



# **Verbundprojekt INtelligenTe Mensch-Technik KommunikaTion im gemischten Verkehr**

**Akronym: INITIATIVE**

**Teilvorhaben: Intelligente, innovative Umfelderkennung,  
Datenverarbeitung mittels KI-basierter Verfahren und  
Cloudanbindung**

**Abschlussbericht**

Laufzeit 01.04.2021 - 31.03.2024

Förderkennzeichen 19A21008B

**Zuwendungsempfänger: Electric-Special Photonicsysteme GmbH**

Ansprechpartner:  
Dipl.-Ing. Torsten Wedler  
Tel. 0176-551 88675  
torsten.wedler@electric-special.de

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz



**TÜVRheinland®**  
Genau. Richtig.

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Inhaltsverzeichnis

Titelseite .....	1
I.1 Aufgabenstellung .....	3
I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	4
I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens .....	5
I.4 wissenschaftlicher und technischer Stand .....	6
I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	6
II. Eingehende Darstellung .....	7
II.1 Verwendung der Zuwendung, erzielte Ergebnisse und Gegenüberstellung mit Zielen .....	7
II.1.1 AP 8.1: Umfeld erfassung .....	7
II.1.2 AP 8.2: Cloudanbindung und Datenverarbeitung mittels KI-basierter Verfahren .....	9
II.2 Wichtige Positionen des zahlenmäßigen Nachweises. ....	11
II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit .....	11
II.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	11
II.5 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens .....	12
II.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse .....	12
III.1 Abbildungsverzeichnis .....	13
IV.1 Tabellen.....	13
V.1 Abkürzungsverzeichnis.....	13

## I.1 Aufgabenstellung

Im Zuge der Automatisierung des Straßenverkehrs ist eine kontinuierlich zunehmende Einbindung von Fahrzeugen mit immer höherem Automatisierungsgrad zu erwarten. Eine zentrale Bedeutung für das Gelingen dieses Prozesses fällt der Kommunikation zwischen hochautomatisierten Verkehrsteilnehmern (automated vehicles bzw. AV) und schwächeren Verkehrsteilnehmern (vulnerable road user bzw. VRU) wie Fußgängern und Radfahrern sowie nicht automatisierten Fahrzeugen zu. Dabei kann nur ein an die jeweilige Situation angepasster, mit allen relevanten Teilnehmern abgestimmter und intelligenter Kommunikationsprozess eine erfolgreiche Integration zukünftiger automatisierter Fahrzeuge in den Mischverkehr garantieren. Eine erfolgreiche Integration wiederum wird maßgeblich die Grundlage für eine breite gesellschaftliche Akzeptanz automatisierter Fahrfunktionen und Fahrzeuge im Straßenverkehr schaffen und den Erfolg der Transition zentral beeinflussen. Damit einhergehend ist davon auszugehen, dass sich aufgrund einer intelligenten Interaktion zwischen Mensch und Maschine die Verkehrssicherheit erhöht, was die Akzeptanz zusätzlich steigern dürfte. Grundvoraussetzung zur Erfüllung dieses Anspruchs ist die automatisierte Erkennung und Einschätzung der jeweiligen Verkehrssituation.

Im Rahmen des Verbundprojektes INITIATIVE kamen Electric-Special Photronicsysteme (nachfolgend "ESP") daher Beteiligungen an folgenden Teilprojekten zu:

### AP 1.1 Anforderungsmanagement:

- Definition der (Umgebungs-) Anwendungsfälle mit der Infrastruktur,
- Abstimmung und Grobkonzeption der projektübergreifenden Schnittstellen,
- Planung und Vorbereitung der Erstellung des Testfeldes für die Infrastruktur

### AP 6.6 Schnittstelle zwischen Infrastruktursensorik und Fahrzeug:

- Definition der Schnittstelle der zu Vektoren und Objekten transformierten Daten der Infrastruktursensoren
- Modultest der einzelnen Algorithmen und Basiskomponenten sowie Validierung der Schnittstelle
- Testweise Synchronisation und Einbindung externer Daten via Cloud und Direktkommunikation

### AP 8.1 Umfelderkennung (Lead):

- Realisierung und Test der Sensorik der Infrastruktur zur Erfassung des Umfeldes
- Realisierung und Test der Kommunikation der Sensorik mit der Unterstation
- Zusammenführung und Synchronisation von bildgebenden und nicht bildgebenden Informationen
- Summenbildung der Positions-, Winkel- und Geschwindigkeits-Bestimmung der Einzelsensoren zu einem gesamten Tracking aller relevanten Objekte

## AP 8.2 Cloudanbindung und Datenverarbeitung mittels KI-basierter Verfahren (Lead):

- KI-basierte Datenverarbeitung, Festlegung der Datenschnittstellen
- Organisation und Einbuchung aller ortsrelevanten AVs in die Cloud
- Konzeption der Datencloud
- projektspezifisches Kamera- und Bildverarbeitungssystem
- Entwicklung der Schnittstelleneinheit

