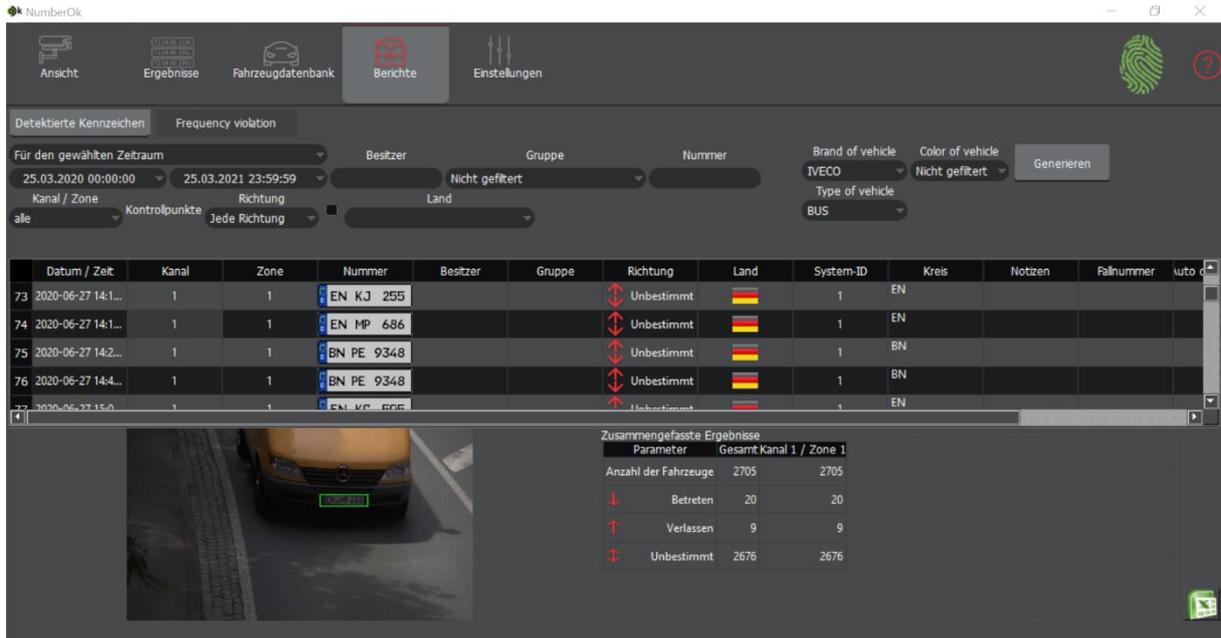


Abbildung 48: Screenshot der Bedienungsfläche der ANPR-Analyse inkl. Bilddokumentation für Kennzeichen EN-MP 686 – 27.06.2020, 14:15:33 Uhr

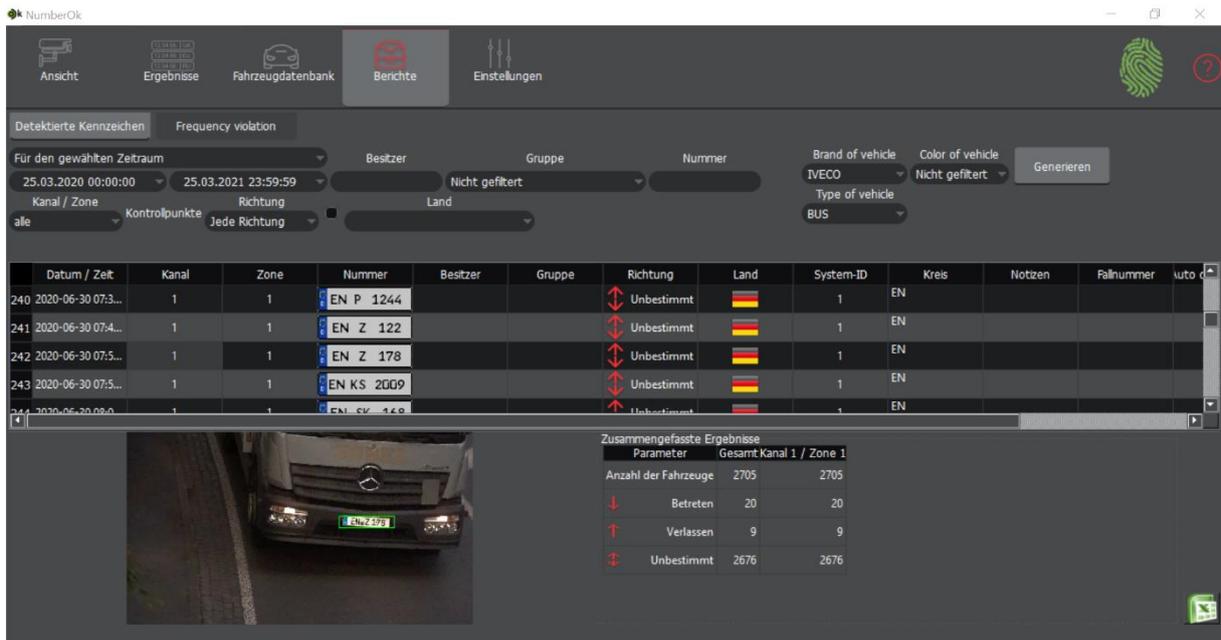


Abbildung 49: Screenshot der Bedienungsfläche der ANPR-Analyse inkl. Bilddokumentation für Kennzeichen EN-Z 178 – 30.06.2020, 07:51:37 Uhr

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

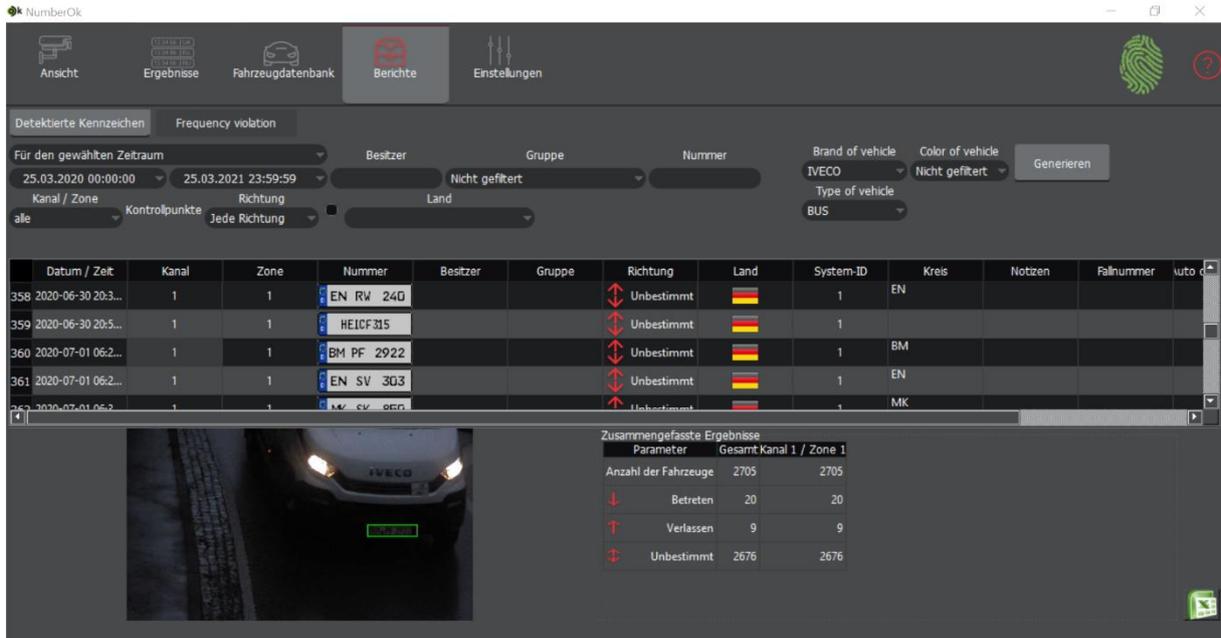


Abbildung 50: Screenshot der Bedienungsfläche der ANPR-Analyse inkl. Bilddokumentation für Kennzeichen BM-PF 2922 – 01.07.2020, 06:22:29 Uhr

