

Teil I – Kurzbericht - öffentlich

Verbundprojekt	Gaia-X 4 Advanced Mobility Services
Laufzeit	01.12.2021 – 31.05.2025
Zuwendungsempfänger	Feuerwehr Braunschweig
Förderkennzeichen	19S21004N

Kurzbericht

1. Aufgabenstellung

Für das automatisierte Fahren werden robuste und zuverlässige Daten über die automatisierten Fahrzeuge, den Verkehr und die Infrastruktur benötigt. Dazu ist eine umfangreiche Dateninfrastruktur mit einheitlichen Schnittstellen und Datenformaten erforderlich. Gaia-X bietet ein Regelwerk, um in einem offenen und transparenten digitalen Ökosystem Daten und Dienste verfügbar zu machen und vertrauensvoll zu teilen. Für den weiteren Erfolg von Gaia-X in der Umsetzungsphase ist die umfassende Einbindung von Anwendern und der Community in die Planungs- und Entwicklungsaktivitäten entscheidend, um die Anforderungen, die sich aus einem realen Betrieb mit automatisierten Fahrzeugen ergeben werden, adäquat zu berücksichtigen. Anwendungsbezogene Projekte, wie Gaia-X 4 Advanced Mobility Services (Gaia-X 4 AMS), leisten hierbei einen wertvollen Beitrag zum Kompetenzaufbau in der Nutzung von dezentralen Datenökosystemen.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Projekt GAIA X 4 AMS – Advanced Mobility Services lief vom 01.12.2021 – 31.05.2025. Der Vorhabenteil der Feuerwehr Braunschweig hat ein Volumen von 441.423,50 €. Für das Projekt wurde eine Stelle als Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Stellenplan der Stadt Braunschweig geschaffen und zum Projektbeginn besetzt.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Innovative und zukunftsweisende Fahrzeug- und Mobilitätstechnologien, insbesondere Automatisierung und Vernetzung, sind in hohem Maße auf sichere, zuverlässige und gleichzeitig flexible Daten- und Dienste-Strukturen angewiesen. Sicherheitskritische Systeme im Besonderen stellen hohe Anforderungen an die Souveränität, Verfügbarkeit und Echtzeitfähigkeit der zugrundeliegenden digitalen Infrastruktur. Aus diesem Grund ist der Aufbau eines umfassenden, diese Anforderungen jederzeit erfüllenden Systems kritisch für die Einführung neuer, digitaler Mobilitätskonzepte. Ziel des Projekts GAIA-X 4 AMS ist die Umsetzung innovativer, sicherheitskritischer Mobilitätsanwendungen auf Grundlage des Daten- und Dienste-Ökosystems GAIA-X. Es soll aufgezeigt werden, welche Komponenten in GAIA-X aufgebaut und erweitert werden müssen, um bislang getrennte Verkehrs-Domänen technologisch miteinander zu verknüpfen. Der Fokus liegt dabei auf der Vernetzung und Kooperation automatisierter Fahrzeuge mit dem umgebenden Gesamtverkehrssystem. Über die Vernetzung verschiedener relevanter Akteure und den Aufbau eines sicheren und souveränen Datensystems soll die Verkehrssicherheit sowie die Effizienz und Transparenz des Verkehrssystems erhöht werden. Dabei orientieren sich die Entwicklungen maßgeblich an zwei Anwendungsfällen: im Use Case „Sichere Koordination von automatisierten Fahrzeugen“ steht die Koordination spezifischer Betriebsbereiche automatisierter Fahrzeuge (Operational Design Domain, ODD) im Fokus. Der Anwendungsfall „Vernetzter und sicherer Rettungskorridor“ nutzt die Ergebnisse des ersten Use Cases bei der intelligenten

Vernetzung und Koordination von Fahrzeugen und Infrastruktur am Beispiel der Rettungsmobilität. Der Gesamtzeitplan ist in Abbildung 1 dargestellt.

		Jahr 1				Jahr 2				Jahr 3			
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
TP1	Gaia-X Framework				M1				M2				M3
1.1	Policy Rules												
1.2	Architektur												
1.3	Federation Services												
TP2	Infrastruktur Ökosystem												
2.1	Betriebskonzept												
2.2	Datenleitzentrale												
2.3	Schnittstellen zu weiteren Datenräumen												
TP3	Gaia-X Daten & Dienste Ökosystem												
3.1	Management der Datenqualität												
3.2	Digitale Identitäten												
3.3	Übergeordnete Datenservices												
3.4	Digitale Forensik												
TP4	Sichere Koordination von autonomen Fahrzeugen												
4.1	Anforderungsmanagement, Spezifikation und rechtliche Implikationen												
4.2	ODD-getriebene Routenplanung für automatisierte Fahrzeuge												
4.3	Online-Überwachung von Flottenrouten ODD- und bedarfsgerechte Mobilität												
4.4	Demonstration und Validierung												
4.5	Schnittstellen zu den Gaia-X Services												
TP5	UC AVF												
5.1	Anforderungsmanagement und Architekturentwicklung												
5.2	Datengenerierung und Algorithmen zur Situationserfassung												
5.3	Vernetzter Rettungskorridor												
5.4	Simulation und simulative Validierung												
5.5	Demonstration und Validierung												
5.6	Schnittstellen zu den Gaia-X Services												
TP6	Projektmanagement, Vernetzung und Ergebnisverbreitung												
6.1	Wissenschaftliche Leitung und Projektmanagement												
6.2	TP X - Vernetzung und Austauschplattform im Rahmen der Projektfamilie												
6.3	Dokumentation und Ergebnisverbreitung												

Abbildung 1: Gesamtzeitplan des Projekts.

Das Projekt gliedert sich in die fünf inhaltlichen Teilprojekte TP 1 „GAIA-X Framework“, TP 2 „Infrastruktur Ökosystem“, TP 3 „Daten- und Dienste-Ökosystem“, TP 4 „Sichere Koordination von autonomen Fahrzeugen“ und TP 5 „Vernetzter und sicherer Rettungskorridor“. Sie werden um ein sechstes Teilprojekt (TP6) zum Austausch innerhalb der GAIA-X-Projektfamilie und zur operativen, taktischen und strategischen Steuerung auf Gesamtprojektebene ergänzt. Ausgehend von der gemeinsamen Zielsetzung in GAIA-X 4 AMS ist die Feuerwehr Braunschweig (FWBS) primär im TP 5 vertreten. Die FWBS übernimmt hier die Leitung des APs "Anforderungsmanagement und Architektur). Damit soll sichergestellt werden, dass die zu entwickelnden Dienste den Anwenderbedürfnissen entsprechen. Um eine einheitliche Basis für die späteren Entwicklungen zu schaffen werden hier im ersten Schritt Szenarien diskutiert und per UML festgehalten. Aus diesen Szenarien werden die Anforderungen an die Dienste abgeleitet und Metriken für die spätere Validierung und Evaluation festgelegt. Dem entsprechend bilden die Szenarien unmittelbar die Basis für die abschließenden Systemevaluationen und Demonstrationen. Neben dem AP "Anforderungsmanagement" beteiligt sich die FWBS mit geringerem zeitlichem Aufwand am AP "Datengenerierung und Algorithmen zur Situationserfassung". Hier ist geplant, dass auch Fahrzeuge der Stadt BS und/oder der FWBS mit Kameras zur Datenerfassung ausgestattet werden. Im AP "Vernetzter Rettungskorridor" das System in die bestehenden Systeme (Leitstelle, Feuerwehrfahrzeuge, etc.) integrieren. In diesem AP erfolgt auch die Beauftragung und anschließende Begleitung des Auftrags zum Ausbau der straßenseitigen Infrastruktur. Zuletzt beteiligt sich die FWBS im AP "Demonstration und Validierung", indem das System am Beispiel der FWBS evaluiert wird. Auch stellt die FWBS die Fahrzeuge und Infrastruktur für die Abschlusspräsentation. Zuletzt ist die FWBS im TP6 zur Ergebnisverbreitung vertreten.

4. wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Mit Gaia-X soll ein weltweit wettbewerbsfähiges offenes digitales Ökosystem entstehen, welches es ermöglicht, Unternehmen und Geschäftsmodelle aus Deutschland bzw. Europa heraus zu vermarkten und anzuwenden. Dabei steht die digitale Souveränität, als auch die Skalierungsfähigkeit für Dienste- und Plattform-

Anbieter im Vordergrund und stellt die Basis für eine Vielzahl von Anwendungsgebieten da. Ziel ist eine sichere und vernetzte Dateninfrastruktur, die den höchsten Ansprüchen an digitale Souveränität genügt und Innovationen fördert. In einem offenen und transparenten digitalen Ökosystem sollen Daten und Dienste verfügbar gemacht, zusammengeführt und vertrauensvoll geteilt werden können. Damit bietet Gaia-X Schlüsselbausteine für Mobilitätsprodukte, -Anwendungen und -Mehrwertdienste unter Nutzung der gleichen Basisinfrastruktur, die stets eine bedarfsgerechte Zusammenstellung der jeweils benötigten Daten/Dienste in Passung sowohl zum Anforderungsprofil als auch der aktuellen Marktlage im Edge/Cloud-Umfeld ermöglicht. Gaia-X 4 AMS kann auf diesen, parallel erfolgenden Entwicklungen aufbauen, um Interoperabilität und Transparenz bei der Entwicklung der entstehenden Ökosysteme herzustellen.

Die Projektfamilie „Gaia-X 4 Future Mobility“ fokussiert auf die Entwicklung zukünftiger Mobilitätsanwendungen mit hoher Produktnähe, bei denen die Vernetzung mit Hersteller, Zulieferer, Dienstleister und Nutzer essenziell ist. Hierfür bietet Gaia-X eine herausragende Basis und ist Bestandteil aller Projekte der Projektfamilie. Die Gaia-X Domäne Mobilität erarbeitet in fünf Themenclustern neue Ansätze zur Entwicklungsunterstützung bzw. Produktion, der Mobilität selbst und den hiermit verknüpften Anforderungen an IT-basierte Hintergrundsysteme auf Grundlage von Gaia-X. Das Ergebnis sind jeweils Demonstratoren, mit hoher Praxisnähe. Diese sollen entsprechend im Rahmen der Projektfamilie „Gaia-X 4 Future Mobility“ in fünf neuen Projekten umgesetzt werden. Dabei soll das bereits im Aufbau befindliche Daten und Dienste-Ökosystem von Gaia-X stets genutzt und bedarfsgerecht erweitert werden.