## AP 9.2 System- und Gesamtvalidierung im Feld:

- Aufbau und Vortest des Gesamtsystems
- Validierung des Umweltsystems gem. AP 8
- Validierung des Gesamtsystems

## AP 10 Projektmanagement

## I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Im Rahmen des Gesamtvorhabens INITIATIVE wurde das Ziel verfolgt, eine adaptive und für alle betreffenden Verkehrsteilnehmer abgestimmte intelligente Kommunikation in gemischten Verkehrsräumen zu realisieren. Der Schwerpunkt der Projektinhalte lag im Bereich „Automatisiertes Fahren“. Wenn eine komplette Übernahme der Fahrfunktionen durch das automatisierte Fahrzeug erreicht werden soll, muss eine sichere und situativ angepasste Kommunikation des AV mit der Umgebung sichergestellt sein. Im Rahmen des Projektes wurden hierzu transdisziplinär produkt- und anwendungsnahe technologische Lösungsansätze entwickelt und evaluiert.

Unter Federführung von **Fa. HELLA** konnte -bezogen auf die Aufgabenstellung von ESP- im Wesentlichen auf die Expertisen folgender Verbundpartner zurückgegriffen werden:

- **Fraunhofer IOSB** beschäftigt sich seit mehreren Jahren mit der bildlichen Erfassung von Verkehrsteilnehmern und deren Bewegungsabläufen
- Das **KIT-IRS** entwickelt Lösungen für die Kooperation zwischen intelligenten (teil-)autonomen technischen Systemen und dem Menschen.
- Das Institut für Rechtsinformatik an der **Universität des Saarlandes** ist eine der führenden deutschen Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet des IT-Rechts und der Rechtsinformatik

Weitreichende Erfahrungen der ursprünglich vorgesehenen Subpartner **embeteco** und **SQF** im Aufbau einer KI-geführten Cloud bzw. der Kommunikationstechniken erfüllten die Anforderungen zur Durchführung des Teilprojektes. **Gedonsoft** als weiterer Unterauftragnehmer beschäftigt sich seit geraumer Zeit mit der Kamera- und KI-basierten Detektion von Personen und Gegenständen.

Für die Durchführung zahlreicher Tests in realer Umgebung stand das ehemalige Flughafengelände in Oldenburg (i.O) zur Verfügung. In Absprache mit dem Betreiber konnten hier unter Realbedingungen umfangreiche Versuche durchgeführt werden, die aufgrund des Ausschlusses öffentlichen Zugangs nicht mit Vorgaben der STVO korrelierten. Dennoch wurden

juristische Vorgaben durch Hinzuziehen des Instituts für Rechtsinformatik erörtert und berücksichtigt, um das Gesamtsystem von vornherein wirtschaftlich verwertbar zu gestalten.

### I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Verbundprojekt INITIATIVE wurde in 10 Arbeitspakete eingeteilt (Abb. 1), die überwiegend in Kooperation abgearbeitet wurden. Zeitliche Überschneidungen führten zu keinerlei Problemen, da viele Arbeitspakete zunächst getrennt bearbeitet und erst im AP9 zusammengeführt und validiert wurden. In I.1 wurde bereits der aufwandbezogene Anteil von ESP beschrieben.

Zunächst erfolgte in AP1 eine gemeinsame Erarbeitung ausgewählter Verkehrssituationen, die auf dem Testgelände nachbildbar waren. Gleichzeitig erfolgte bereits die Analyse der Umgebungsbedingungen, Nutzeranforderungen und Installationsorte der externen Sensorik. Im weiteren Projektverlauf wurden verschiedene Techniken zur Detektion der verschiedenen Verkehrsteilnehmer getestet, was zum Aufbau eines Demonstrators in AP8 führte. Parallel hierzu erfolgte in enger Abstimmung mit den Projektpartnern die Definition der zu übergebenden Datenpakete, sowie die hierfür notwendigen Schnittstellen (AP6). Zum Testen der Erfassungssysteme wurde im Projektverlauf mehrfach in Kooperation mit den Projektpartnern das Versuchsfeld in Anspruch genommen, dessen Vorbereitung bzw. Organisation aus praktischen Gründen bei ESP verortet war.

Organisatorische Veränderungen in der Bearbeitung des AP8 ergaben sich durch den Wegfall zweier Unteraufträge (embeteco bzw. SQF). Durch Schaffung eines zusätzlichen Arbeitsplatzes konnten die relevanten Aufgaben in diesem Arbeitspaket nun allerdings komprimierter durchgeführt und abgeschlossen werden.