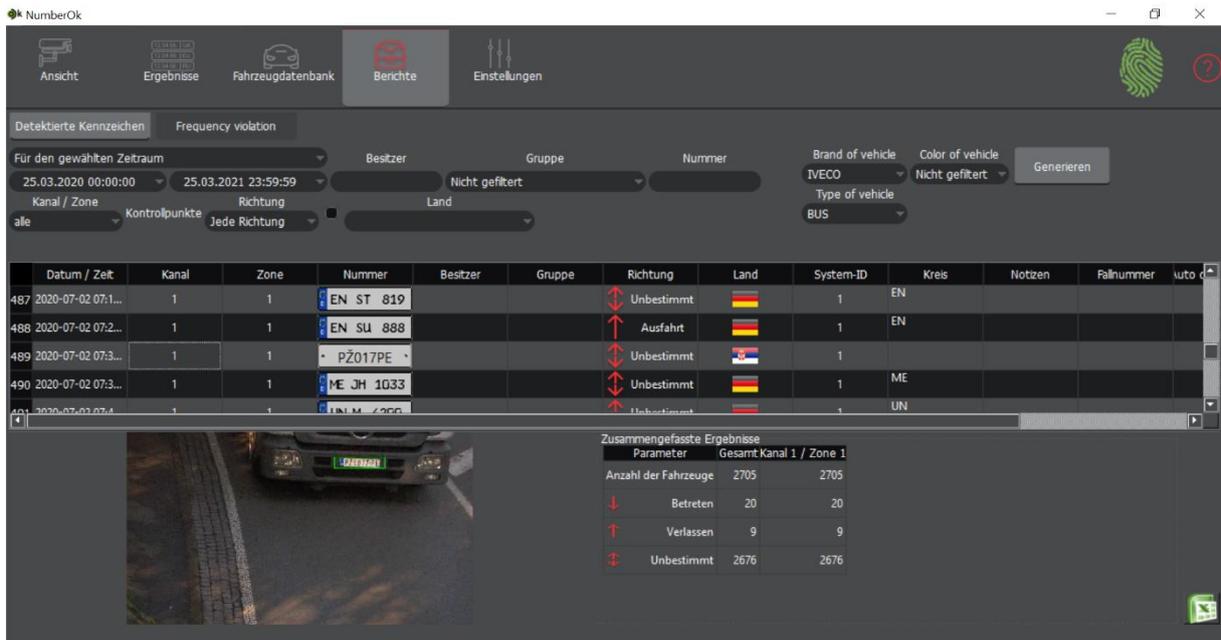


Abbildung 51: Screenshot der Bedienungsfläche der ANPR-Analyse inkl. Bilddokumentation für Kennzeichen PZ017PE (aus Serbien) – 02.07.2020, 07:32:40 Uhr

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

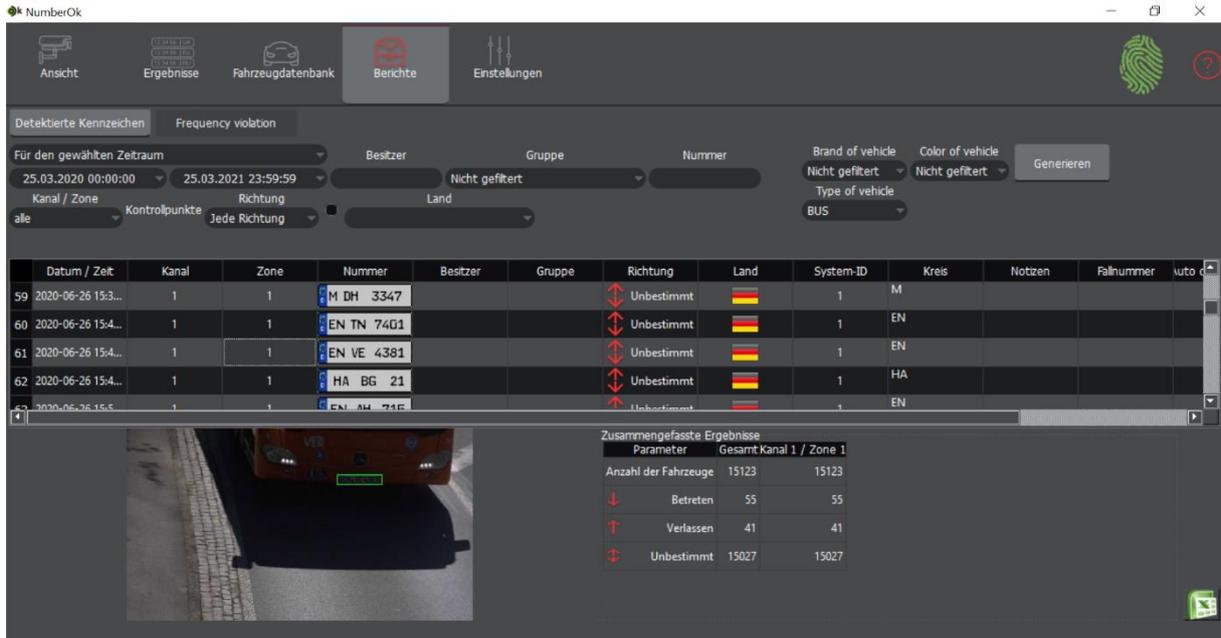


Abbildung 52: Screenshot der Bedienungsfläche der ANPR-Analyse inkl. Bilddokumentation für Kennzeichen EN-VE 4381 – 26.06.2020, 15:00:07 Uhr

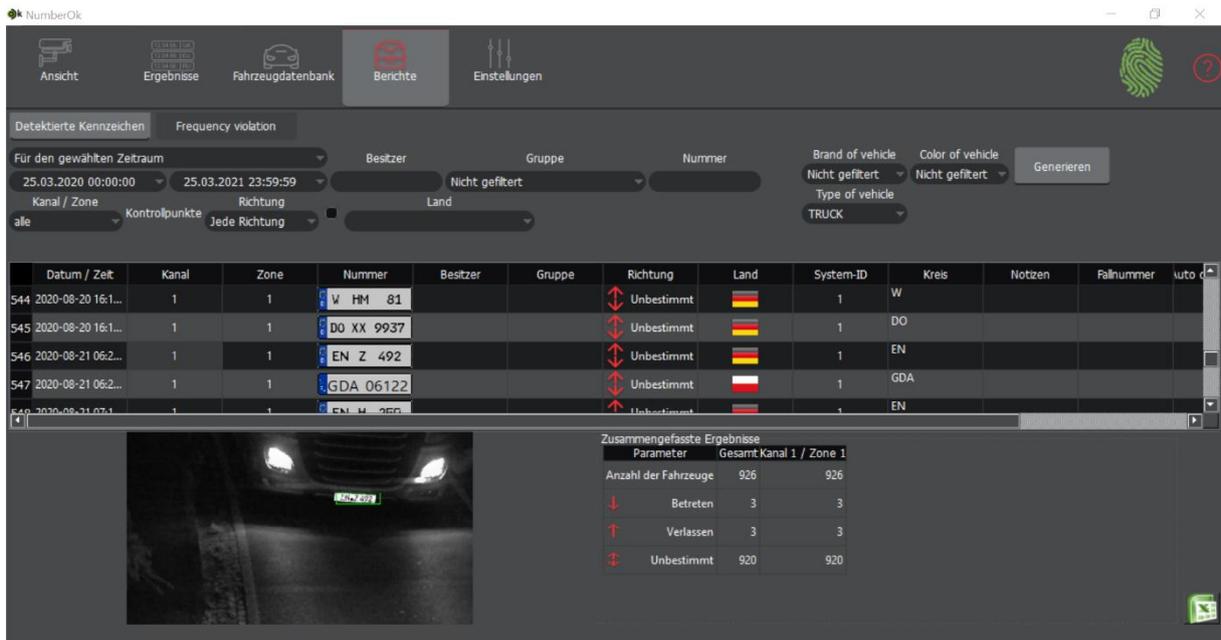


Abbildung 53: Screenshot der Bedienungsfläche der ANPR-Analyse inkl. Bilddokumentation für Kennzeichen EN-Z 492 – 21.08.2020, 06:28:25 Uhr