Der sich im Aufbau befindliche Datenraum Mobilität soll die Entwicklung Mobilitätsangebote vorantreiben und die Transformation des Mobilitätssektors unterstützen. Dabei sollen die Mobilitätsdaten von verschiedenen Entitäten (z.B. ÖPNV, Individualverkehr, Schienenverkehr, Luftfahrt, Kommunen und Plattformbetreibern) in einem Datenraum verfügbar gemacht werden. Ziel ist die Schaffung einer Basis für ein verkehrsträgerübergreifendes intermodales Mobilitätssystem. In der aktuellen Phase beteiligen sich private und öffentliche Mobilitätsanbieter, Infrastrukturbetreiber, die Automobil- und Datenwirtschaft sowie die Politik an der Konzeptionierung, mit dem Ziel, erste Demonstratoren zum ITS World Congress 2021 in Hamburg zu präsentieren. Die erste Umsetzung des Datenraums Mobilität basiert auf einer Implementation der International-Data-Spaces-Komponenten, die im Kern schon vor Gaia-X vorhanden war, aber andererseits nur einen Teil der Gaia-X-Funktionen abdeckt. Der Fokus des Datenraums liegt mehr auf Basisdaten und nicht auf höherwertigen Diensten, wie sie in Gaia-X und in diesem Vorhaben der Fokus sind. Der Datenraum Mobilität ist somit ein Datenlayer, der unterhalb der Gaia-X Dienste zu verorten ist und Daten zur Verfügung stellt.

Die Association for Standardization of Automation and Measuring Systems (ASAM) entwickelt Standards für das Simulieren und Testen autonomer Fahrfunktionen. Diese Standards ermöglichen die Wiederverwendung bereits errungener Fortschritte insbesondere auch für kleinere Unternehmen, die keine umfängliche und komplexe Implementation der benötigten Grundlagen stemmen können. Unter anderem organisiert ASAM die Projekte OpenDrive, OpenScenario und OpenLabel, die sich mit Kartenstandard, mit der Beschreibung und dem Kategorisieren von Szenarien beschäftigt respektive den Labelling- und Annotationsprozessen beschäftigt. Weiterhin befindet sich mit OpenODD ein weiteres Projekt in der Entwicklung, in dem standardisierte Wege zum formalen Austausch von Operational Design Domains von automatisierten Fahrzeugen diskutiert werden. Das Projekt Gaia-X 4 Advanced

Mobility Services kann durch die Beachtung der von ASAM entwickelten Standards insofern mannigfaltig profitieren, als dass die Ergebnisse der von den ASAM-Projekten behandelten Fragestellungen verwertet werden können. Ferner werden die in Gaia-X 4 Advanced Mobility Services erzielten Ergebnisse durch die Einhaltung vielerseits anerkannter Standards an Nachhaltigkeit gewinnen. Gaia-X 4 Advanced Mobility Services steht damit in direkter Synergie zur genannten Initiative.

Gefördert vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) verfolgt das 5G-Reallabor Braunschweig Wolfsburg die Erforschung und lebendige Darstellung des praxisnahen Bedarfs und der Einsatzmöglichkeiten von 5G als Schlüsseltechnologie im Kontext einer Smart Region/Smart City. Die Förderung des Projekts erfolgt im Rahmen des 5G-Innovationsprogramms des BMVI mit dem Ziel, Deutschland als Leitmarkt für 5G-Anwendungen zu etablieren. In insgesamt 12 Teilprojekten finden innerhalb der Anwendungsfelder Mobilität (Straße, Schiene, Luft), eHealth und Smart Construction sowie in technologieorientierten Querschnittsaktivitäten die Erprobungen statt. Beispielhaft seien hier die Arbeiten in den Teilprojekten Rettungsmobilität, Rettungsdrohne und der Entwicklungen der Serviceschicht genannt. Die 5. Generation des Mobilfunks (5G) stellt ein alternatives Kommunikationssystem im Vergleich zu bisherigen mobilen Kommunikationsstandards dar. Innerhalb des Teilprojektes soll mit Hilfe von 5G die Fahrzeit von Rettungsfahrzeugen mit Blaulicht und Sirene optimiert sowie das Unfallrisiko während einer Einsatzfahrt minimiert werden. Dabei sollen die Rettungskräfte insbesondere an Straßenkreuzungen mit Ampeln durch die Echtzeit-Kommunikation via 5G intelligent priorisiert werden. Das Teilprojekt Rettungsdrohne widmet sich der Problemstellung, dass der Einsatzleiter der Feuerwehr die Situation des Einsatzes erst richtig einschätzen kann, wenn er oder ein professioneller Ersthelfer vor Ort ist. Um diese Zeit zu verkürzen, soll bei Bedarf eine Rettungsdrohne automatisch zum Unfallort losfliegen, um Video-Livestreams (optisch und thermal) direkt an den Einsatzleiter und die Rettungsleitstelle der Feuerwehr zu senden. Eine Objekterkennung ermöglicht das automatische Erfassen von Fahrzeugen, Personen sowie Gefahrenhinweisen und hilft, schnell einen geordneten Überblick über die Situation zu erlangen. 5G ermöglicht durch die hohe Datenrate hochaufgelöste Bilder, die für eine zuverlässige Objekterkennung und deren Annotation erforderlich ist. Zudem ist durch garantierte, auch temporäre Zuteilung von definierten Frequenzbereichen eine hohe Verfügbarkeit der Konnektivität bzw. der Datenübertragung in beide Richtungen gewährleistet. Neben einer 5G-Mobilfunknetz-Abdeckung braucht es für die Entwicklung und Implementierung der Anwendungsfälle des 5G-Reallabors und darüber hinaus eine spezifische Entwicklungs- und Produktivumgebung. Sie dient dem Projektkonsortium für Entwicklung, Test, Deployment, Probetrieb und Evaluation von B2B- oder B2G-Services und lässt als offene Plattform zu, weitere Anwendungsfälle niederschwellig zu integrieren und umzusetzen. Somit stellt die 5G-Serviceschicht, bestehend aus einer spezifischen Architektur und deren Umsetzung im DLR-Backend sowie die Hintergrunddienste und definierten Schnittstellen ein Herzstück des 5G-Reallabors zur Vernetzung von Feldelementen wie Fahrzeugen, Infrastrukturelementen, Datenplattformen und Diensten dar. Gaia-X 4 AMS baut auf den in dem Projekt genutzten Basistechnologien auf, nutzt diese jedoch in anderer Weise und ist nicht auf die 5G-Technologie begrenzt.

In urbanen Gebieten verhindern dichter Verkehr und Baustellen ein zügiges Durchkommen von Sicherheits- und Rettungskräften. Zudem stellen rote Ampeln und der Querverkehr an Kreuzungen eine zusätzliche Gefahrenquelle dar. Auch die Bildung einer Rettungsgasse gestaltet sich bei stehendem Verkehr äußerst schwierig. Genau hier setzte das Projekt „Optimierte Routenführung für Sondereinsatzkräfte unter Zuhilfenahme von Verkehrsvorhersagen, kooperativer Infrastruktur und

Verkehrssteuerung“ – SIRENE – an. Das Projekt hatte zum Ziel die Einsatzfahrten von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) schneller und sicherer zu gestalten. Mithilfe von Technologien der Verkehrslageerfassung, -verarbeitung, -prognose und -steuerung wurden bestehende Daten ausgewertet und neue Informationen erfasst. Der Einbezug historischer Mobilitätsdaten als auch aktueller Verkehrslagen hat die Vorhersage einer optimalen Streckenführung ermöglicht. Des Weiteren wurde geprüft, ob durch die Vernetzung von Einsatzfahrzeugen mit der Straßenverkehrstechnik sowie den Leitstellen eine Bevorrechtigung von Einsatzfahrzeugen an ausgesuchten Ampeln – bis hin zur Grünen Welle – umgesetzt werden kann. Dazu wurden im Stadtbereich Braunschweig zwei unterschiedliche Ansätze von Priorisierungssystemen umgesetzt und evaluiert. Der dezentrale Ansatz kommuniziert über V2X-Nachrichten und ein LTE-Backend direkt mit den LSA. Die LSA wird dabei über eine Schnittstelle der Road-Side-Unit (RSU) beeinflusst. Der zentrale Ansatz arbeitet dabei über den Verkehrsrechner der Stadt Braunschweig. Im Sinne einer Wiederverwendung/ Nutzung von Projektergebnissen, werden die Arbeiten von SIRENE aufgegriffen und auf Gaia-X 4 AMS adaptiert und erweitert. Für das Projekt Gaia-X wird der dezentrale Ansatz verwendet. Das SIRENE System ermöglicht den BOS-Fahrzeugen eine ungestörte und sichere Überfahrt an den priorisierten LSA. Dazu wird die Route der Fahrzeuge in die zeitliche und räumliche Priorisierung mit einbezogen. Auf der Route wird eine grüne Welle für die BOS-Fahrzeuge erzeugt. Zudem wird die Verkehrslast verringert indem Verkehrsteilnehmern auf der Route ein abfließen ermöglicht wird. Zu fließender Verkehr wird an den LSA solange die Einfahrt auf die Route untersagt, bis die BOS-Fahrzeuge diesen Knoten passiert haben. An höher ausgelasteten Knoten ist eine Überholstrategie entwickelt worden, zur weiteren Verringerung der Verkehrslast.