Arbeitspakete / Meilensteine (M) rot markiert	1. Jahr				2. Jahr				3. Jahr			
	1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal	1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal	1. Quartal	2. Quartal	3. Quartal	4. Quartal
<b>1. Anforderungsmanagement und Literaturrecherche</b>				M1		M2					M3	
1.1 Anforderungsmanagement												
1.2 Literaturrecherche und Ableitung der Nutzeranforderungen												
<b>2. Auslegung der Sensorik zur Erfassung der Insassen und VRUs</b>												
2.1 Konzeption der Kamerasysteme und Basisalgorithmen												
2.2 Erfassung des gestenbasierten Kommunikationsverhaltens aller Interaktionspartner												
2.3 Empirische Untersuchung zum gestenbasierten Kommunikationsverhalten												
2.4 Überprüfung der Beleuchtungsbedingungen für das Kamerasystem												
<b>3. Technologische Entwicklung der HMI-Systeme</b>												
3.1 Entwicklung und Validierung interne HMI												
3.2 Entwicklung und Validierung externe HMI												
3.3 Entwicklung, Standardisierung und Visualisierung Kommunikationsinhalte												
<b>4. Validierung der HMI-Systeme in der Fahrsimulation</b>												
4.1 Implementierung der Szenarien und der HMI-Systeme												
4.2 Empirische Validierung der HMI-Systeme												
<b>5. Situations- und Interaktionsanalyse</b>												
5.1 Nutzerstudie zur Datensammlung für Training und Evaluation												
5.2 KI-basierte Situationsanalyse und Interaktionserkennung												
5.3 Schnittstellen												
<b>6. Einigungs- und Entscheidungsprozesse</b>												
6.1 Anforderungsdefinition und Problemformulierung												
6.2 Modellierung und Identifikation individueller Ziele												
6.3 KI-unterstützter Abstimmungsprozess												
6.4 Technische Umsetzung												
6.5 Validierung der Methoden												
6.6 Schnittstellen zwischen Infrastruktursensorik und Fahrzeug												
<b>7. Rechtliche Aspekte</b>												
7.1 Gutachten zu datenschutzrechtlichen Fragestellungen												
7.2 Gutachten zu haftungsrechtlichen Fragestellungen												
7.3 Empfehlungen für Gesetzgebung												
<b>8. Umfeldbefassung über Infrastruktur, KI-gestütztes Datenmanagement, V2X-Kommunikation</b>												
8.1 Umfeldbefassung												
8.2 Cloudanbindung und Datenverarbeitung mittels KI-basierter Verfahren												
<b>9. Aufbau Versuchsfahrzeug und Validierung im Feld</b>												
9.1 Aufbau des Versuchsträgers inkl. Systemfusionierung												
9.2 System- und Gesamtvalidierung im Feld												
9.3 Aufbau der Demonstrationsumgebung												
<b>10. Projektmanagement und Dissemination</b>												
10.1 Projektmanagement												
10.2 Dissemination												

Abb.:1 Zeitplan und Einteilung der Arbeitspakete des Verbundprojektes

## I.4 wissenschaftlicher und technischer Stand

Die Erfassung von vulnerablen Verkehrsteilnehmern (VRU) ist essentiell für automatisierte Fahrfunktionen. Ein übliches Vorgehen ist dabei die Bestimmung der Bounding-Box aller VRU zu jedem Zeitschritt und die Ableitung der Trajektorien über die Zeit mit mehreren redundanten Sensoren. Basierend darauf kann dann die Trajektorie in der Zukunft geschätzt und in der Bahnplanung des eigenen Fahrzeugs berücksichtigt werden. Dieses Vorgehen funktioniert gut für VRU, die sich bewegen. So betritt ein Fußgänger, der auf den Bordstein zuläuft mit höherer Wahrscheinlichkeit die Straße, als einer, der parallel zur Fahrbahn auf dem Gehweg läuft. In vielen Fällen ist die Intention basierend auf der Trajektorie aber nicht eindeutig bestimmbar. Erst seit wenigen Jahren gibt es öffentliche Datensätze, die es erlauben, VRU genauer zu analysieren, um die Intention, die Straße zu überqueren, zuverlässiger zu bestimmen.

Aktuelle Verfahren setzen hier zum Beispiel auf die Analyse des Bildausschnitts der Person mit convolutional neuronal networks und rekurrenten Netzen oder die Erfassung des Körperskeletts. Auch das Projekt @CITY beschäftigte sich mit der detaillierten Erfassung von VRU. Das Ziel lag hier allerdings in der grundsätzlichen Befähigung automatisierter Fahrzeuge zum sicheren Betrieb in Innenstädten. Die Erfassung der Intention der VRU war hier ein Baustein unter vielen, während INITIATIVE diese Interaktionen im Detail untersuchte.

Die räumlich orientierte Erfassung von Objekten erfolgt i.d.R. über Stereo-Kameras bzw. Lidar-, Radar- oder Mikrowellen-Sensoren und führt zur Festlegung der jeweiligen Trajektorien. Stereo-Kameras erfassen lediglich den Nahbereich, so dass in den meisten Fällen für eine stationäre Erfassung eine kombinierte Sensorik verwendet wird. Neben dem daraus resultierenden wirtschaftlichen Nachteil besteht auch ein erheblicher Mehraufwand hinsichtlich der Software-gesteuerten Fusion der jeweiligen Sensorwerte.