V.a. bei der letzten Abbildung wird sehr deutlich sichtbar, dass bei eingeschränkter Helligkeit der Infrarotscheinwerfer ausreichend Licht auf das Kennzeichen wirft, sodass dieses auch bei schlechter Sicht oder bei Nacht erkennbar ist. In der elektronischen Dokumentation dieses Projektes werden sämtliche ANPR-Datensätze und die relevanten Bildern mit identifizierten Kennzeichen bereitgestellt.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Durch Aktivieren der Auswerte-Parameter „brand of vehicle“, „type of vehicle“, „color of vehicle“ etc. in den Einstellungen der Software sind dementsprechend Analysedaten zu MMR, Farbe des Fahrzeuges etc. eines Events zu konfigurieren.

1	Datum / Zeit	Kanal	Zone	Nummer	Besitzer	Gruppe	Richtung	Land	System-ID	Kreis	Brand of vehicle	Model of vehicle	Type of vehicle	Color of vehicle
2	2020.08.13 11:16:57	1	1	WIT EL 813				Unbestimi Germany	1	Witten [Land Nordrhein-Westfalen]	Matra	cx 5, cx 7	SUV	Black
3	2020.08.13 11:17:02	1	1	EN TV 2704				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	SEAT	ibiza,leon,toledo	CAR	Black
4	2020.08.13 11:17:06	1	1	EN JJ 999				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Mini	cooper	CAR	Black
5	2020.08.13 11:17:08	1	1	EN CK 910				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]				Gray
6	2020.08.13 11:17:14	1	1	MK EW 22				Unbestimi Germany	1	Mark [Land Nordrhein-Westfalen]	Ford	transit	LCV	White
7	2020.08.13 11:17:23	1	1	UN ZN 745				Unbestimi Germany	1	Unna [Land Nordrhein-Westfalen]	Mercedes-Benz	undefined	TRUCK	White
8	2020.08.13 11:17:25	1	1	EN WV 301				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Peugeot	boxer	LCV	White
9	2020.08.13 11:17:27	1	1	EN RK 166				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Ford	B max,C Max,S max	CAR	Black
10	2020.08.13 11:17:37	1	1	WIT CB 202				Unbestimi Germany	1	Witten [Land Nordrhein-Westfalen]	VolksWagen	polo sedan	CAR	Blue
11	2020.08.13 11:17:41	1	1	HER RW 261				Unbestimi Germany	1	Herne [Land Nordrhein-Westfalen]	Renault	dokker,lodgy	VAN	White
12	2020.08.13 11:18:02	1	1	INGI151				Unbestimi Italy	1	IN	Mercedes-Benz	undefined	TRUCK	Rot
13	2020.08.13 11:18:08	1	1	EN ZO 1973				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	VolksWagen	polo Mk5	CAR	Gray
14	2020.08.13 11:18:11	1	1	EN S 2718				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	BMW	1,3,4,5,7	CAR	Black
15	2020.08.13 11:18:12	1	1	ME BK 1930				Unbestimi Germany	1	Mettmann [Land Nordrhein-Westfalen]	VolksWagen	craftler	VAN	Black
16	2020.08.13 11:18:14	1	1	EN DT 304				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	SEAT	arona,ibiza	CAR	Gray
17	2020.08.13 11:18:43	1	1	EN D 484				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Nissan	micra	CAR	Rot
18	2020.08.13 11:18:58	1	1	ST JL 185				Unbestimi Germany	1	Steinfurt [Land Nordrhein-Westfalen]	BMW	1,3,4,5,7	CAR	Black
19	2020.08.13 11:19:16	1	1	EN KS 1685				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	VolksWagen	golf Mk7	CAR	Gray
20	2020.08.13 11:19:31	1	1	ENGO378				Unbestimi Germany	1		Opel	astra H	CAR	Gray
21	2020.08.13 11:19:53	1	1	NE U 1604				Unbestimi Germany	1	Neuss [Land Nordrhein-Westfalen]	Mercedes-Benz	CLA	CAR	Black
22	2020.08.13 11:19:56	1	1	EN MF 14				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Gray	Gray
23	2020.08.13 11:20:10	1	1	EN SK 824				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Mercedes-Benz	C class W203	CAR	Gray
24	2020.08.13 11:20:19	1	1	EN BC 701				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	BMW	1,3,4,5,7	CAR	Black
25	2020.08.13 11:20:33	1	1	EN IG 94				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	SEAT	ibiza,leon,toledo	CAR	Grün
26	2020.08.13 11:20:40	1	1	EN EB 1212				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Opel	zafira	VAN	Gray
27	2020.08.13 11:20:45	1	1	EN S 3020				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Skoda	fabia Mk2,praktik,roomster	CAR	Gray
28	2020.08.13 11:21:08	1	1	EN B 9364				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	BMW	1,3,4,5,7	CAR	Black
29	2020.08.13 11:21:09	1	1	EN DB 63				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Citroen	berlingo	VAN	Gray
30	2020.08.13 11:21:10	1	1	HA LT 555				Unbestimi Germany	1	Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]	Audi	A series	CAR	Gray
31	2020.08.13 11:21:24	1	1	EN PK 282				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Gray	Gray
32	2020.08.13 11:21:26	1	1	HA MF 7703				Unbestimi Germany	1	Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]	Mercedes-Benz	sprinter	VAN	Gray
33	2020.08.13 11:21:35	1	1	EN YV 639				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Opel	astra G	CAR	Gray
34	2020.08.13 11:21:36	1	1	EN IS 678				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Skoda	octavia Mk2	CAR	Black
35	2020.08.13 11:21:51	1	1	EN MG 83				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Toyota	yaris	CAR	Gray
36	2020.08.13 11:21:56	1	1	EN UW 31				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Audi	A series	CAR	Gray
37	2020.08.13 11:22:06	1	1	WIT MZ 108				Unbestimi Germany	1	Witten [Land Nordrhein-Westfalen]	VolksWagen	golf Mk5	CAR	Gray
38	2020.08.13 11:22:09	1	1	EN H 374				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Black	
39	2020.08.13 11:22:09	1	1	EN FK 1818				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			CAR	Gray
40	2020.08.13 11:23:51	1	1	HH PD 1200				Unbestimi Germany	1	Freie Hansestadt Hambur [Freie und Hansestadt Hamburg]	VolksWagen	touran	VAN	Gray
41	2020.08.13 11:23:56	1	1	EN TE 9653				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Ford	fiesta	CAR	Black
42	2020.08.13 11:23:58	1	1	EN H 2011				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	VolksWagen	up	CAR	Gray
43	2020.08.13 11:24:13	1	1	EN AJ 1818				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Gray	Gray
44	2020.08.13 11:24:15	1	1	EN MK 190				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	BMW	1,3,4,5,7	CAR	Rot
45	2020.08.13 11:24:17	1	1	HA HS 664				Unbestimi Germany	1	Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]	Mercedes-Benz	E class W208,W209,W210	CAR	Gray
46	2020.08.13 11:24:20	1	1	EN I 977				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Citroen	c1	CAR	Gray
47	2020.08.13 11:24:22	1	1	WIT E 1304				Unbestimi Germany	1	Witten [Land Nordrhein-Westfalen]	Mini	cooper	CAR	Black
48	2020.08.13 11:24:24	1	1	EN FK 6617				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Gray	Black
49	2020.08.13 11:24:33	1	1	E NTE 9250				Unbestimi Germany	1	Düsseldorf [Land Nordrhein-Westfalen]	Volvo	undefined	CAR,BUS,SUV,V	Gray
50	2020.08.13 11:24:35	1	1	EN DE 2002				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			White	
51	2020.08.13 11:24:37	1	1	EN LV 7500				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Peugeot	boxer	LCV	Black
52	2020.08.13 11:25:00	1	1	EN TK 5000				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Gray	Gray
53	2020.08.13 11:25:09	1	1	EN EG 222				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	VolksWagen	up	CAR	Gray
54	2020.08.13 11:25:11	1	1	EN QE 776				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	VolksWagen	tiguan	SUV	Black
55	2020.08.13 11:25:17	1	1	HA K 4004				Unbestimi Germany	1	Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]	Ford	transit	LCV	Gray
56	2020.08.13 11:25:27	1	1	EN FK 2015				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Skoda	fabia Mk1	CAR	Gray
57	2020.08.13 11:25:32	1	1	WAT A 2015				Unbestimi Germany	1	Wattenscheid [Land Nordrhein-Westfalen]			Black	Black
58	2020.08.13 11:25:33	1	1	EN W 1114				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	Volvo	undefined	CAR,BUS,SUV,V	Gray
59	2020.08.13 11:25:34	1	1	EU TK 3659				Unbestimi Germany	1	Euskirchen [Land Nordrhein-Westfalen]	BMW	x3,x5,x6	SUV	Black
60	2020.08.13 11:25:37	1	1	EN JQ 674				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	BMW	1,3,4,5,7	CAR	Gray
61	2020.08.13 11:25:48	1	1	DO NL 3122				Unbestimi Germany	1	Dortmund [Land Nordrhein-Westfalen]	BMW	1,3,4,5,7	CAR	Black
62	2020.08.13 11:25:58	1	1	EN U 2003				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Gray	Gray
63	2020.08.13 11:25:59	1	1	EN JD 4444				Unbestimi Germany	1	Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]	IVECO	undefined	LCV	Gray