Das Projekt TransAID, welches im Frühling des Jahres 2021 abgeschlossen wurde, untersuchte insbesondere für automatisierte Fahrzeuge kritische Bereiche. Diese Bereiche zeichnen sich dadurch aus, dass automatisierte Fahrzeuge nicht in der Lage sind, diese zu passieren und somit, wenn verfügbar, eine Transition der Kontrolle zum Fahrenden durchführen müssen. Transitionen, insbesondere nicht erfolgreiche, in denen das automatisierte Fahrzeug ab Level 4 einen sicheren Zustand beibehalten muss und somit in den Stand bremst, haben einen starken negativen Effekt auf die Effizienz und Sicherheit im Straßenverkehr. Ziel des Projektes war es daher insgesamt, Transitionen an vorher bekannten Orten, an denen sich diese häufen (z.B. Tunnelleinfahrten, Baustellenbeginn, Beginn von Straßenabschnitten mit fehlenden Spurmarkierungen), durch infrastrukturbasierte Services und ITS-G5-Kommunikation zu verhindern oder die Wirkung zu verringern. Hierzu wurden beispielsweise temporär und bedarfsgerecht Spurtypen umklassifiziert (z.B. Standstreifen zu Fahrstreifen umdeklariert), Pfade durch Baustellen verteilt, individuelle Spurrhinweise gegeben oder Bereiche für sichere und nicht-behindernde Minimum Risk Maneuver bereitgestellt. Eine im Projekt jedoch nicht gelöste Problematik war die Prüfung, ob ein automatisiertes Fahrzeug eine gegebene Situation passieren können wird oder nicht. Diese Komponente, sowie die weitere Vernetzung zusätzlicher Datenquellen oder auch die Kommunikation über ITS-G5 hinaus waren nicht Inhalt des Projektes, sind aber nun Teil von Gaia-X4AMS.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Feuerwehr Braunschweig war primär im TP 5 eingebunden und arbeitete hier mit den Kooperationspartnern Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., Conti Temic microelectronic GmbH, Technische Hochschule Ingolstadt, Zentrale Stelle für

Informationstechnik im Sicherheitsbereich, Christoph Kroschke GmbH, consider it GmbH, AFUSOFT Kommunikationstechnik GmbH, Software AG, Bernard Technologies GmbH, Elektra Solar GmbH, Zeppelin Universität, Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, Altran Deutschland S.A.S. & Co. KG und dem Institut für Automation und Kommunikation e. V. an den Aufgabenstellungen zur vernetzten Rettungsmobilität und dem sicheren Rettungskorridor.

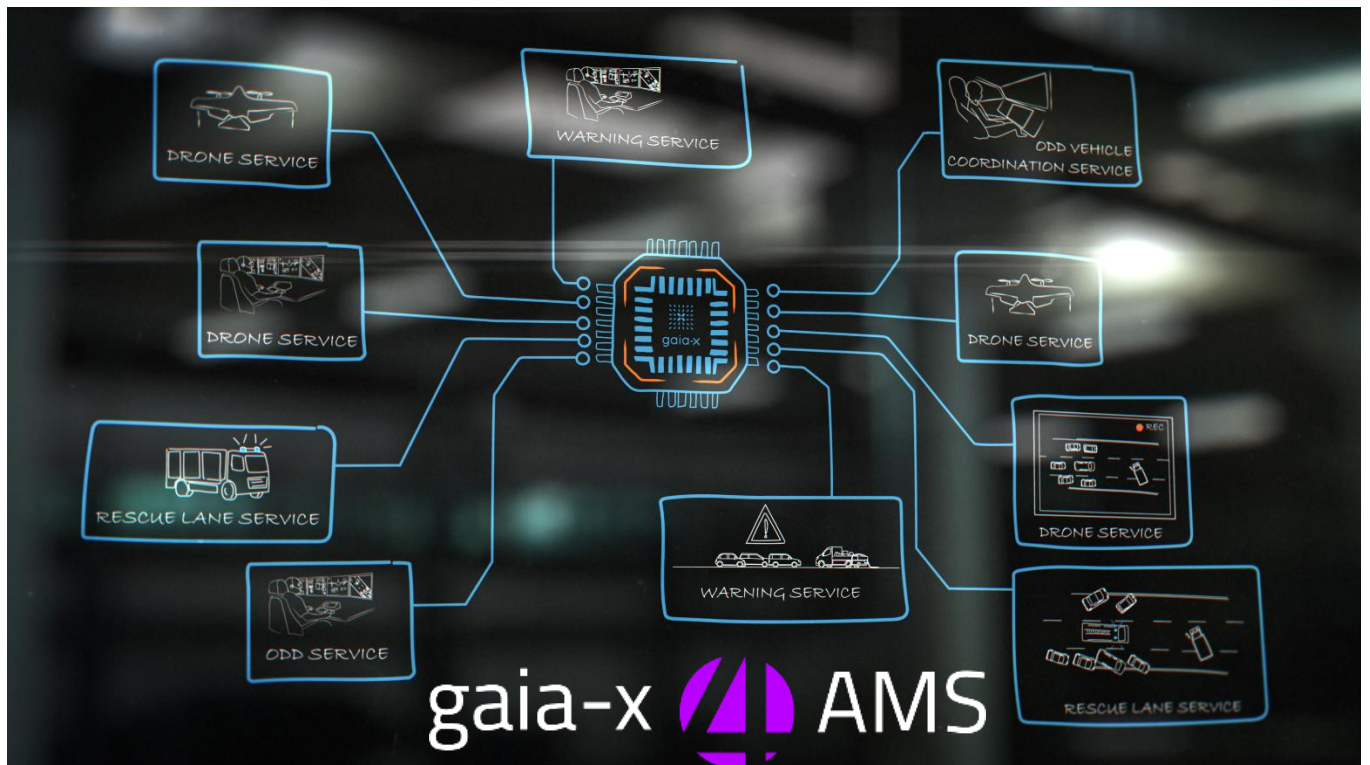
Innerhalb der Stadtverwaltung Braunschweig wurden die betreffenden Stellen informiert, um die Kooperation der zuständigen Fachbereiche in der Verwaltung zur baulichen Umsetzung zu gewährleisten und die Umsetzung des Projekts vorzubereiten.

Für die bauliche Umsetzung wurde zudem mit der Firma BELLIS GmbH zusammengearbeitet um das Testfeld zu errichten.

Teil II - Ausführlicher Abschlussbericht - öffentlich

Gaia-X 4 Advanced Mobility Services, Feuerwehr Braunschweig

Förderkennzeichen 19S21004N



Braunschweig, den 27.11.25

Stadt Braunschweig
Fachbereich Feuerwehr
Dr. Tim-Daniel Stumpf

Feuerwehrstraße 11-12
38114 Braunschweig

E-Mail: tim-daniel.stumpf@braunschweig.de



Finanziert von der
Europäischen Union
NextGenerationEU

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhaltsübersicht

1	Übersicht über das Projekt	3
1.1	Gesamtziel des Vorhabens	3
1.2	Bezug des Vorhabens zu förderpolitischen Zielen	5
1.3	Stand der Wissenschaft und Technik zu Projektbeginn	7
2	Ziele und Ergebnisse der Arbeiten Feuerwehr Braunschweig.....	13
2.1	Beiträge der Feuerwehr Braunschweig zum Projekt.....	13
2.2	TP 5 Vernetzter und sicherer Rettungskorridor	13
2.3	TP 6 Austausch innerhalb der Projektfamilie Gaia-X 4 Future Mobility.....	34
3	Zahlenmäßiger Nachweis.....	37
4	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	38
4.1	Notwendigkeit	38
4.2	Angemessenheit	39
5	Verwertung der Ergebnisse durch die Feuerwehr Braunschweig	40
5.1	Wirtschaftliche Verwertung	40
5.2	Wissenschaftliche Verwertung.....	41
6	Fortschritt durch Dritte auf dem Gebiet des Vorhabens.....	42
7	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen	44
	Abbildungsverzeichnis.....	45
	Tabellenverzeichnis	46

1 Übersicht über das Projekt

1.1 Gesamtziel des Vorhabens

Die allgegenwärtige und stetig wachsende Digitalisierung unseres Alltages betrifft längst auch etablierte Wertschöpfungsketten in fast allen Industriezweigen unserer Volkswirtschaft. In der Automobilindustrie beispielsweise erfährt das Geschäftsmodell der Fahrzeughersteller einen Wandel zum Mobilitätsanbieter indem der Service autonomes Fahren bei Volkswagen stunden- oder tagesweise zubuchbar ist¹. Das autonome Fahren wird zukünftig in Europa einen Zuwachs erfahren. Damit die Verkehrssicherheit und die Effizienz des Verkehrs erhöht werden kann, müssen autonome Fahrzeuge unter anderem auf robuste und zuverlässige Daten zurückgreifen. Sowohl die Daten als auch die Dienste zur Bearbeitung dieser Daten definieren zahlreiche Anforderungen an die zu Grunde liegende Qualität, Sicherheit, Performance und Nutzbarkeit. Dazu ist eine umfangreiche Dateninfrastruktur mit einheitlichen Schnittstellen, Datenformaten etc. erforderlich. Gaia-X stellt die nächste Generation einer sicheren und vernetzten Dateninfrastruktur für Europa dar. Sie hat den Anspruch, die digitale Souveränität Europas zu stärken und Innovationen zu fördern. In einem offenen und transparenten digitalen Ökosystem sollen Daten und Dienste verfügbar gemacht, zusammengeführt und vertrauensvoll geteilt werden.

Das Projekt Gaia X 4 AMS sollte zeigen, wie mit Hilfe von Gaia-X vielfältige Mobilitätsdienste umgesetzt werden und welche Komponenten hierzu in Gaia-X zu realisieren sind. Hierbei waren zwei Use-Cases von zentraler Bedeutung:

Use Case 1: ODD-gestütztes Routing

Eine Automatisierung von L4-Fahrzeugen ist nach dem gegenwärtigen technischen Stand nur in bestimmten engen Anwendungsgrenzen ("Operational Design Domain, ODD") möglich. Dabei müssen bestimmte Attribute/Faktoren (Wetter, Kreuzungstyp, Verkehrsteilnehmer, Road Side Units usw.) sowie Manöver (z.B. Spurwechsel, Überholvorgang) als Anwendungsvoraussetzungen und als ein zentrales Entwicklungsfeld von autonomen Fahrzeugen in der ODD berücksichtigt werden. Dabei ist die Verfügbarkeit von einem großen Datensatz notwendig. Neben möglichst



Abbildung 1: Autonomes Fahrzeug in einer Baustellensituation

¹ Business Insider: ["Autonom fahren für 7 Euro pro Stunde: Wie VW künftig Geld verdienen will \(Stand: Juni 2021\)"](#)

exakten statischen Kartendaten sollten hier auch dynamische Daten vorgehalten werden. Je größer der Pool der vorgehaltenen Daten ist, desto besser sind Überdeckungen mit ODDs errechenbar. Gaia-X bietet hierfür den optimalen Anknüpfungspunkt. Durch die Bearbeitung dieses Themenkomplexes kann die Verfügbarkeit verschiedener Daten zu einem breiten Spektrum an Datenqualität führen, um ein genaues Abbild der vorherrschenden ODD-Verhältnisse über die gesamte Fahrroute hinweg zu erhalten und Einschränkungen frühzeitig zu erkennen.