Stand der Technik war zu Projektbeginn, dass die erfassten Werte entweder im Nahfeld an die automatisierten Fahrzeuge übermittelt werden oder über eine Cloud. Fällt dieser Dienst aus, ist keine stationäre Informationsübermittlung gegeben.

## I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Teilprojekt von ESP ist eingebunden in das Verbundprojekt INITIATIVE, das neben den in I.2 erwähnten Projektpartnern im Dialog mit den Projektpartnern KIT-LTI, version1, sowie dem WIVW stand.

Als Unterauftragnehmer entwickelte Gedonsoft in enger Abstimmung mit ESP die KI-gestützte Kamera-Software. Die Kooperation mit embeteco als ursprünglich vorgesehener Partner bzgl. Cloud, sowie SQF als Entwickler der Übertragungstechnik konnte durch einen neuen ESP-Mitarbeiter ersetzt werden.

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit erfolgte ein Informationsaustausch mit der Stadt Oldenburg, der Fa. TOPAS Industriemathematik Innovation gGmbH (Bremen), sowie dem Experten für KI-Anwendungen Prof. Dr. C. Gause von NBS Northern Business School (Hamburg).

## II. Eingehende Darstellung

### II.1 Verwendung der Zuwendung, erzielte Ergebnisse und Gegenüberstellung mit Zielen

Im Folgenden werden die Verwendung der Zuwendungen, sowie die im Rahmen der Teilaufgaben in AP 8.1 und AP 8.2 erzielten Ergebnisse dargestellt. Eine Gegenüberstellung der ursprünglichen Ziele mit den ausgeführten Arbeiten und Abweichungen dargestellt bzw. begründet. Für eine detaillierte Darstellung der Arbeiten der anderen Projektpartner wird auf deren jeweilige Schlussberichte verwiesen, insbesondere der Ergebnisse in AP 6, an der ESP inhaltlich beteiligt war und die Grundlage für AP 8 bildeten. Auch die Darstellung der Ergebnisse der gemeinsam durchgeführten Tests auf dem Testgelände sollten im Ganzen betrachtet werden, weshalb hier auf den gemeinsamen Schlussbericht verwiesen wird.

#### II.1.1 AP 8.1: Umfelderkennung

Zur Unterstützung der Entscheidung, welche Verkehrsteilnehmer (VRU) für die Kommunikation und Weiterverarbeitung relevant sind, müssten dem automatisierten Fahrzeug (AV) aufbereitete Informationen aus der Umwelt zur Verfügung gestellt werden. Der „Nichtsichtbereich“ des AV sollte daher erstmalig präventiv in ein derartiges Gesamtsystem integriert werden. Es sollte eine jeweils stationäre Vorerfassung der VRU erfolgen. Ziel war es, die an das betreffende Fahrzeug möglichst echtzeitfähig zu übermittelnden Daten durch KI-gestützte Vorfilterung und Kombination mit anderen relevanten Umweltdaten zu erzeugen. Dem AV sollen somit zusätzliche Umgebungsinformationen zur Verfügung gestellt werden, um die jeweilige Situation besser interpretieren zu können. Die technisch realisierbaren und wirtschaftlich sinnvollsten Kommunikationspfade waren zudem zu validieren.

In der Vorhabensbeschreibung wurden bereits mögliche Sensorsysteme benannt, deren Einsetzbarkeit zu untersuchen war. Eine ausführliche Marktanalyse führte bzgl. der Positionserfassung von Objekten zu ersten Versuchen mit Lidar-Sensoren, deren Erfassungswinkel sich jedoch als zu klein herausstellte; für die Erfassung einer Verkehrssituation von einer oder zwei Positionen aus ist ein Weitbereichssensor notwendig. Von Radarsensoren wurde relativ schnell aus Kostengründen abgesehen.

Da der Entwicklungsansatz i.w. in der Objekterkennung, der Beurteilung deren Verhaltens und der möglichst datenreduzierten Weitergabe der Relevanz für den herannahenden Verkehr bestand, wurde zunächst eine Einzelobjektiv-CMOS-Kamera eingesetzt, deren standardisierte Schnittstelle mit einem NVIDIA Jetson Nano – Board verbunden wurde (Abb. 2). Erste Versuche ergaben zwar eine durchaus annehmbare Bildverarbeitungsqualität; um Objekte jedoch besser voneinander unterscheiden zu können, bedurfte es einer Verbesserung der Hardware, was zum Einsatz des NVIDIA-Boards „Jetson Xavier NX“ führte. Hierauf wurde das Pose Estimation Model erfolgreich getestet, Menschen wurden erkannt. Zur differenzierten Bestimmung von Fahrzeugtypen wurde ein eigenes Modell entwickelt (Segmentierungserkennung). Im Verlauf des Projektes stellte sich jedoch heraus, dass die durch die Fusion der beiden Systeme erzeugbare Framerate zu gering ausfällt, eine Echtzeiterkennung und erst recht eine Datenübertragung in nahezu Echtzeit war nicht gegeben, was zu einem Umschwenken auf ein vortrainiertes MobilNet Modell zur Objekterkennung führte, bei gleichzeitiger Optimierung der Pose Estimation. Die hierdurch erzeugte Framerate stieg ausreichend.