Abbildung 54: Datensatz mit aktivierter MMR-Auswertung

Die erfolgreiche Analyse dieser Videobilddatenauswertung ergab erwartungsmäßig eine Genauigkeit von 88%. Die Auswertung hat gezeigt, dass sich Auswerte-Schwierigkeiten ergaben bei der Unterscheidung zwischen Lkw und Bussen.

Genau um diese „Genauigkeitslücken“ zu kompensieren und um eine eindeutige MMR-Erkennung auch im Sinne der Ahnung im Rahmen dieses Projektes gewährleisten zu können, soll die Laserscanner-Datenanalyse dienen.

ii) Laserscanner-Datenanalyse

Wie dargestellt wurden Laserscanner des Typs SICK LMS 141 eingesetzt. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Musterdatensatz der ermittelten Laserscanner-Daten.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

date / time	lane	right_way	vehicle_dir	direction	class	height	width	length	location
2020.08.15 18:29:51	l1	yes	A	east		11	2,02	1,77	4,68512
2020.08.15 18:29:55	l1	yes	A	east		7	1,56	1,89	3,5024
2020.08.15 18:30:11	l1	yes	A	east		7	1,54	1,76	3,8683
2020.08.15 18:30:29	l1	yes	A	east		7			de-b234wettermq1-east-l1
2020.08.15 18:30:34	l1			east		10	1,48	2,06	de-b234wettermq1-east-l1
2020.08.15 18:30:35	l1	yes	A	east		8	3,95	2,67	19,156026
2020.08.15 18:30:59	l1	yes	A	east		7	1,89	1,86	4,350071
2020.08.15 18:31:01	l1	yes	A	east		3	4,18	2,6	15,882879
2020.08.15 18:31:02	l1	yes	A	east		7	1,75	2,07	4,83771
2020.08.15 18:31:36	l1	yes	A	east		11	2,6	1,84	5,427318
2020.08.15 18:31:37	l1	yes	A	east		7	1,5	1,49	3,743666
2020.08.15 18:32:11	l1	yes	A	east		8	3,67	2,7	19,153797
2020.08.15 18:33:32	l1	yes	A	east		7	1,59	1,55	3,861129
2020.08.15 18:33:36	l1		A	east		3			de-b234wettermq1-east-l1
2020.08.15 18:33:51	l1	yes	A	east		11	2,98	2,07	5,19386
2020.08.15 18:33:56	l1	yes	A	east		8	3,98	2,66	19,576128
2020.08.15 18:34:10	l1	yes	A	east		7	1,56	1,48	3,993543
2020.08.15 18:34:23	l1	yes	A	east		3	3,62	2,51	21,847784
2020.08.15 18:34:25	l1	yes	A	east		3	4,12	2,6	15,8178
2020.08.15 18:34:26	l1		A	east		7			de-b234wettermq1-east-l1
2020.08.15 18:34:29	l1	yes	A	east		7	1,5	1,85	3,6807
2020.08.15 18:34:47	l1	yes	A	east		7	1,56	1,55	3,090636
2020.08.15 18:35:14	l1	yes	A	east		7	1,58	2,03	4,41612
2020.08.15 18:35:22	l1	yes	A	east		7	1,65	1,93	3,35696
2020.08.15 18:35:40	l1	yes	A	east		7	1,58	1,57	4,12181
2020.08.15 18:35:59	l1	yes	A	east		7	1,52	1,56	3,45368
2020.08.15 18:36:18	l1		A	east		3			de-b234wettermq1-east-l1
2020.08.15 18:37:02	l1	yes	A	east		8	4,23	2,59	17,056218
2020.08.15 18:37:22	l1	yes	A	east		7	1,52	1,89	3,567648
2020.08.15 18:37:37	l1	yes	A	east		3	4,32	2,59	16,357277
2020.08.15 18:38:17	l1	yes	A	east		7	1,49	1,86	4,667575
2020.08.15 18:38:29	l1	yes	A	east		8	4,14	2,59	16,298764
2020.08.15 18:38:42	l1	yes	A	east		7	1,46	1,84	3,83824
2020.08.15 18:39:26	l1	yes	A	east		7	1,5	1,7	3,47528
2020.08.15 18:39:42	l1	yes	A	east		10	1,38	1,77	3,59456
2020.08.15 18:39:43	l1	yes	A	east					de-b234wettermq1-east-l1
2020.08.15 18:39:44	l1	yes	A	east		11	2,02	1,89	5,020869
2020.08.15 18:40:00	l1		A	east		7	1,49	1,9	de-b234wettermq1-east-l1
2020.08.15 18:40:16	l1	yes	A	east		7	1,79	1,76	4,117871
2020.08.15 18:40:25	l1	yes	A	east		7	1,47	1,86	3,37208
2020.08.15 18:41:00	l1	yes	A	east		7	1,57	1,47	3,660305
2020.08.15 18:41:07	l1	yes	A	east		7	1,46	1,78	3,830013
2020.08.15 18:41:24	l1		A	east		7			de-b234wettermq1-east-l1
2020.08.15 18:41:44	l1	yes	A	east		7	1,55	1,47	3,703872
2020.08.15 18:41:55	l1	yes	A	east		7	1,54	1,39	de-b234wettermq1-east-l1
2020.08.15 18:42:24	l1	yes	A	east		8	4,11	2,63	16,91466
2020.08.15 18:42:45	l1	yes	A	east		10	1,5	1,64	3,49608
2020.08.15 18:42:46	l1	yes	A	east		7	1,53	1,79	de-b234wettermq1-east-l1
2020.08.15 18:42:48	l1	yes	A	east		7	1,47	1,78	3,605832
2020.08.15 18:43:08	l1	yes	A	east		3	4,16	2,57	17,155788
2020.08.15 18:43:10	l1	yes	A	east		3			de-b234wettermq1-east-l1
2020.08.15 18:43:26	l1	yes	A	east		10	1,53	1,63	3,74392
2020.08.15 18:43:29	l1		A	east		3	4,14	2,61	de-b234wettermq1-east-l1
2020.08.15 18:44:02	l1	yes	A	east		7	1,74	2,06	4,21572
2020.08.15 18:44:23	l1		A	east		7			de-b234wettermq1-east-l1
2020.08.15 18:44:27	l1	yes	A	east		7	1,51	1,37	3,13713
2020.08.15 18:44:55	l1	yes	A	east		8	4,25	2,6	16,080752
2020.08.15 18:45:00	l1	yes	A	east		3	3,97	2,44	15,723045
2020.08.15 18:45:12	l1	yes	A	east		5	3,92	2,66	13,722846
2020.08.15 18:45:58	l1	yes	A	east		11	3,29	2,25	6,755086
2020.08.15 18:46:00	l1	yes	A	east		11	2,76	1,95	6,484361
2020.08.15 18:46:02	l1	yes	A	east		7	1,52	1,88	3,6636
2020.08.15 18:46:04	l1	yes	A	east		10	1,48	1,53	3,53288
2020.08.15 18:46:12	l1	yes	A	east		3	4,14	2,58	16,539246
2020.08.15 18:46:37	l1	yes	A	east		7	1,89	1,86	3,7638
2020.08.15 18:46:59	l1		A	east		7	1,54	1,86	de-b234wettermq1-east-l1
2020.08.15 18:47:25	l1		A	east		5			de-b234wettermq1-east-l1
2020.08.15 18:47:35	l1	yes	A	east		8	4,14	2,65	15,900066
2020.08.15 18:47:43	l1	yes	A	east		7	1,8	2,17	3,892
2020.08.15 18:48:01	l1	yes	A	east		7	1,49	1,84	3,953358
2020.08.15 18:48:14	l1	yes	A	east		7	1,99	2,1	5,473678