Use Case 2: Vernetzter und Sicherer Rettungskorridor

Rettungsmobilität ist ein wichtiger Anwendungsfall, welcher durch Informationsaustausch und Vernetzung, wie durch Gaia-X gefördert, besonders profitieren kann. Bereits in einem ersten Schritt kann durch Vernetzung von Einsatzleitzentralen, Fahrzeugen und Lichtsignalanlagen ein schnelleres Erreichen des Einsatzorts bei verringerter Gefährdung der



Abbildung 2: Fahrzeuge halten vor einem Unfallfahrzeug an.

Verkehrsteilnehmer erreicht werden. In naher Zukunft ist an dieser Stelle auch die Betrachtung von automatisiert fahrenden und/oder vernetzten Fahrzeugen wichtig. Durch Vernetzung kann vor herannahenden Rettungsfahrzeugen gewarnt werden, so dass frühzeitiger darauf reagiert werden kann. Die im Stadtverkehr oft nur auf unkonventionelle Art erreichbare Schaffung einer Rettungsgasse (z.B. Befahren von Fußwegen, begrenztes Überfahren von Haltelinien an roten Ampeln, reduzierte Abstände) stellt autonome Fahrzeuge jedoch noch vor große Herausforderungen. Hier ist es von elementarer Wichtigkeit, dass die jeweiligen Ausweichstrategien nur minimale negative Auswirkungen haben und idealerweise koordiniert stattfinden, was nur bei einer hohen Datenverfügbarkeit, Datengenauigkeit und niedriger Latenz der Daten erreicht werden kann. Ebenfalls ist an dieser Stelle die Verbindung zum ODD-gestützten Routing notwendig, da die Ausweichstrategien im Einklang mit den jeweiligen ODDs der Fahrzeuge stehen müssen.

Für die geplante Umsetzung von Gaia-X in praktische Use-Cases ergaben sich für das Projekt die folgenden Teilziele:

- Identifikation der relevanten Daten und Dienste in der Gaia-X-Architektur für einen operationalisierten Betrieb
- Ableitung von Anforderungen an den Gaia-X Mobility Data Space
- Implementierung der Datenservices

- Implementierung ausgewählter Konnektoren zum Gaia-X Mobility Data-Space
- Umsetzung eines Demonstrators im Testfeld Niedersachsen / AIM-Braunschweig und im Testfeld In2Lab (Ingolstadt)
- Einschätzung der Forensic Readiness und Entwicklung von Empfehlungen

1.2 Bezug des Vorhabens zu förderpolitischen Zielen

Das Projekt Gaia-X 4 AMS adressiert die Programmsäule „Automatisiertes Fahren“ des Förderprogrammes „Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien“ und fokussiert hierbei besonders den Schwerpunkt „Schnelle, sichere und zuverlässige Kooperation durch Kommunikation“ sowie Neuartige Verfahren zur Datenfusion und -verarbeitung“.

Gaia-X 4 AMS fokussiert den Aufbau eines Gaia-X-basierten Daten und Dienste-Ökosystems um eine leistungs- und wettbewerbsfähige, sichere und vertrauenswürdige Mobilitäts-Dateninfrastruktur zu schaffen. Mit dem Ziel Daten aus verschiedenen Quellen/Branchen zu aggregieren und deren Wert zu steigern. Dadurch sollen Mobilitätsdienste und -anwendung verbessert und gefördert werden sowie erweiterte Möglichkeiten für Geschäftsmodelle geschaffen werden, indem u.a. Kosten reduziert werden, einheitliche Standards und Transparenz existieren. In diesem Zusammenhang wird das Projekt insbesondere einen dezentral organisierten Systemverbund aufbauen, der u.a. das agile Einbinden von Daten- und Dienste-Anbietern in die jeweils notwendigen Zusammenarbeitsstrukturen ermöglicht. In diesem Zusammenhang sind insbesondere offene und flexible Systemumgebungen und deren bedarfsgerechte Skalierbarkeit essentiell. Dies wird im Projekt exemplarisch für zwei Use-Cases aus dem Bereich „Advanced Mobility Services“ gezeigt.

Tabelle 1: Abgedeckte Schwerpunktthemen der Programmsäule AVF aus dem NFST Programm durch Gaia-X 4 AMS.

Programmsäule „Automatisiertes Fahren“	Abdeckung durch Gaia-X 4 AMS
Innovative Sensorik und Aktoriksysteme	
Weiterentwicklung von Sensorsystemen (Robustheit, Genauigkeit...) Rechenalgorithmen und -operationen	Echtzeitfähige Sensorik ist ein wesentlicher Grundstein zur Realisierung einer dynamischen Verkehrslenkung. Neben der Bedingung an die einzelne Sensorik liefert eine Kombination unterschiedlicher Sensoren - luft- und bodengebundene Sensorik (Infrastruktur- /Fahrzeug, Drohnensensoren...) eine robuste Datenquelle (TP4 +5). Die erzeugte Redundanz ermöglicht die Umsetzung eines zuverlässigen und robusten Systems.

Hochgenaue Lokalisation

Verfahren zur Interpretation der Fahrumgebung
Nutzung mehrstufiger digitaler Karten

Für beide Use-Cases sind zuverlässige Eigenlokalisierung sowie die Informationen für die Lokalisierung wichtig. TP3 befasst sich u.a. mit der Zusammenführung Fahrzeug- und Infrastruktur-seitig verfügbarer Local Dynamic Maps bzw. den daraus ableitbaren Fahrscenarien mit HD-Karten und weiteren Datendiensten in Gaia-X.

Schnelle, sichere und zuverlässige Kooperation durch Kommunikation

Entwicklung intelligenter Lösungen für die Vernetzung von Fahrzeugen
Weiterentwicklung von Interaktionskonzepten
Backendlösungen

Beide Use-Cases betrachten Vernetzung und Kooperation der Verkehrsteilnehmer, wobei beide Use-Cases verschiedenen Schwerpunkt betrachten und Ergebnisse bereitstellen. In TP 4 liegt der Fokus auf den sicheren Betrieb von autonomen Fahrzeugen. Dies umfasst auch die Erforschung und Weiterentwicklung von Interaktionskonzepten und -technologien für Fahrzeugzustand und Umgebung sowie die Betrachtung von Transitionsmöglichkeit zur Rückgabe der Fahraufgabe an den Fahrer nach automatisierter Fahrweise. TP5 legt einen stärkeren Fokus auf die Entwicklung intelligenter Lösungen für die Vernetzung von Fahrzeugen ad hoc zur Abstimmung der Fahrzeuge untereinander am Beispiel einer atypischen Verkehrssituation (Rettungskorridor), welche die Verkehrsteilnehmer zur Überschreitung von gültigen Verkehrsregeln zwingt. In TP 1 -3 erfolgt der Aufbau inkl. technischer Anforderungen und die Integration von (Teil-) Komponenten der zwei anwendungsnahen Use-Cases in das bestehende Ökosystem. Wobei die Anbindung an das Gaia-X Backend durch das TP 3 erarbeitet und angepasst an die Use-Cases erweitert wird

Neuartige Verfahren zur Datenfusion und -verarbeitung

Umfelderfassung und -repräsentation
Trajektorienplanung und Situationsinterpretation
Informationsverarbeitung

Die Use-Cases bilden den zentralen Kern des Projektes und demonstrieren die Nutzbarkeit und Leistungsfähigkeit von Gaia-X. Beide Use-Cases sind auf robuste, zuverlässige und sichere Daten angewiesen. Eine Kerninnovation ist die Bereitstellung und Nutzung diverser Datenquellen für die Use-Cases. Im TP 4 und TP5 wird an der Datenfusion aus Umfelderfassungen zur Realisierung automatisierter und vernetzten Fahrfunktionen gearbeitet Diese umfassen strategische Aspekte des Fachprogrammes wie z.B. Trajektorienplanung, Umfelderfassung, Informationsverarbeitung und weitere.

Angepasste Testverfahren und Validierung

Absicherung der automatisierten Fahrfunktionen in der Simulation
neuartige Indikatoren, Testverfahren und -methoden
funktionale Sicherheit, rechtliche Bestimmungen

Alle TPs leisten Teilbeiträge zum Fortschritt in den genannten Schwerpunkten des Fachprogrammes Beispielhaft einige Punkte genannt:

TP1: Safety- und Security-Validierung der Betriebsumgebung (angelehnt an den Gesetzentwurf für autonomes Fahren)

TP2: Test und Validierung der Konnektoren seitens Demonstratoren

TP3: Angepasste Datenvalidierung

Hochgenaue Lokalisation	
standardisierte Tests und Testanforderungen	TP4: Spezifikationen und Standardisierung von Repräsentationen für den Datenaustausch; Systemspezifikation u. Freigabe nach ODD spezifischen Anforderungen
Evaluierung der automatischen Fahrfunktion	TP5: Demonstrator mit einem Validierungs-Szenario als Blaupause für die Übertragung in die industrielle Anwendung
Querschnittsthemen	
komplexe Entwicklungswerkzeuge und -verfahren	Im Rahmen des Projektes werden komplexe Entwicklungswerkzeuge genutzt, adaptiert und entwickelt.
rechnergestützte Analysen, Modellierung und Simulation	Für beide Use-Cases wird eine Analyse, Modellierung und Simulation von ODD-Umgebungen (TP 4) und Vernetzten Fahren (TP5) AVF-Anwendungen eingesetzt. Auf Basis von wissenschaftlichen Analysen erfolgt die performanceoptimierte effiziente Nutzung der zur Verfügung stehenden Leistung.
technische Normierungs- und Standardisierungsaktivitäten	Konzept "Site Assessment" der ODD – Datenlayer zum Austausch ODD relevanter Assets (TP 3)
wissenschaftlich fundierte Analysen der technische Handlungsoptionen	Durch eine wissenschaftliche Analyse der Gaia-X Betriebsumgebung in Verbindung mit vernetzter und autonomer Mobilität hinsichtlich der forensischen Fähigkeiten und Möglichkeiten der Strafverfolgungs- und Sicherheitsbehörden, wird ein wesentlicher Aspekt der Sicherheit berücksichtigt. Für die zukünftige Nutzung ist dies relevant, da eine flächendeckende Einführung dieser neuen Technologie Vertrauen der Nutzer und die Geschäftsanforderungen der Strafverfolgungs- der genehmigenden Behörden voraussetzt.
Sicherheit (Security) - Digitale Forensik	
Vertrauen	
Programmsäule „Systemtechnologien“	Abdeckung durch Gaia-X 4 AMS
Mobilität und Verkehr	
Datendienste/-services	Im Rahmen des Projektes werden Datendienste, Datenservices und Datensätze entwickelt und im Gaia-X Mobility Data Space zur Verfügung gestellt. Diese Bereitstellung der Daten kann als Grundlage für die Erstellung neuer Mobilitätsangebote und Geschäftsmodelle dienen, die zuvor unwirtschaftlich oder mit zu viel Aufwand bezüglich Datenbeschaffung verbunden waren. Auch der Wandel vom reinen Automobilhersteller zum Diensteanbieter kann von dem Gaia-X Mobility Data Space adressiert werden.