Neben der Identifizierung eines oder mehrere Objekte und Zuordnung zu einer Klassifizierung in Anlehnung an Tabelle 2-9 des Anhangs 2 der „Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen“ des Bundesamtes für Straßenwesen (Tabelle 1) bestand nun die Herausforderung, die Trajektorien der Objekte zu bestimmen. Da nur eine Einlinsenkamera verwendet wurde, musste das Bewegungsmuster auf die Ebene projiziert und georeferenziert

werden (Homographie). In Vorbereitung auf einen späteren möglichen Abgleich mit bestehendem Kartenmaterial (z.B. OpenStreetMap) wurden zunächst in den jeweiligen Testvorbereitungen im Testfeld Masken von markanten Bereichen erstellt (Straßen, Gehwege, Fußgängerüberwege) und mit vorher ermittelten GPS-Koordinaten belegt.

Im Abgleich der Trajektorien mit dem hinterlegten Kartenmaterial konnte nun eine Einschätzung des Verhaltens der erkannten Verkehrsteilnehmer erfolgen: Untypische Bewegungen werden von typischen unterschieden und als möglicherweise relevant für den herannahenden Verkehr bewertet. Als Datensatz steht somit neben einer ID und den Trajektorien auch ein Relevanzindex zur Verfügung (Abb. 3), der über die Aussendung eines Datensatzes entscheidet (ereignisorientierte Aussendung). Ein permanentes Verschicken von Daten kann somit unterbleiben. Weitere Tests ergaben, dass dieses System-Verhalten selbst bei einer größeren Anzahl erkannter Verkehrsteilnehmer funktioniert.

Aus Gründen der Evaluierung sendete das Kamerasystem neben dem vorgenannten Datensatz innerhalb der Projektphase zwar ein Livebild aus. Auf dieses kann nach Projektabschluss jedoch verzichtet werden; es werden also Datenpakete erzeugt, die nicht nur sehr kurz sind, sondern durch die Reduzierung auf IDs, GPS- und Bewegungsdaten, sowie Relevanz-Codes datenschutzrechtlich unbedenklich sind.

Anmerkung zu Tabelle 1: Fußgänger wurden im Projekt mit Code 6 belegt.

Das gesteckte Teil-Ziel wurde grundsätzlich erreicht. Einschränkungen ergeben sich jedoch in der Reichweite der sicheren Objekterkennung, was in der verwendeten Standard-Kamera begründet ist.

Die Erlangung dieser Ergebnisse benötigte viel Zeit, insbesondere durch den Systemwechsel in der Objekterkennung. Dadurch rückte ein ursprünglich angestrebtes Ziel in den Hintergrund: Versuche während der jeweiligen Testphasen ergaben Abhängigkeiten der Ergebnisse von Umweltbedingungen, die zwar geringer ausfielen als vermutet, dennoch nicht näher validiert werden konnten. Gleichwohl wurden umfangreiche Aufbauten und Versuche u.a. zur Bestimmung der Leuchtdichten (Straßen, Gegenlicht, etc.) durchgeführt. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse reichten jedoch nicht mehr zu einem aussagekräftigen Ergebnis; die Datenvielfalt kann in weiterführenden Projekten jedoch durchaus zugrunde gelegt werden.



Abb.2: Prototyp Kamera

```
{ "head":{
  "timestamp": 1651044028, /*Unix-Timestamp*/
  "positionOfRSU": {
    "latitude": 53.098024,
    "longitude": 8.774865
  },
  "participants": 1 /*Anzahl detektierter Verkehrsteilnehmer
(gesamtanzahl)*/
},
"data": {
  "eaeace1-b83f-49b6-a937-2000ff9c016c": { /* Fussgaenger geht
auf strasse zu */
    "type": 6,
    "position": {
      "latitude": 53.098024,
      "longitude": 8.774865
    },
    "heading": {
      "rotation": 3.14159,
      "speed": 1.39
    },
    "relevance": 2
  }
}
}
```

Abb. 3: Beispiel Datensatz

Fahrzeugklasse	Code	Zugeordnete Grundklassen
Nk Kfz	6	Nicht klassifizierte Fahrzeuge
Krad	10	Motorräder
PKW	7	PKW
Lfw	11	Lieferwagen bis 3,5t
PkwA	2	Pkw mit Anhänger
Lkw	3	Lkw
Sattel-Kfz	9	Sattelfahrzeuge
Bus	5	Busse

Tabelle 1: Auszug aus „Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen“ (BAST)

## II.1.2 AP 8.2: Cloudanbindung und Datenverarbeitung mittels KI-basierter Verfahren

Die im AP 8.1. erzeugten Datensätze stehen am Ausgang des Kamerasystems zur Übermittlung an den herannahenden Verkehr bereit. Gestecktes Ziel war, die Datenpakete in einer Form zu übermitteln, die sich in bereits bestehende Kommunikationsmodelle implementieren lassen (z.B. DENM nach ETSI EN 302 637-3). Entsprechend wurden die Daten in einem JSON-Format bereitgestellt.