Abbildung 55: Musterdatensatz am MQ1 – Laserscannerdaten Typs SICK LMS 141

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Allerdings waren in der Demonstratorphase keine Auswertedaten erhalten worden, die mit den Videodaten so in Einklang zu bringen waren, dass die Qualität der MMR-Erkennung aus den Videodaten signifikant mit ausreichender Genauigkeit in der Analyse der Fahrzeugklasse verbessert werden konnte. Vielmehr wurden wenig qualitative Ergebnisse erzielt, die aufgrund ihrer geringen Aussagekraft sofort verworfen werden mussten.

Nachfolgende Abbildung zeigt die händische Zusammenführung von MMR-Analysedaten aus der Videobilddatenanalyse mit den Laserscanner-Daten. Die implausiblen Daten sind in orange markiert.

Datum / Zeit	Kanal	Nummer	Richtung	Land	System-ID	Kreis	Notizen	Fallnummer	aus der MMR-Analyse der Videokamera				aus der Laserscanner-Analyse			
									Brand of veh	Model of veh	Type of veh	Color of veh	height	width	length	
2020.08.13 11:16:57	1	WIT EL 813	Unbestimmt	Germany		1 Witten [Land Nordrhein-Westfalen]			Mazda	cx-5,cx-7	SUV	Black	7	1,44	1,75	
2020.08.13 11:17:02	1	EN TV 2704	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			SEAT	ibiza,leon,tol	CAR	Black	7	1,47	1,84	4,25568
2020.08.13 11:17:06	1	EN JJ 999	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Mini	cooper	CAR	Black	3	1,77	1,69	3,96915
2020.08.13 11:17:08	1	EN CK 910	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]						Gray	7	1,49	1,78	3,832546
2020.08.13 11:17:14	1	MK EW 22	Unbestimmt	Germany		1 Mark [Land Nordrhein-Westfalen]			Ford	transit	LCV	White	7	1,43	1,92	4,198839
2020.08.13 11:17:23	1	UN ZN 745	Unbestimmt	Germany		1 Unna [Land Nordrhein-Westfalen]			Mercedes-Be	undefined	TRUCK	White	10	4,21	2,58	16,321624
2020.08.13 11:17:25	1	EN WV 301	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Peugeot	boxer	LCV	White	3	3,28	2,25	6,888834
2020.08.13 11:17:27	1	EN RK 166	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Ford	B max,C Max	CAR	Black	11	2,73	1,73	5,782045
2020.08.13 11:17:37	1	WIT CB 202	Unbestimmt	Germany		1 Witten [Land Nordrhein-Westfalen]			VolksWagen	polo sedan	CAR	Blue	11	1,47	1,73	4,39404
2020.08.13 11:17:41	1	HER RW 261	Unbestimmt	Germany		1 Herne [Land Nordrhein-Westfalen]			Renault	dokker,lodgy	VAN	White	7	1,94	2,72	10,568363
2020.08.13 11:18:02	1	INGI151	Unbestimmt	Italy		1 IN			Mercedes-Be	undefined	TRUCK	Rot	2	4,08	2,64	16,211686
2020.08.13 11:18:08	1	EN ZO 1973	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			VolksWagen	polo Mk5	CAR	Gray	7	1,47	1,42	3,15546
2020.08.13 11:18:11	1	EN S 2718	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			BMW	1,3,4,5,7	CAR	Black	7	1,64	1,66	3,6725
2020.08.13 11:18:12	1	MF DK 1930	Unbestimmt	Germany		1 Mettmann [Land Nordrhein-Westfalen]			VolksWagen	crafter	VAN	Black	7	1,8	1,99	4,22859
2020.08.13 11:18:14	1	EN DF 304	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			SEAT	arona,ibiza	CAR	Gray	7	1,8	1,99	4,22859
2020.08.13 11:18:43	1	EN D 484	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Nissan	micra	CAR	Rot	7	1,57	1,52	3,4012
2020.08.13 11:18:58	1	ST JL 185	Unbestimmt	Germany		1 Steinfurt [Land Nordrhein-Westfalen]			BMW	1,3,4,5,7	CAR	Black	7	1,57	1,52	3,4012
2020.08.13 11:19:16	1	EN KS 1685	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			VolksWagen	golf Mk7	CAR	Gray	7	1,54	1,58	3,770622
2020.08.13 11:19:31	1	ENGO37 8	Unbestimmt	Germany		1			Opel	astra H	CAR	Gray	7	1,54	1,37	3,38268
2020.08.13 11:19:53	1	NE U 1604	Unbestimmt	Germany		1 Neuss [Land Nordrhein-Westfalen]			Mercedes-Be	CLA class	CAR	Black	2			
2020.08.13 11:19:56	1	EN MF 14	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]						Gray	10	2,7	2,49	13,331659
2020.08.13 11:20:10	1	EN SK 824	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Mercedes-Be	C class W203	CAR	Gray	7	1,51	1,9	3,881935
2020.08.13 11:20:19	1	EN BC 701	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			BMW	1,3,4,5,7	CAR	Black	10	1,51	1,7	2,9929
2020.08.13 11:20:33	1	EN IG 94	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			SEAT	ibiza,leon,tol	CAR	Grün	7	1,58	1,92	4,757199
2020.08.13 11:20:40	1	EN EB 1212	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Opel	zafira	VAN	Gray	11	2,68	1,85	5,687744
2020.08.13 11:20:45	1	EN S 3020	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Skoda	fabia Mk2,pr	CAR	Gray	11	2,55	1,83	5,31416
2020.08.13 11:21:08	1	EN B 9364	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			BMW	1,3,4,5,7	CAR	Black	8	4,17	2,6	16,131777
2020.08.13 11:21:09	1	EN DB 63	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Citroen	berlingo	VAN	Gray	3	4,11	2,68	16,441176
2020.08.13 11:21:10	1	HA LT 555	Unbestimmt	Germany		1 Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]			Audi	A series	CAR	Gray	7			
2020.08.13 11:21:24	1	EN PK 282	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]						Gray	7	1,55	1,96	4,868798
2020.08.13 11:21:26	1	HA MF 7703	Unbestimmt	Germany		1 Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]			Mercedes-Bes	printer	VAN	Gray	11	2,84	1,82	6,144565