1.3 Stand der Wissenschaft und Technik zu Projektbeginn

Der Etablierung eines digitalen Ökosystems der Kombination von Infrastruktur und Daten und Diensten stehen aktuell beträchtliche Probleme auf Seiten der europäischen Cloudlandschaft gegenüber. Einige wenige Unternehmen, die sogenannten Hyperscaler, besitzen eine hohe

Marktmacht und sind mitverantwortlich für eine fehlende Interoperabilität einzelner Systeme sowie einer fehlenden Portabilität von Daten und Services². Zudem herrscht eine hohe Unsicherheit hinsichtlich rechtlicher Aspekte³ sowie oftmals ein geringes Vertrauen zwischen den Geschäftspartnern⁴, sodass hohe Hürden zu überwinden sind, um Daten oder Dienste zwischen Organisationen zur Verfügung zu stellen.

Das Ziel von Gaia-X ist es, diese Hürden zu überwinden und eine Dateninfrastruktur der nächsten Generation für Europa und basierend auf europäischen Werten aufzubauen. Interoperabilität von Diensten und Infrastruktur, Transparenz über die gesamte Wertschöpfungskette und die digitale Selbstbestimmung der Teilnehmer werden dabei durch die Bereitstellung einer Architektur aus Standards und den Federation Services erzeugt, wobei hier u.a. auf Technologien der International Data Spaces (IDS) aufgebaut wird⁵. Insgesamt verspricht eine erfolgreiche Umsetzung von Gaia-X dabei die Reduktion von Abhängigkeiten, die Erhöhung der Transparenz und Attraktivität digitaler Services, insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) sowie letztendlich die Erzeugung digitaler Ökosysteme und Data Spaces entsprechend den Forderungen in der Europäischen Datenstrategie⁶. Dementsprechend wird Gaia-X auch die Entwicklung von Datenräumen im Bereich Mobilität befähigen. Als relativ neue Initiative befindet sich Gaia-X zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Vorhabensbeschreibung in der Transitionsphase, in welcher der Aufbau der Initiative und der Zusammenarbeit erfolgt. Bisherige Ergebnisse der Initiative belaufen sich auf die Beschreibung der Policy Rules und der Architektur auf hoher Ebene.⁷ Seit 2020 wurden drei Versionen des Demonstrator-ähnlichen Minimal Viable Gaia-X vorgestellt, im Rahmen dessen Entwicklung erste Entscheidungen hinsichtlich Architektur und Organisation getroffen wurden. Weitere Entscheidungen wurden mit der Spezifikation der Federation Services im Frühjahr 2021 getroffen, deren Implementation seit Mai/Juni 2021 ausgeschrieben wird und Ende 2021 erste Ergebnisse hervorbringen soll.⁸ Für den weiteren Erfolg von Gaia-X in der

² Demchenko, Y., Los, W., & de Laat, C. (2018). Data as economic goods: Definitions, properties, challenges, enabling technologies for future data markets. ITUJournal-ICT Discoveries, 1(2).

³ Spiekermann, M. (2019). Data marketplaces: Trends and monetisation of data goods. Intereconomics, 54(4), 208-216.

⁴ Gelhaar, J., & Otto, B. (2020). Challenges in the Emergence of Data Ecosystems. In PACIS (p. 175).

⁵ Gaia-X Architecture Document Juni 2021 https://www.gaia-x.eu/sites/default/files/2021-06/Gaia-X_Architecture_Document_2106.pdf

⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0066&from=EN>

⁷ Siehe <https://gaia-x.eu/publications>

⁸ Siehe <https://www.qxfs.de/>

Umsetzungsphase werden eine umfassende Einbindung der Anwender und der Community in den Planungs- und Entwicklungsaktivitäten als notwendig angesehen⁹.

Während Ampelvorrangschaltungen an bestimmten Kreuzungen schon seit langem zum Repertoire von Städten gehören, ist eine Vorrangschaltung entlang der Route von automatisierten Fahrzeugen oft nicht umgesetzt. Inzwischen bieten zwar auch kommerzielle Systeme entsprechende Funktionen an, wie z.B. Siemens Sitrassic Stream als satellitengestütztes Bevorrechtigungssystem für Einsatzfahrzeug mit entsprechender On-Board-Unit, jedoch ist hier oft die Genauigkeit und auch die Reichweite begrenzt bzw. es kann nur die jeweils nächste Lichtsignalanlage geschaltet werden. Insbesondere im Bereich der Rettungsmobilität liegt daher ein großer Vorzug in der Vernetzung.

Eine höhere Genauigkeit in der Positionierung, aber auch eine exaktere Planung der optimalen Route führt hier zu entscheidenden Verbesserungen. Letztere ist allerdings sehr stark von verfügbaren Daten abhängig und somit wiederum ein idealer Anwendungsfall für Gaia-X.

Für das Routing sind die Rollenzuweisungen für die Fahrzeuge und die Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse einzubeziehen. Dies gilt nicht nur für private Fahrzeuge auf den Straßen, sondern auch für Logistik- und Gütertransporte, Straßenreinigungsmaschinen, Fahrzeuge weiterer Kategorien und eben Einsatzfahrzeuge. Wenn man über Notfallmobilität spricht, muss man feststellen, dass die Grundherausforderung von Einsatzfahrzeugen, schnell zum Ziel zu kommen, bei der Routenberechnung normaler Verkehrsteilnehmer überhaupt nicht berücksichtigt wird. Dies führt zu Interessenskonflikten auf den Straßen, wie z.B. vermeidbare, aber nicht vermiedene Verzögerungen innerhalb der ETA (estimated time of arrival) für die Fahrzeuge auf einer Alarmfahrt. Zudem fehlt auch eine spezifische Navigation für die Einsatzfahrzeuge selbst. Die betriebswirtschaftliche Regel, kundenzentrierte Lösungen zu schaffen, sollte auch auf die Navigation anwendbar sein. In dieser Hinsicht gehört ein besseres Verständnis für die Bedürfnisse der verschiedenen Verkehrsteilnehmer sowie eine präzisere Erkennung und Berechnung der Umgebung zu den größten Errungenschaften, die im Rahmen des Gaia-X Projekts erreicht werden sollen.

Damit die Fahrt der Einsatzfahrzeuge aber erfolgreich ist, ist immer auch das Bilden einer Rettungsgasse bzw. das Ausweichen der anderen Fahrzeuge notwendig. Fahrer manuell fahrender Fahrzeuge sind hier auf ihr Gehör und gutes Sehvermögen angewiesen und müssen oft versuchen, die Route des Einsatzfahrzeugs zu raten. Entsprechend kurzfristig ist oft die

⁹ Forschung, E. E. (2020). Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2020 (No. 2020). Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands

Reaktion, begleitet von durchaus kreativen Lösungen, die oftmals benötigt oder abverlangt werden. Kommunikation kann dieses Thema bereits verbessern, z.B. durch Empfang von DENM-Nachrichten wie im aktuellen VW Golf 8. Ungeklärt hingegen ist im Detail, wie automatisierte Fahrzeuge auf den Empfang von DENM-Nachrichten reagieren sollten. Ein Ausweichen und evtl. Anhalten ist sicher sinnvoll, jedoch nur, wenn dieses auch in koordinierter Art und Weise geschieht. Für die Bildung einer Rettungsgasse ist demnach eine optimierte kooperative Trajektorienfolgefunktion notwendig. Die aktuellen Entwicklungen bezüglich der Berechnung der Trajektorien benutzen meist Splines und berechnen die Trajektorie anhand der Sensorik des Fahrzeugs. Hier wird vor allem Wert auf den eigenen Weg gelegt mit Fokus auf die Umgehung von Hindernissen im direkten Weg und meist mit begrenzter Reichweite der „Vorausberechnungen“. Als Dateninput werden hier die eigenen Sensoren benutzt und dementsprechend ist die Berechnung limitiert. Das Rettungsgassenszenario in Gaia-X4AMS bringt die Anforderung, dass

- A. ggf. über typischerweise "verbotene" Flächen gefahren werden muss, z.B. Rasen, Bürgersteig (gemäß sog. Level 4 Gesetz, d.h. Abweichung von Gesetzestext/und Verkehrsregeln, weil es sich um Rettungsmobilität handelt.)
- B. im Gegensatz, z.B. zum Einparken, im Rettungsgassenszenario eine gewisse Eile vorhanden ist, womit ein unterkritischer Regler nicht sinnvoll ist und somit die Gefahr der Übersteuerung steigt.

Für die Regelung wird auch bei durch Punkte gegebenen Trajektorien eine lokale Planung benötigt, um die Strecke zu plausibilisieren und Regelfehler zu korrigieren.

Eine weitere Konsequenz der genannten Anforderungen ist der besondere sich hier aufspannende Rechtsrahmen als spezieller Fall in Bezug zum Level-4-Gesetz.

Darüber hinaus ist auch der Einsatz von Drohnen zur Erfassung der aktuellen Lage aus der Luft eine überaus nützliche Ergänzung der Datenakquisition in Bezug auf Ausweichstrategien, Routenplanung und des Rettungseinsatzes generell. Allerdings werden die Drohnen zurzeit als alleinstehende Systeme betrieben. Für jeden einzelnen Einsatz sollte die Flugmissionen vorbereitet (Fluggenehmigung, Umgebungsdaten, Wetter, Lufträume, usw.) und die Drohne von einem Operator in die Nähe des Einsatzes gebracht werden. Das alles erfordert Zeit und erschwert den Einsatz für die Unterstützung der Rettungsfahrzeuge erheblich. Die im Projekt zu entwickelnde Dateninfrastruktur und –dienste sollten einen automatisierten Einsatz der Drohne ohne Operator und somit eine effektive Unterstützung eines Rettungseinsatzes ermöglichen.