Die Vorhabensbeschreibung sah eine 2-stufige Übermittlung der Daten an das AV vor: Im Nahfeld sollten Pakete über das speziell für den Verkehr entwickelte Übertragungsprotokoll pWLAN nach IEEE 802.p übermittelt werden. Darüber hinaus war vorgesehen, die Daten über eine parallele Verbindung bereitzustellen, die aus einer drahtgebundenen Anbindung über Powerline (HD-PLC) an eine zu entwickelnde Cloud bestehen sollte.

Zur Realisierung der pWLAN-Strecke wurde seitens HELLA bzw. IOSB ein Transceiver eingesetzt, der in den Versuchsfahrzeugen verbaut wurde und die übermittelten Daten dem nachgeschalteten Auswertesystem zur Verfügung stellt. ESP verwendete mehrere Transceiver zu Testzwecken, die softwareseitig an die Belange angepasst werden mussten. Dies führte zu erheblichen zeitlichen Verzögerungen, da die eingekauften Systeme ältere Softwareversionen beinhalteten und somit schwierig zu programmieren waren. Die vor einigen Jahren entwickelte Software OpenC2X wurde zwar getestet und als gute Grundlage zur Einbettung in CAM- und DENM-Protokolle erkannt, die Aktualisierung der Entwicklungs- bzw. Debuggingumgebung gestaltete sich jedoch als zusätzlich zeitraubend. Um dennoch Übertragungswege, Latenzen und weitere Parameter testen zu können, wurden die Transceiver als reine WLAN-Router nach IEEE 802.1X verwendet. Die zulässige Sendeleistung ist zwar um das 20-fache niedriger, der verwendete Frequenzbereich ist jedoch nahezu identisch, wodurch Ausbreitungsparameter getestet werden konnten.

Auf Seiten des Kamerasystems werden die Daten parallel über 5G in eine Cloud geschickt und können bei Ausfall der direkten WLAN-Verbindung automatisch von dort abgerufen werden. Messungen der Latenzzeiten (weshalb u.a. die Parallelstrecke angedacht war) ergaben zwar erhebliche Unterschiede in den Systemen, dennoch sprechen die gemessenen Werte durchaus für den gleichzeitigen Einsatz beider Techniken im innerstädtischen Straßenverkehr.

Die Fusion und Auswertung der Daten aus der Infrastruktursensorik und des Fahrzeug-internen Kamerasystem erfolgt im Fahrzeug. Ein von ESP im Fahrzeug integrierter Client entscheidet jedoch, welches Signal (lokal oder Cloud) hierfür verwendet wird; optional wurde zu Projektbeginn eine Neubewertung der Kamera-Rohdaten in der Cloud angedacht, die aufgrund der Betrachtung der Datenhistorie zu einer möglichen Überschreibung der lokal ausgesandten Daten führen könnte und dürfte. Durch unerwartete vorgenannte Verzögerungen konnte die Realisierung jedoch nicht mehr erfolgen.

In der Vorhabensbeschreibung wird als Parallelstrecke HD-PLC erwähnt. Diese Kommunikationsform erschien zunächst sinnvoll, da die Übermittlung kabelgebunden ist und über die bestehende Infrastruktur (Straßenbeleuchtung, Ampelanlagen, etc.) verwirklicht werden kann. Recherchen im Verlauf des Projektes führten jedoch bald zur Abkehr von dieser Technik. Neben erheblichen Kosten, die durch Lizenzgebühren für die Verwendung der Technik entstünden, sprachen auch Störstrahlungs-Parameter (und daraus resultierende ablehnende Haltung der Endverbraucher) gegen eine weitere Verwendung des Prinzips. ESP legte deshalb im weiteren Verlauf des Projektes den Schwerpunkt auf Verwendung des 5G-Mobilfunknetzes als Alternative zu pWLAN. Zusätzlich wurde die Verwendung eines niederfrequenteren Bereiches für die direkte Funkverbindung untersucht. Dabei zeigten sich erhebliche Verbesserungen hinsichtlich der Reichweite, was zu einer Neubewertung der pWLAN-Philosophie führte.

## II.2 Wichtige Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.

Im Rahmen der Durchführung des Projektes wurde i.w. auf eigenes Personal zurückgegriffen (Pos. 0837), dass sich mit dem Projektmanagement, sowie der technischen Bearbeitung der ESP betreffenden Arbeitspakete beschäftigte. Durch Umwidmung der Fremdleistungskosten zu Kosten für eigenes Personal wurden zwar Mittel frei, die jedoch nicht vollständig abgerufen wurden.