2020.08.13 11:21:35	1	EN YV 639	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Opel	astra G	CAR	Gray	7	1,58	2,05	4,490286
2020.08.13 11:21:36	1	EN IS 678	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Skoda	octavia Mk2	CAR	Black	7	1,46	1,59	3,818709
2020.08.13 11:21:51	1	EN MG 83	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Toyota	yaris	CAR	Gray	11	3,41	2,24	6,985986
2020.08.13 11:21:56	1	EN UW 31	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Audi	A series	CAR	Gray	3			
2020.08.13 11:22:06	1	WIT MZ 108	Unbestimmt	Germany		1 Witten [Land Nordrhein-Westfalen]			VolksWagen	golf Mk5	CAR	Gray	7	1,72	1,69	4,096
2020.08.13 11:22:09	1	EN H 374	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]						Gray	7	1,51	1,9	3,645
2020.08.13 11:22:50	1	EN FK 1818	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Hyundai	accent	CAR	Gray	7	1,92	1,6	3,83848
2020.08.13 11:23:51	1	HH PD 1200	Unbestimmt	Germany		1 Freie Hansestadt Hamburg [Freie und Hanse			VolksWagen	touran	VAN	Gray	7	1,5	2,03	4,121305
2020.08.13 11:23:56	1	EN TE 9653	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Ford	fiesta	CAR	Black	11	2,02	2,05	4,875498
2020.08.13 11:23:58	1	EN HL 2013	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			VolksWagen	up	CAR	Gray	10	1,53	1,65	3,987306
2020.08.13 11:24:13	1	EN AJ 1818	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]						Gray	7	1,51	1,93	3,8627
2020.08.13 11:24:15	1	EN MK 190	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			BMW	1,3,4,5,7	CAR	Rot	7	1,52	1,75	2,9929
2020.08.13 11:24:17	1	HA HS 664	Unbestimmt	Germany		1 Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]			Mercedes-Be	E class W208	CAR	Gray	11	3,85	2,08	5,717888
2020.08.13 11:24:20	1	EN I 977	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Citroen	c1	CAR	Gray	7	1,5	1,53	3,67388
2020.08.13 11:24:22	1	WIT E 1304	Unbestimmt	Germany		1 Witten [Land Nordrhein-Westfalen]			Mini	cooper	CAR	Black	3	4,5	3,35	43,738427
2020.08.13 11:24:24	1	EN FK 6617	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]						Black	7	1,81	2,02	4,36254
2020.08.13 11:24:33	1	E NTE 9250	Unbestimmt	Germany		1 Düsseldorf [Land Nordrhein-Westfalen]			Volvo	undefined	CAR,BUS,SUV	Gray	3	4,15	2,68	14,934961
2020.08.13 11:24:35	1	EN DE 2002	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]						White	7	1,56	1,79	3,334111
2020.08.13 11:24:37	1	EN LV 7500	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Peugeot	boxer	LCV	Black	3			
2020.08.13 11:25:00	1	EN TK 5000	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]						Gray	7	2,03	1,65	4,580939
2020.08.13 11:25:09	1	EN EG 222	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			VolksWagen	up	CAR	Gray	3	4,19	2,6	4,580939
2020.08.13 11:25:11	1	EN QE 776	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			VolksWagen	tiguan	SUV	Black	11	3,93	1,92	5,524179
2020.08.13 11:25:17	1	HA K 4004	Unbestimmt	Germany		1 Hagen [Land Nordrhein-Westfalen]			Ford	transit	LCV	Gray	7	1,51	1,65	3,676
2020.08.13 11:25:27	1	EN FK 2015	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Skoda	fabia Mk1	CAR	Gray	3	4,5	3,47	50,35485
2020.08.13 11:25:32	1	WAT A 2015	Unbestimmt	Germany		1 Watterscheid [Land Nordrhein-Westfalen]						Black	7	1,5	1,69	3,909811
2020.08.13 11:25:33	1	EN W 1114	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			Volvo	undefined	CAR,BUS,SUV	Gray	7	3,46	2,37	7,546032
2020.08.13 11:25:34	1	EU TK 3659	Unbestimmt	Germany		1 Euskirchen [Land Nordrhein-Westfalen]			BMW	x3,x5,x6	SUV	Black	11	1,56	1,77	3,478238
2020.08.13 11:25:37	1	EN JQ 674	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			BMW	1,3,4,5,7	CAR	Gray	7			
2020.08.13 11:25:48	1	DO NL 3122	Unbestimmt	Germany		1 Dortmund [Land Nordrhein-Westfalen]			BMW	1,3,4,5,7	CAR	Black	7			
2020.08.13 11:25:58	1	EN U 2003	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]						Gray	10	1,48	1,67	3,461169
2020.08.13 11:25:59	1	EN JD 4444	Unbestimmt	Germany		1 Ennepe [Land Nordrhein-Westfalen]			IVECO	undefined	LCV	White	11	2,6	2	4,90352

Abbildung 56: Händisch fusionierter Datensatz am MQ1 – MMR-Analyse und Laserscanner-Daten

Selbst eine nachträgliche Neujustage in der Anbringungsart des Lasers und eine Neukalibration führte zu keiner Verbesserung der Datenqualität der Laserdaten an MQ1. Nach intensiver Fehlersuche konnte vermutet werden, dass die eingesetzten (älteren) Scanner auf Umfeldbedingungen wie Nebel, Staub, Regen oder gar gar Fensterscheiben sehr sensibel reagieren.

Aus diesem Grund und nach intensiver Nachfrage beim Hersteller SICK wurde Neurosoft seitig beschlossen, die bestehenden Laserscanner durch Laserscanner der neuesten Generation zu tauschen. Nicht nur neue Laser, auch der dazugehörige Traffic-Controller inkl. Profiling-Software wurde neu angeschafft; es wurden zwei „Scanner Pakete“ SICK TIC 501

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

(inkl. T-Controller und Profiling-SW) besorgt. Der relevante Laser im TIC 501-Paket ist ein SICK Laserscanner LMS511-10100 PRO.