Relevant für den in diesem Bericht behandelnden Gaia-X4AMS-Use-Case Vernetzter und sicherer Rettungskorridor ist auch das Thema Software-In-the-Loop (SiL) bzw. Simulation.

Szenarien aus diesem Use-Case, sowie auch aus dem zweiten Use-Case Sichere Koordination von autonomen Fahrzeugen des Gesamtverbundprojekts, müssen zwingend in der virtuellen Welt testbar sein, da Realtests extrem teuer sind und die Hauptinnovation von Software abhängt, welche in der Natur der Sache in einem schnellzyklischen und agilen Prozess entwickelt wird. Zu diesem Zwecke wird in Gaia-X4AMS eine SiL-Suite entwickelt, die auf die Bedürfnisse der beiden Use-Cases zugeschnitten ist. Der State of the Art bietet allerdings keine für komplexe Mobilitätsszenarien geeigneten Pakete, welche durch nur geringe Anpassung oder gar Parametrierung die gewünschte Funktionalität bieten. Insbesondere muss die Spanne zwischen fahrzeugseitiger ADAS und der Kommunikation zwischen den Stakeholdern Teil der SiL-Suite sein sowie die zugrundeliegenden Fahrfunktionen passend zur Use-Case Innovation entwickelt werden müssen. Aktuell verwenden die meisten Autohersteller interne Systeme zum Testen der Sensorik, Automatisierung, sowie die Absicherung der Algorithmik der verbauten Systeme (z.B. Abstandswarner). Es gibt Versuche, wie zum Beispiel „CARLA“, welche eine Open-Source-Implementierung für diese Testfälle anstrebt oder als weiteres Beispiel „CarMaker“, welches das gleiche Ziel als kommerzielle Software verfolgt.

Ein wichtiger Schritt liegt hierbei darin, dass auch unterschiedliche Dienste an verschiedenen Fahrzeugautomatationen getestet werden müssen. Damit dies möglich ist, sind u. A. Open-Source-Fahrzeugautomatationen notwendig, die entsprechend parametrisierbar und modular erweiterbar sind. Hierzu sei beispielsweise die Fahrzeugautomation ADORe (Automated Driving Open Research) genannt.

Die gängige Vorgehensweise für die Simulation ist oft die Verwendung einer bestehenden Computerspiel Engine, wie Unity oder Unreal. Dies ist damit begründet, dass diese bereits mit Rechenleistung als zentralem Aspekt geplant, entwickelt und auch weiter optimiert werden. Des Weiteren kommen diese auch mit relativ großen Mengen an zu simulierenden Objekten zurecht. Ein Problem, das sich durch die Art der Software ergibt, ist, dass der sekundäre Fokus, solcher Engines, jedoch auf der Visualisierung der Daten liegt und nicht zwangsläufig auf der Generierung von Daten oder deren weitergeben an externe Elemente in einem geschlossenen Regelkreis. Hierbei die existierenden Elemente wieder zu verwerten und entsprechende Anpassungen für die Datengeneration ohne Einbußen vorzunehmen ist bei vielen Projekten die momentane Problematik. Die Parameter und Einstellungen der bekannten Implementierungen sind für einige, limitierte Aufgaben adäquat, aber bieten noch Raum für Verbesserungen und Erweiterungen.

In den bekannten Implementierungen wird jedoch unter der Prämisse gearbeitet, dass man meist nur die Daten des eigenen Fahrzeugs zur Verfügung hat und auch nur das eigene Fahrzeug direkt beeinflussbar ist bzw. kontrolliert werden soll.

Der Standort Braunschweig entwickelte sich durch die verschiedenen wissenschaftlichen Institute früh zu einem starken Forschungsstandort für den Bereich vernetztes sowie automatisiertes bzw. autonomes Fahren (AVF). Mit der urbanen Anwendungsplattform Intelligente Mobilität (AIM) erstellte das DLR in Kooperation mit der Stadt Braunschweig dafür eine barrierefrei verfügbare sowie laufend aktualisierte Werkzeugkette, mit der Real- und Simulationsumgebungen integriert für F&E-Aktivitäten sowie Erkenntnisgewinn für Stakeholder wie bspw. Kommunen erschlossen werden. Im „Testfeld Niedersachsen für automatisierte und vernetzte Mobilität“ (Modul 1) (TF-Nds) werden die Bundesautobahnen A2 und A39 mit zusätzlichen Kommunikations- und Erfassungstechnologien ausgerüstet und hochgenau vermessen sowie mit AIM integriert, sodass systemgleiche Entwicklungs- und Testumgebungen in einer Vielzahl von Testszenarios zur Verfügung stehen. Seit der Inbetriebnahme von AIM 2014 und seit 2019 verstärkt durch die Verfügbarkeit von Bausteinen des Testfeld Niedersachsen hat sich eine äußerst heterogene, nationale und internationale Projektlandschaft zu den unterschiedlichen Handlungsfeldern und Ebenen des AVF entwickelt. Damit wurde in der Vergangenheit eine hohe Sichtbarkeit erzeugt, sowohl zu den Industriepartnern in Projekten als auch in deren Netzwerke hinein. Basierend auf den Erfahrungen aus AIM wurde das Konzept und Anforderungserhebung an das Testfeld Niedersachsen gemeinsam mit Kernpartnern aus Industrie (OEM, Tier1, KMU) und dem Land Niedersachsen erarbeitet und im erweiterten, assoziierten Partnernetzwerk iteriert. Damit soll einerseits eine hohe nutzerseitige Verfügbarkeit erzeugt und andererseits ein barrierefreier Zugang im Rahmen von Projekten ermöglicht werden. Die dargestellten Entwicklungen im Bereich der Erprobung des automatisierten und autonomen Fahrens können von der Umsetzung des Reallabors profitieren, da die Möglichkeit gegeben ist, neben dem Einsatz aktueller Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikationstechnologien (wie bspw. ITS G5) auch zukünftige Ansätze in Bezug auf Gaia-X zu erforschen. So können Mehrwerte durch die Kombination der einzelnen Projektvorhaben erzeugt und Ressourcen effizient genutzt werden.

2 Ziele und Ergebnisse der Arbeiten Feuerwehr Braunschweig

2.1 Beiträge der Feuerwehr Braunschweig zum Projekt

Der Schwerpunkt der Feuerwehr Braunschweig liegt im TP 5 mit dem Use-Case des vernetzten Rettungskorridors. Die Feuerwehr dient hier als Anwendungsfallgeber für die Entwicklung der intelligenten Verkehrssteuerung in Kombination mit einer Rettungsdrohne. Hierfür werden die Fahrzeuge der Feuerwehr als Experimentalträger genutzt. In diesem Rahmen werden Fahrzeuge der Feuerwehr auch mit zusätzlicher Sensorik ausgestattet, um Daten für die Gaia-X Dienste zu generieren. Weiterhin unterstützt die Feuerwehr bei der Evaluation und führt Auswertungen zum Nutzen des Systems durch. Durch die Vernetzung der Feuerwehr Braunschweig in Gremien und Arbeitsgruppen wird die Erfahrung und die Bedürfnisse weiterer Anwender in das Projekt eingebracht.

2.2 TP 5 Vernetzter und sicherer Rettungskorridor

AP 5.1 Anforderungsmanagement und Architekturentwicklung

Geplante Inhalte/Ziele

Das AP 5.1 „Anforderungsmanagement und Architekturentwicklung“ wurde als erstes Arbeitspaket des TP5 angesetzt, um vor der technischen Umsetzung ein gemeinsames Verständnis von den Erwartungen an das zu entwickelnde System zu schaffen. Hier war die Feuerwehr Braunschweig federführend zuständig, da sie auch als Anwender auftritt. Das AP 5.1 hatte folgende Ziele:

Tabelle 2: Ziele des AP 5.1.

Nr.	Zielbeschreibung
5.1.1	Anforderungen definieren (Schnittstellen, Fahrzeuge, Luftüberwachung/Drohne ...)
5.1.2	Definition von konkreten Szenarien und Anwendungsfällen (Ein Rettungsfahrzeug, zwei Rettungsfahrzeuge aus verschiedenen Fahrrichtungen, Rettungskolonnen...)
5.1.3	Konzepte inkl. Integration der Anwendungen aus TP 1- 4 erstellen
5.1.4	Fortlaufendes Monitoring der definierten Anforderungen
5.1.5	Kriterienkatalog (KPIs) für Demonstration, Validierung und Evaluation
5.1.6	Definition der TP internen Architektur in enger Absprache mit TP 3
5.1.7	Berücksichtigung der initialen Architektur und des Governance Rahmens aus TP1

Die Feuerwehr Braunschweig sollte bei der Zielerreichung die folgenden Arbeiten erbringen:

- Mitwirkung bei den Use-Cases in Braunschweig in der Rolle als Endanwender und Nutzer (für Gaia-X-Dienste) bei der Anforderungserhebung
- Ermitteln von Anwendungsfällen des Priorisierungssystems im Bereich der Feuerwehr und des Rettungsdienstes aus Endanwendersicht
- Mitwirkung an der Erstellung von Szenarien
- Festhalten der Szenarien mittels grafischer Modellierungssprache
- Erstellung von Anforderungen an die Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) und die Grund-funktionalität der Priorisierungssysteme
- Rahmenvorgaben für Demonstration und Evaluation aus Sicht des Endanwenders

Neben der initialen Aufgabenstellung wurde das AP 5.1 bewusst so geplant, dass auch während der technischen Entwicklung noch Arbeiten am Anforderungskatalog erfolgen sollen. Hintergrund war hier der Wunsch agil und schnell auf sich möglicherweise ändernde Anforderungen reagieren zu können.

Neben den inhaltlichen Zielen wurden im AP 5.1 vier Ergebnisberichte als Meilensteine festgelegt:

- E 5.1.1 Szenarien-Definition
- E 5.1.2 Anforderungskatalog
- E 5.1.3 Schnittstellendefinition
- E 5.1.4 Demonstrations- und Testplan

Dieses AP sah zu Projektbeginn mehrere Workshops vor. Hierbei wurden in mehreren Iterationen die Anforderungen an die Anwendungsfälle definiert und der Anforderungskatalog erstellt. Als Basis für die Dokumentation der Szenarien, Architekturen und Komponenten wurde UML als Modellierungssprache vereinbart.