Zur Realisierung des Kamerasystems waren Arbeiten von in der Vorhabensbeschreibung erwähnten Subunternehmen vorgesehen. Diese Position (0823) stellt somit den zweitgrößten Anteil im Finanzierungsplan dar. Reisekosten als dritte Position im Finanzierungsplan (0838) fielen dagegen geringer aus; gemeinsame Veranstaltungen (insbesondere Tests auf dem Testgelände) fanden oftmals in Oldenburg statt, wodurch ESP keine anrechenbaren Reisekosten entstanden.

## II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die erfolgreiche Durchführung des Projektes bedingte den in II.2 erläuterten Arbeitsaufwand. Weite Teile der Entwicklungen einschl. der Tests bedurften erwartungsgemäß einer intensiven Bearbeitung. Die vorliegenden Ergebnisse, insbesondere das geschaffene Potential zur Weiterverwertung, wären mit einem geringeren Aufwand sicher nicht erzielt worden.

## II.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Im Rahmen des Verbundprojektes INITIATIVE fiel ESP die Aufgabe zu, eine stationäre Einheit zur Erkennung anderer Verkehrsteilnehmer, sowie insbesondere zur Einschätzung deren Verhaltens zu entwickeln. Dieses Ziel wurde erreicht. Es wurde dabei großen Wert auf die Verwendbarkeit standardisierter Datenprotokolle und -formate gelegt, um das System nicht nur mit dem vom IOSB/KIT-IRS entwickelten mobilen System fusionieren, sondern weitere Fremdsysteme anknüpfen zu können.

Das stationäre System kann somit eingesetzt werden z.B.

- als Beurteilungssystem für verkehrspraktische Bereiche oder neu geschaffene, noch unüberschaubare Verkehrssituationen
- für statistische Zwecke zur detaillierten Verkehrszählung
- in sicherheitsrelevanten Anlagen zur Detektion ungewöhnlicher Ereignisse
- zur Kopplung mit Verkehrsleitsystemen oder GIS-Plattformen
- in temporären Gefahrenbereichen (Baustellen o.ä.)

ESP wird das System aufgrund tiefer Branchenkenntnisse voraussichtlich im Tunnelbereich vorstellen, um dort sicherheitsrelevante Detektionen zu realisieren (liegendebliebene Fahrzeuge, Fußgänger, etc.). Weiterhin wird mit Ingenieurbüros Kontakt aufgenommen, die für eine quantitative Beurteilung von Verkehrssituationen beauftragt sind.

Darüber hinaus bietet das System Potential zur Weiterentwicklung in Nachfolgeprojekten. Insbesondere die Detektion unter erschwerten Umweltbedingungen, sowie die Erweiterung des Sichtfeldes sind wesentliche Ansätze. Aktuell werden branchenweit Systeme diskutiert, in welche das INITIATIVE-System eingebunden werden kann, z.B. C-ITS.

Auch die Weiterentwicklung der Alternativstrecke über die Cloud ist als sinnvoll zu erachten. Grundsätzliche Überlegungen hierzu wurden bereits erörtert, jedoch nicht mehr softwaretechnisch umgesetzt. Hierbei können die vom Kamerasystem gesendeten Rohdaten

erneut ausgewertet und mit historischen Daten abgeglichen werden, was aus Gründen des hohen Speicher-bzw. Arbeitsbedarfs nicht in der Kamera selbst erfolgen sollte. Ein Überschreiben der Vor-Ort-Information ist damit realisierbar. Auch das Verfahren des (ggf. automatischen) Einbuchens des AV zur vorausgewählten Bereitstellung von Daten wurde bereits theoretisch vorentwickelt und bedarf weiterer Behandlung.

## II.5 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens

Während der Durchführung des Projektes sind ESP keine wesentlichen Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen bekannt geworden.

## II.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

ESP setzte für die Durchführung eigenes Personal ein und beauftragte keine studentischen Hilfskräfte bzw. Doktorandinnen und Doktoranden, wissenschaftliche Abhandlungen und prüfungsvorbereitende Paper wurden daher nicht erstellt.

Im Rahmen der praktischen Tests auf den Testgeländen wurde jedoch intensiv die Teilnahme von Fach- und Nicht-Fachpublikum beworben.

Geplant ist (nach einem Redesign des Prototyps) die Vorstellung des stationären Systems auf einschlägigen Messen bzw. passenden Veranstaltungen und potenziellen Kunden.