Abbildung 57: Neuanschaffung von SICK TIC 501 LiDAR-Scanner-Paketen inkl. Traffic-Controller

Technisch-funktionale Beschreibung des Laserscanners LMS511-10100 PRO:

Der SICK Laserscanner LMS511 ist ein Lasermesssensor mittlerer Reichweite, der dank der Multi-Echo-Technologie selbst bei schwierigen Witterungsbedingungen funktioniert. Sein kompaktes Gehäuse mit Schutzart IP 67 sowie eine integrierte Heizung machen den LMS511 zu einem robusten Lasersensor, der selbst bei schwierigsten Einsatzbereichen einsetzen lässt. Die wichtigsten Vorteile des SICK Laserscanners LMS511 sind seine geringe Leistungsaufnahme, eine schnelle Signalverarbeitung, mehrere Ein- und Ausgänge sowie eine mögliche Synchronisierung mehrerer Sensoren.

Besonderer Aspekt bei der Auswahl der neuen Laser-Hardware war die Multi-Echo-Technologie, die die Laserscanner resistenter gegenüber Interferenzen (z.B. durch Reflexionen durch Fensterscheiben (Windschutzscheiben, etc.) oder andere Umwelteinflüsse) macht. Aufgrund ihrer Fähigkeit, Mehrfachreflexionen einer Laseremission zu erkennen, können diese Laserscanner diese Störfaktoren zuverlässig von der eigentlichen Messung unterscheiden.

Der Traffic-Controller und die Profiler-Software sind auf die Verwendung von genau diesem Laserscanner-Typen optimiert und stellen eine gute Basis dar, auf den gegenständlichen Anwendungsfall hin optimierte Detektionsergebnisse bereitstellen zu können.

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

Nach erfolgter Bestellung während des Demonstratorzeitraumes und einer ca. 6-wöchigen Lieferzeit verblieben nur noch wenige Wochen, in denen das neue Laserscanner-System hätte aufgebaut, in Betrieb genommen und kalibriert werden müssen. Zudem war die Montage seitlich, schräg zur Fahrbahn geplant. Für diese Montageart hätten erst Mess-Erfahrungen gesammelt werden müssen, die in Zusammenspiel mit dem Traffic-Controller und der Profiler-Software primär zu verbesserten Analysewerten der Fahrzeugklasse aus der detektierten Fahrzeugkontur (=Interpretation der Punktwolke) hätten führen müssen.

iii) Resumé

Nicht zuletzt auch aufgrund der Corona-bedingten Auswirkungen, die während der Demonstratorphase die Fa. Neurosoft GmbH getroffen hat, und der daraus resultierenden Kurzarbeitssituation bei einem Großteil der Belegschaft, konnten in der aktiven Phase des Demonstrators keine Erfahrungen mehr mit dem neuen Laser-Scanner-System gesammelt werden. Somit war es auch aufgrund der nicht mehr ausreichenden Zeit nicht mehr möglich geworden, die Güteverbesserung der Messergebnisse durch Software-seitige Verschneidung der Einzelergebnisse aus ANPR-/MMR- und Laserscanner-Analyse erfolgreich umzusetzen. Dies wiederum bedeutete, dass aus Ermangelung des Nachweises der vorausgesetzten Datengüte keine hinreichend sichere Datengrundlage zur Ahndung bei STVO-Verstößen am MQ2 vorlag.

Anstelle mit Hilfe des zweiten Messquerschnittes wurden durch alternative mobile Detektionseinrichtungen durch die RWTH Kenngrößen zur Genauigkeit des Systems und Befolgungsrate seitens der Fahrer ermittelt und abgeleitet. Wie oben bereits dargestellt, konnte eine Befolgungsrate von 97% erreicht werden, womit die Wirksamkeit des Systems Brückenwächter nachgewiesen werden konnte.

Auch für die Zukunft ist es zu empfehlen die Fusion der Video- mit den Laserscanner-Daten voranzutreiben, um eine Güteverbesserung in der Datenqualität zu erreichen. Das Prinzip der erfolgreichen Daten-Fusion sollte zudem zu einer Verbesserung der Verständlichkeit und letztlich der Bedienbarkeit komplexer Detektionsanalysen dienen. Im Besonderen wird noch einmal auf die herausragende Wirkung der direkten Ansprache von Fahrzeugteilnehmern – z.B. durch ihr Kennzeichen – hingewiesen werden. Mobile, ggf. energetisch autarke und einfache Systeme stellen eine hocheffiziente Voraussetzung für kurzfristig und schnell benötigte Warn- und Informationssysteme z.B. im aktiven Brückenschutz dar. Wir sind davon überzeugt, dass durch solche Systeme auch zukünftig im geschäftlichen Sinn weitere Marktanteile erwirkt werden können. Aus diesem Grund wird dieses System nach erfolgter Professionalisierung sowie das systemimmanente Funktionsprinzip im Produktportfolio der Neurosoft GmbH abgebildet werden. Darüberhinaus sind neben dem Brückenschutz weitere Anwendungsfälle denkbar, die mit ähnlicher Methode bedient werden können, wie z.B. im Bereich des Tunnelschutzes oder in kommunalen Anwendungsfällen im Zusammenhang mit Fragestellungen in der Transportlogistik.

7 Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Der überwiegende Anteil der in diesem Projekt angefallenen Kosten resultierte aus den Personalkosten, gefolgt von den sonstigen unmittelbaren Vorhabenkosten. Dies begründet sich aus dem prinzipiellen Konzept dieses Projektes. Vor allem da eine Reihe von innovativen Ansätzen seitens Neurosoft GmbH umzusetzen war, nahm vor allem der Arbeits-Bereich der konzeptionellen Vorüberlegungen und tatsächlichen Konzepterstellung eine entscheidende Menge an Personalstunden in Anspruch. Aber auch der Zeitbereich der Umsetzung des Demonstrators war von vielen Personalstunden geprägt, dabei vor allem koordinierende oder organisierende Tätigkeiten. In der Demonstratorphase waren eine Reihe von Infrastrukturkomponenten nur für eine begrenzte Zeit aufzubauen und vorzuhalten sowie wieder abzubauen. Aus diesem Grund war es notwendig geworden im Laufe des Projektes nach Möglichkeiten zu suchen auch diese Infrastrukturkosten effizient abzubilden. Neben den technischen Vorteilen der Kooperation mit unserem Subunternehmer GWS waren vor allem das Mietmodell entscheidender Grund diese Subunternehmenschaft mit GWS einzugehen. So mussten die Infrastrukturkomponenten wie z.B. Masten, Fundamente, Ausleger, dynamische Anzeigen, deren Software-technische Versorgung (Programmierung etc.) nicht gekauft werden, sondern konnten für den Zeitraum von 3 Monaten von GWS gemietet werden. Damit konnte eine deutliche Reduktion der Investitionskosten erwirkt werden im Vergleich zum Kauf der Infrastrukturkomponenten.

Im Detail sind die vorhabenspezifischen Gesamtkosten in den einschlägigen Dokumentationsunterlagen des zahlenmäßigen Nachweises abgebildet (vgl. Erläuterungsblätter zu den Einzelkosten).

8 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, war eine Menge an konzeptioneller und fachorientiert inhaltlicher Arbeit für die Zielerreichung des Projektes notwendig, die in den einschlägigen AP-basierten vorangegangenen Dokumentationsabschnitten detailliert dargestellt wurde. Zudem war alleine aus dem Ausscheiden des ursprünglichen Projektpartners Stadt Duisburg und der daraus resultierenden Notwendigkeit einen neuen Projektpartner, der sogar die Konsortialführerschaft zu übernehmen hatte, zu finden, eine nicht unerhebliche Notwendigkeit der Akquisitionstätigkeit abzuleiten. Gesamtheitlich wird unsererseits die Notwendigkeit der Aufwendungen als gegen bewertet. Zudem erscheint die geleistete Arbeit aufgrund der komplexen Fragestellungen und des hohen Innovationsgrades als angemessen.