In den ersten Projektmonaten wurden zunächst Anwendungsfälle und Szenarien gesammelt und dann in Workshops genauer definiert. Hierbei zeigte sich, dass die Zahl der möglichen Anwendungsfälle die Entwicklungsmöglichkeiten im Projekt überstiegen. Aus diesem Grund wurde ein finaler Workshop durchgeführt, bei dem anhand der Kriterien „Implementierungsaufwand“, „wirtschaftliche Verwertbarkeit“, „wissenschaftliche Verwertbarkeit“ und „Benefit durch Gaia-X“ entschieden wurde, welche Anwendungsfälle fortgeführt werden sollen.

Speziell das iterative Vorgehen mit dem Anforderungskatalog als wachsendes Element stellte sich als wertvoll heraus. So ergaben sich während der Projektlaufzeit durch das bessere Verständnis der Eclipse Dataspace Components (EDC), die die Grundlage der Kommunikation

im Projekt darstellen, laufend neue Anforderungen oder alte Anforderungen mussten umformuliert werden. Auch die Dokumentation der Anwendungsfälle und der Dokumentation mit UML-Grafiken erbrachte den Vorteil, dass auch bei der großen Anzahl von mitwirkenden Partnern eine einheitliche Grundlage zur Implementierung geschaffen werden konnte.

Eine Abweichung zum Vorgehen nach der VHB ergab sich lediglich in Bezug auf den Ergebnisbericht „Schnittstellendefinition“. Hier zeigte sich bei der Durchführung, dass die Inhalte von diesem Bericht sehr nah an der Szenarien- und Anforderungsdefinition sind. Aus diesem Grund wurde der Bericht in den Bericht zum Anforderungskatalog integriert und nicht separat erstellt.

Ergebnisse

Zum Schaffen des gemeinsamen Systemverständnisses wurden alle Anwendungsfälle nach Themengebieten geclustert und die Abhängigkeiten untereinander dargestellt. Eine entsprechende grafische Darstellung ist in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sowie im Ergebnisbericht „Szenarien Definition“ zu finden. Ebenfalls in diesem Dokument sind alle Anwendungsfälle im Detail beschrieben, die im Laufe des Projekts implementiert worden sind.

Im ersten Teilsystem Leitstelle sind alle Anwendungsfälle zusammengefasst, die entweder direkt die Rettungsleitstelle betreffen, oder eine zentrale Rolle im Gesamtsystem spielen (siehe Tabelle 2 des Ergebnisberichts). Hierzu zählen insbesondere die Anwendungsfälle, die Auslöser für nachfolgende Applikationen sind.

Im zweiten Teilsystem Drohne sind alle Anwendungsfälle zusammengefasst, die mit der Erkundung der aktuellen Lage aus der Luft sowie mit Nutzung der Drohne als Kommunikations-Relais verbunden sind. Hierzu zählen die Anwendungsfälle: Drohnenauftrag, Anzeige der Drohnenbilder, Beeinflussung der Drohne durch Feuerwehrpersonal, Erfassung des Verkehrsaufkommens mittels drohnenbasierter Sensorik, passiver Drohnenauftrag sowie Drohne anfordern. Der Drohnenauftrag ist hier der generische Anwendungsfall mit allen Funktionalitäten eines Drohnensystems eingebettet in ein GAIA-X-Ökosystem. Die anderen Anwendungsfälle bilden verschiedene Submengen von Funktionalitäten eines Drohnenauftrages (siehe Tabelle 36 des Ergebnisberichts).

Im dritten Teilsystem Rettungsgasse sind alle Anwendungsfälle umfasst, die u.a. die Koordination, Bildung bzw. Erhaltung und Auflösung von Rettungsgassen entlang der vorgesehenen Route von Einsatzfahrzeugen zum Inhalt haben. Dabei werden insbesondere die Entitäten berücksichtigt, die sich im öffentlichen Verkehrsraum in unmittelbarer Nähe der Rettungsgasse befinden, z.B.:

Teilprojekt 5 – Use Case Rettungskorridor

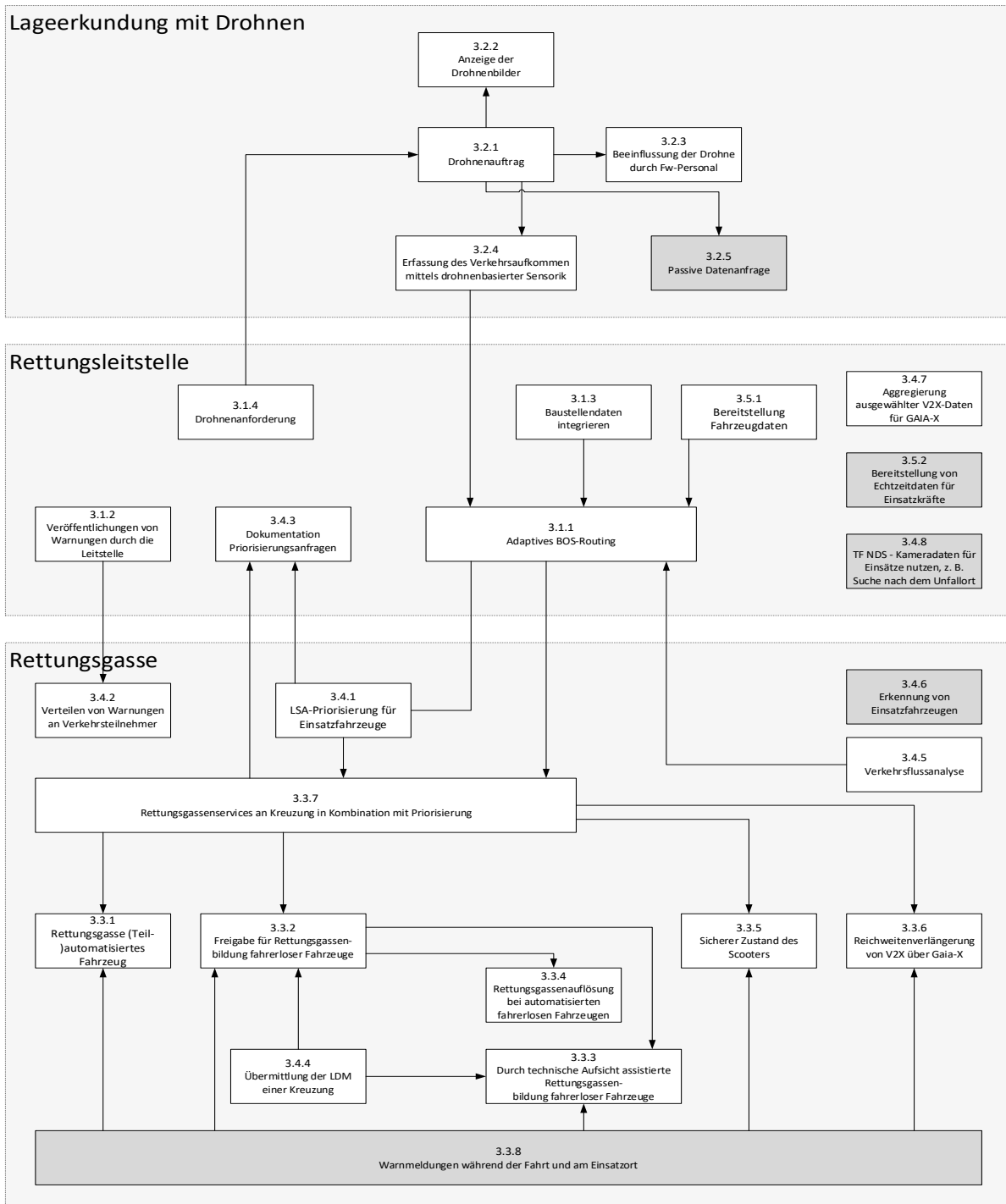


Abbildung 3: Klassifizierung der Anwendungsfälle und Verknüpfung untereinander.

- Einsatzfahrzeuge
- Vernetzte wegseitige Infrastrukturen, z.B. vernetzte Lichtsignalanlagen oder wegseitige Sensorsysteme
- Selbstfahrende Fahrzeuge unterschiedlicher Automatisierungsgrade
- Vernetzte Verkehrsteilnehmer, inkl. VRU bzw. Scooter

Dieses Teilsystem besteht nicht nur aus einer hohen Anzahl an zu berücksichtigenden Anwendungsfällen (siehe Tabelle 48 des Ergebnisberichts), sondern auch aus einem hohen Interaktionsgrad zwischen diesen.

Das Ziel 5.1.2 ist somit erreicht.

Das Sammeln der Anforderungen für das Ziel 5.1.1 erfolgte über die im Ergebnisbericht E 5.1.2 aufgeführte Website, die durch die Feuerwehr Braunschweig erstellt und betreut wurde. Im Ergebnisbericht selber wurden alle bis zum Stichtag erhobenen Anforderungen aufgeführt.

Bei der Erstellung des Anforderungskatalogs konnten folgende Erkenntnisse erlangt werden:

- Eine vollständige Erfassung aller Anforderungen vor dem Start der Entwicklung ist unrealistisch und nicht zielführend. Vielmehr muss eine iterative Betrachtung der Anforderungen erfolgen, bei der neue Anforderungen aufgenommen werden und die bereits vorhandenen nachgeschärft werden können. Dieses iterative Vorgehen wurde daraufhin in die Arbeitsplanung des TP5 integriert.
- Zunächst fokussierten sich die Anforderungen auf anwendungsfall-spezifische Inhalte (Beispiel: Name: "Bereitstellung Verkehrslage auf Basis von V2X-CAM-Nachrichten für einen Streckenabschnitt an einer Kreuzung", Beschreibung: "Es sollen V2X-CAM-Nachrichten aggregiert werden (Intervall 1 Minute, Anzahl der Fahrzeuge und Durchschnittsgeschwindigkeit) auf einem Streckenabschnitt, unterteilt in Spuren"). Über das TP 5 hinaus sind aber vor allem Anforderungen an die Gaia-X Infrastruktur, sowie an deren Performanz von Relevanz. Deshalb wurden nochmals speziell in diese Richtung Anforderungen erhoben und markiert (Beispiel: Name: "Rückmeldedauer", Beschreibung: "Eine Maximale Rückmeldedauer ob eine Verletzung der ODD durch das Manöver geschieht muss festgelegt sein."). Diesen Anforderungen wird im weiteren Projektverlauf eine besondere Aufmerksamkeit zuteil, da sie als "Key Performance Indicator" genutzt werden.
- Ursprünglich sollte die Erhebung der Anforderungen an die Anwendungsfälle im AP 5.1 sowie die Erhebung der Anforderungen an die Schnittstellen im AP 5.2 erfolgen. Während der Bearbeitung wurde jedoch deutlich, dass die definitorische Trennschärfe

zwischen diesen Anforderungen marginal und nichtig sind, sodass sie gemeinsam erhoben wurden.