## III.1 Abbildungsverzeichnis

Abb.1	Zeitplan und Einteilung der Arbeitspakete	Seite 5
Abb.2	Prototyp Kamera	Seite 6
Abb.3	Beispiel Datensatz	Seite 6

## IV.1 Tabellen

Tabelle 1: A	Auszug aus „Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen“ (BAST)	Seite 9
--------------	--	---------

## V.1 Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitspaket
AV	automated vehicles, automatisiertes Fahrzeug
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
CMOS	Complementary metal-oxide-semiconductor, Halbleitertechnologie
DENM	Decentralized Environmental Notification Basic Service messages, eventbezogene Nachricht
GPS	Global Positioning System, Positionsbestimmungssystem
HD-PLC	High Definition Power Line Communication, drahtgebundene Kommunikationsform
pWLAN	Funkprotokoll, spez. Für Fahrzeuge, nach IEEE802.11p
VRU	vulnerable road user, schwächere Verkehrsteilnehmer
5G	Mobilfunkstandard, 5. Generation

## Berichtsblatt

<b>1. ISBN oder ISSN</b> geplant	<b>2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung)</b> Schlussbericht
<b>3. Titel</b> Intelligente, innovative Umfelderkennung, Datenverarbeitung mittels KI-basierter Verfahren und Cloudanbindung	
<b>4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]</b> Torsten Wedler	<b>5. Abschlussdatum des Vorhabens</b> 31.03.2024
	<b>6. Veröffentlichungsdatum</b>
	<b>7. Form der Publikation</b> Document Control Sheet
<b>8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)</b> ELECTRIC-SPECIAL Photonicsysteme GmbH	<b>9. Ber.-Nr. Durchführende Institution</b>
	<b>10. Förderkennzeichen</b> 19A21008B
	<b>11. Seitenzahl</b> 13
<b>12. Fördernde Institution (Name, Adresse)</b> BMWK	<b>13. Literaturangaben</b> 0
	<b>14. Tabellen</b> 1
	<b>15. Abbildungen</b> 3
<b>16. DOI (Digital Object Identifier)</b> geplant	
<b>17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)</b>	
<b>18. Kurzfassung</b> Zur Unterstützung der Entscheidung, welche Verkehrsteilnehmer für die Kommunikation und Weiterverarbeitung relevant sind, müssten dem automatisierten Fahrzeug aufbereitete Informationen aus der Umwelt zur Verfügung gestellt werden. Der „Nichtsichtbereich“ des Fahrzeugs sollte daher erstmalig präventiv in ein derartiges Gesamtsystem integriert werden. Es sollte eine jeweils stationäre Vorerfassung der anderen Verkehrsteilnehmer erfolgen. Ziel war es, die an das betreffende Fahrzeug möglichst echtzeitfähig zu übermittelnden Daten durch KI-gestützte Vorfilterung und Kombination mit anderen relevanten Umweltdaten zu erzeugen. Entwickelt wurde hierzu ein Ein-Linsen-Kamerasystem, welches per Bilderkennung und Georeferenzierung bereits vor Ort Daten über Art, Standort und Trajektorien der Verkehrsteilnehmer aus der näheren Umgebung zusammenfasst und diese nur dann aussendet, wenn sie für den nachfolgenden Verkehr relevant sind. Getestet wurde die direkte Übermittlung per pWLAN nach IEEE802.11p, sowie die Zwischenverarbeitung in einer Cloud und Übermittlung per 5G	
<b>19. Schlagwörter</b> Umfelderfassung	
<b>20. Verlag</b>	<b>21. Preis</b>

Entwurf

## Document control sheet

<b>1. ISBN or ISSN</b> planned	<b>2. type of document (e.g. report, publication)</b> Veröffentlichung (Publikation)	
<b>3. title</b> Intelligent, innovative environment detection, data processing using AI-based methods and cloud connection		
<b>4. author(s) (family name, first name(s))</b> Torsten Wedler	<b>5. end of project</b> 31.03.2024	<b>6. publication date</b>
	<b>7. form of publication</b> Document Control Sheet	
	<b>8. performing organization(s) name, address</b> ELECTRIC-SPECIAL Photonicsysteme GmbH	
<b>12. sponsoring agency (name, address)</b> BMWK	<b>9. originators report no.</b>	
	<b>10. reference no.</b> 19A21008B	
	<b>11. no. of pages</b>	
<b>12. sponsoring agency (name, address)</b> BMWK	<b>13. no. of references</b> 0	
	<b>14. no. of tables</b> 1	
	<b>15. no. of figures</b> 3	
<b>16. DOI (Digital Object Identifier)</b> planned		
<b>17. presented at (title, place, date)</b>		
<b>18. abstract</b> <p>To support the decision as to which road users are relevant for communication and further processing, the automated vehicle would have to be provided with processed information from the environment. The "non-visual area" of the vehicle should therefore be integrated preventively into such an overall system for the first time. A stationary pre-recording of the other road users was to take place. The aim was to generate the data to be transmitted to the vehicle in question in as close to real time as possible through AI-supported pre-filtering and combination with other relevant environmental data. A single-lens camera system was developed for this purpose, which uses image recognition and georeferencing to summarize data on the type, location and trajectories of road users from the immediate vicinity on the spot and only transmits this data if it is relevant for the following traffic. Direct transmission via pWLAN according to IEEE802.11p was tested, as well as intermediate processing in a cloud and transmission via 5G.</p> <p>Translated with DeepL.com (free version)</p>		
<b>19. keywords</b> environmental survey		
<b>20. publisher</b>	<b>21. price</b>	

Entwurf