9 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertungsplan

Wie in den Kapitel 6.5 bereits dargestellt ist durch den Nachweis der positiven Wirkungsweise des Projektes der zu erwartende Nutzen deutlich sichtbar geworden.

Im Besonderen wird noch einmal auf die herausragende Wirkung der direkten Ansprache von Fahrzeugteilnehmern – z.B. durch ihr Kennzeichen – hingewiesen werden. Mobile, ggf. energetisch autarke und einfache Systeme stellen eine hocheffiziente Voraussetzung für

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

kurzfristig und schnell benötigte Warn- und Informationssysteme z.B. im aktiven Brückenschutz dar. Sie dienen damit unmittelbar der zivilen Sicherheit. Die Neurosoft GmbH ist davon überzeugt, dass durch derartige Systeme auch zukünftig aus betriebswirtschaftlicher Betrachtung weitere Marktanteile erwirkt werden können. Aus diesem Grund wird dieses System nach erfolgter Professionalisierung sowie das systemspezifische Funktionsprinzip im Produktportfolio der Neurosoft GmbH abgebildet werden.

Wir verweisen in diesem Zusammenhang auf den fortgeschriebenen Verwertungsplan in Kapitel 5 dieses Dokumentes.

10 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Ein marktfähiges Produkt, welches der gleichen Zielsetzung, wie in diesem Projekt erarbeitet, folgt, ist uns derzeit nicht bekannt.

Lediglich im Bereich der forschungsorientierten Fragestellungen scheint ein neues Forschungsvorhaben aus dem Vorhaben-Komplex „Anwender innovativ“ initiiert zu werden.

Während beim gegenständlichen Projekt „Brückenwächter“ der Schwerpunkt des Projektes auf der direkten Ansprache des Fz-Lenkens zur Umsetzung der individuellen Umleitungserfordernis bei gegebener individueller Überschreitung des zur Überfahrt über eine schützenswerte Brücke definierten Gesamtgewichtes lag, beschreibt das geplante neue Vorhaben die Ermittlung von Möglichkeiten und Maßnahmen zur Brückenerhaltung, die mittels verkehrlicher Maßnahmen - der Schwerlastverkehr soll gleichmäßig verteilt werden und somit zum Brückenschutz beitragen (Bauwerkserhaltung) - umgesetzt werden soll. Dies bedeutet, dass die Inhalte und Ziele der beiden Projekte „Brückenwächter“ und „Methoden zur Bauwerkserhaltung“ nicht miteinander vergleichbar sind.

11 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

In diesem Zusammenhang verweisen wir auf Kap. 6.4.vii dieses Berichtes, in welchem die bereits erfolgten Veröffentlichungen aufgelistet und dargestellt sind.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind seitens Neurosoft GmbH keine weiteren Veröffentlichungen geplant.

LITERATURVERZEICHNIS

[1]

Bommes, M.; Fazekas, A.; Volkenhoff, T.; Oeser, M.: „Video Based Intelligent Transportation Systems – State of the Art and Future Development.“ Transportation Research Procedia, Volume 14, 2016, Pages 4495–4504

[2]

Diner E., Kemper, D., Oeser, M., „Erhöhung der Sicherheit bei der Durchführung von BAG – Kontrollen“, Heft 1104, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, BMVBS 2014

[3]

GDV, 2015: Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft e.V.: „Deutschland muss mehr investieren.“ Von <http://www.gdv.de/2015/01/deutschland-muss-mehr-investieren/> abgerufen 2015

[4]

ESIMAS, 2015: Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Echtzeit-Sicherheits-Management-System für Straßentunnel“ im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (unveröffentlicht), Aachen 2015

[5]

Krause, S.: Finanzierung der Bundesfernstraßen. Vortrag im Rahmen der Gastvortragsreihe des Lehrstuhls für Straßenwesen der RWTH Aachen, Aachen 2016

[6]

Steinauer, B., Mayer, G., & Brake, M. (2003). „Videobasierte Störfalldetektion in Tunneln.“ Straße und Autobahn.

[7]

Oeser M., Kemper, D., Fazekas, A., Evaluationsbericht „Maßnahmen zur Durchsetzung von Lkw-Fahrverboten“, (unveröffentl.) Aachen 2014

[8]

Volkenhoff, T.: „Modellbasierte Ableitung des Einsatzbereiches eines videogestützten Störfall- und Arbeitsstellenmanagements in Arbeitsstellen längerer Dauer auf Bundesstraßen.“ Aachener Mitteilungen Straßenwesen, Erd- und Tunnelbau, Heft 61, Aachen 2014

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

[9]

Klee, Ph., Dr. Koscheknick, K., Hösch, M.: Fachbeitrag: „Adaptive Verkehrsleitsysteme im Zulaufbereich von Brückenbauwerken – Systemkonzept Brückenwächter“, Aachener Straßen- und Verkehrstage, setac 2019, 21. – 22.11.2019

[10]

Klee, Ph., et. al. (Straßen.NRW): Brückenwächter-Broschüre zur Eröffnung des Systems am 05.06.2020, Straßen.NRW

[11]

Krux, W., Klee, Ph. et. al. (Straßen.NRW): „Wegweisende Innovation in der Verkehrslenkung: System „Brückenwächter“ in Wetter an der Ruhr erfolgreich gestartet“, Informationsschreiben der Neurosoft GmbH zur Eröffnung des Brückenwächters, 05.06.2020

[12]

Klee, Ph., et. al. (Straßen.NRW): „Innovatives System zur Verkehrslenkung schützt belastete Bauwerke – Pilotprojekt Brückenwächter gestartet“, Pressemitteilung von Straßen.NRW, 05.06.2020, <http://www.strassen.nrw.de/de/presse/meldungen/meldung/innovatives-system-zur-verkehrslenkung-schuetzt-belastete-bauwerke-pilotprojekt-brueckenwaechter-gestartet-9314.html>

[13]

Klee, Ph., et. al. (Straßen.NRW): „Brückenwächter: Pilotprojekt startet im Ennepe-Ruhr-Kreis.“ Pressemitteilung Ennepe – Ruhr - Kreis, 09.06.2020, <https://www.enkreis.de/aktuelles/news-detailansicht/news/brueckenwaechter-pilotprojekt-startet-im-ennepe-ruhr-kreis>

[14]

Hösch, M., Klee, Ph., Dr. Koscheknick, K.: „Innovatives Verkehrstelematiksystem schützt belastete Bauwerke – Pilotprojekt Brückenwächter“, Fachbeitrag zum Brückenwächter im 6. Newsletter von ITS Bavaria, November 2020

Zivile Sicherheit – Anwender - Innovativ

[15]

Hösch, M., Klee, Ph., Dr. Koscheknick, K.: „Innovatives Verkehrstelematiksystem schützt belastete Bauwerke – Pilotprojekt Brückenwächter“, November 2020, Blog-Beitrag auf der Homepage von ITS Bavaria, <https://www.its-bavaria.de/Innovatives-Verkehrstelematiksystem-schuetzt-belastete-Bauwerke-Pilotprojekt-Brueckenwaechter/>

[16]

Marschall, B.: „Zustand von Brücken weiter verschlechtert: Mehr als 2500 Autobahn-Bauwerke müssen saniert werden“, 23.12.2019, RP Online; https://rp-online.de/politik/deutschland/bauwerke-an-der-autobahn-viele-bruecken-muessen-saniert-werden_aid-47962227