Das Ziel 5.1.1 ist somit erreicht.

Für die Schnittstellendefinition (Ziel 5.1.3) wurden zum ersten Mal einzelne System-Komponenten beschrieben, die untereinander interagieren und so, die in den Anwendungsfällen geforderten Funktionalitäten abbilden (vgl. Ergebnisbericht E 5.1.3). In diesem Bericht konnten erstmals die konkreten Dienste aufgezählt werden, die für das TP5 benötigt werden. Darüber hinaus wurden Sequenzdiagramme erstellt, aus denen die Interaktion der Dienste mit ihrer Umwelt hervorgeht. Diese Diagramme sind die Grundlage für die weiteren Entwicklungen im TP5, da sie die Möglichkeit bieten, das Gesamtsystem in einzelne Bausteine zu zerlegen. Diese Bausteine können nun einzeln entwickelt und schrittweise zusammengefügt werden.

Bei der Berichtserstellung konnten gemeinsam mit allen Teilnehmenden der Fokus auf eine Service-orientierte Architektur gelegt werden, wodurch wiederkehrende und übertragbare Funktionalitäten in Form eines Dienstes bereitgestellt werden konnten. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Dienste möglichst generisch angelegt sind. So kann ein und derselbe Dienst in mehreren Anwendungsfällen zum Einsatz kommen, die sich auf den ersten Blick nur wenig ähneln. Ein konkretes Beispiel ist hier der Service "Sensordaten": Dieser Dienst wurde identifiziert, um sowohl Daten der straßenseitigen Infrastruktur (z.B. Road-Side-Units) für den Routingalgorithmus bereitzustellen, als auch Daten von automatisierten Fahrzeugen im Falle eines Unfalls an die Rettungsleitstelle der Feuerwehr zu übertragen.

Weiterhin wurden bei der Erarbeitung der Architektur weitere Dienste identifiziert, die bislang nicht erfasst wurden. Hier ist zum Beispiel der Dienst "BOS-Routingkonflikt" zu nennen (BOS für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben). Hiermit ist ein Dienst gemeint, der von automatisierten Fahrzeugen (oder deren Flottenbetreibern) angesprochen werden kann, um eine mögliche Begegnung mit Einsatzfahrzeugen auf ihrer Route abfragen zu können, und diese ggf. vermeiden zu können. Hier ergibt sich eine direkte Verknüpfung mit dem TP4, was den Dienst besonders interessant erscheinen lässt.

Final prüfte die Feuerwehr Braunschweig gemeinsam mit dem DLR alle Sequenzdiagramme in Bezug auf die im Anforderungskatalog gestellten funktionalen Anforderungen, sowie auf die in der Vorhabenbeschreibung aufgeführten Funktionalitäten. Diese Prüfung ergab, dass die skizzierten Systemarchitekturen grundsätzlich in der Lage sind, diese Funktionalitäten abzubilden.

Das Ziel 5.1.3, die Erstellung von Konzepten mit der Integration der Anwendungen aus TP 1-4, erfolgte zusätzlich zur Vorhabenbeschreibung in den Ergebnisberichten E1.2.1 und E1.2.2, womit dieses Ziel durch das TP1 erfüllt wurde.

Dem beschriebenen Vorgehen entsprechend wurden aus den Anwendungsfällen die Anforderungen abgeleitet. Das Ziel war hier, eine möglichst einheitliche, nachverfolgbare und übersichtliche Sammlung der Anforderungen zu ermöglichen. Speziell die Nachverfolgbarkeit hat hier einen hohen Stellenwert, da durch das agile und iterative Vorgehen Anforderungen laufend angepasst wurden. Diese Änderungen müssen nachvollzogen werden können, um eine Validierung zu ermöglichen. Als Werkzeug wurde dafür eine Website aufgesetzt, auf der alle Projektbeteiligten Anforderungen eintragen können. Insgesamt wurden bis zum Projektende über 200 Anforderungen gesammelt, die über die Website erfasst und mit dem Projektfortschritt abgeglichen wurden. Ein Ausschnitt aus der Weboberfläche ist in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**4 zu sehen. Die Ziele 5.1.1 und 5.1.4 wurden damit erreicht.



ID	Kurzbezeichnung	Beschreibung	Verantwortlicher Partner	Funktional	Metrik	Teilsystem	Anforderung betrifft:	Umsetzungsgrad	Priorität für Demonstration	Priorität für Realbetrieb	Eingetragen von	Optionale Label	Aktionen
11	Funkgerät OBU	test	DLR	Ja		zugeordnet	bekannt	Backlog	Optional	Optional	FWBS		Bearbeiten Historie
10	Hallo Welt	sdfsdf	noch nicht bekannt	Ja		Teilsystem Drohne	Warnungen verteilen	Backlog	Optional	Optional	Jonas_Klemmt, FWBS	Drohne	Bearbeiten Historie
9	Füller	sds	noch nicht bekannt	Nein		Nicht zugeordnet	noch nicht bekannt	Backlog	Optional	Optional	Jonas_Klemmt, FWBS		Bearbeiten Historie
8	Test Verantwortlicher Partner 2	Test	DLR	Ja		Teilsystem Drohne	Drohnenauftrag	Backlog	Optional	Optional	Jonas_Klemmt, FWBS		Bearbeiten Historie
7	Test Verantwortlicher Partner	Test	noch nicht bekannt	Ja		Teilsystem Leitstelle	Drohnenauftrag	Backlog	Optional	Optional	Jonas_Klemmt, FWBS		Bearbeiten Historie
6	Zeit für Routenberechnung	Maximale Berechnungszeit einer Route	FWBS	Nein	100 Millisekunden	Teilsystem Leitstelle	TS Rettungsleitstelle	Backlog	Optional	Erforderlich	Jonas_Klemmt, FWBS		Bearbeiten Historie
5	Latenz der Alarmierungsdaten	Zeit von der Alarmierung, bis die Daten beim nachfolgenden System vorliegen	noch nicht bekannt	Nein	5 Sekunden	Teilsystem Leitstelle	noch nicht bekannt	Backlog	Optional	Erforderlich	Jonas_Klemmt, FWBS		Bearbeiten Historie
4	LSA-Räumzeit	Zeit, in der die Bevorrechtigungsphase anliegen muss, bevor dass Fahrzeug die LSA überfährt	noch nicht bekannt	Nein	20 Sekunden	Teilsystem Rettungsgasse	noch nicht bekannt	Backlog	Optional	Erforderlich	Jonas_Klemmt, FWBS		Bearbeiten Historie
3	Mindestbreite Rettungsgasse	Breite, damit ein Fahrzeug ungestört passieren kann	noch nicht bekannt	Nein	2.55 Meter	Teilsystem Rettungsgasse	noch nicht bekannt	In Bearbeitung	Optional	Erforderlich	Jonas_Klemmt, FWBS		Bearbeiten Historie

Abbildung 4: Ausschnitt der Weboberfläche zur Anforderungserhebung.

Das Ziel 5.1.3, die Erstellung von Konzepten mit der Integration der Anwendungen aus TP 1-4, erfolgte zusätzlich zur Vorhabenbeschreibung in den Ergebnisberichten E1.2.1 und E1.2.2, womit dieses Ziel durch das TP1 erfüllt wurde.

In diesem Anforderungstool wurde bereits die Möglichkeit berücksichtigt, den Anforderungen eine messbare Metrik zuzuordnen. Diese spezifizierten Anforderungen dienen direkt als Key-Performance-Indikatoren (KPI) bei der Evaluierung der Projektergebnisse. Durch eine Filteroption wurde so direkt ein KPI-Katalog erzeugt, womit das Ziel 5.1.5. erreicht ist.

Die auf den Anforderungen aufbauende Systemarchitektur wurde nicht, wie ursprünglich angedacht, mit UML-Komponentendiagrammen dokumentiert, sondern mit Sequenzdiagrammen. Diese Entscheidung wurde getroffen, da der Haupt-Innovationspunkt im TP5 nicht die Entwicklung neuer Komponenten, sondern die neue Art der Vernetzung und Kommunikation ist. Deswegen wurde mit den Sequenzdiagrammen der Fokus auf die Kommunikation gelegt, während die Komponenten in der Zuständigkeit einzelner Projektbeteiligter lagen und so weniger Abstimmungsbedarf erforderten. Das Ziel 5.1.6 wurde damit erreicht.

Die initiale Architektur und der Governance-Rahmen aus TP 1 wurde im Rahmen von AP 5.5 berücksichtigt und dort dokumentiert. Das Ziel 5.1.7 wurde erreicht.

Die vorgesehenen Arbeiten wurden durch die Feuerwehr Braunschweig erbracht.

AP 5.2 Datengenerierung und Algorithmen zur Situationserfassung

Geplante Inhalte/Ziele

Ziel dieses APs ist demnach eine möglichst genaue Interpretation der vorliegenden Situation auf Basis diverser über Gaia-X gekoppelter Datenquellen. Die Ziele im Detail sind hierbei:

Tabelle 3: vorgesehene Ziele des AP 5.2.

Nr.	Zielbeschreibung
5.2.1	Kombination diverser Sensoren/Datenquellen und Anpassung/Entwicklung von Objekterkennungsfunktionen
5.2.2	Nutzung von Drohnen als flexible luftgebundene Sensoren um Verkehrsgeschehen in bestimmten Bereichen des Rettungskorridors oder der Einsatzstelle aus der Luft zu beobachten
5.2.3	Integration von bodengebundenen Sensoren und Datenquellen, z.B. vernetzten Fahrzeugen oder Einsatzfahrzeugen
5.2.4	Integration von weiteren Sensoren und Datenquellen (Fahrzeuge, Infrastruktur, Drohne, Kartendaten, Baustellendaten, Korridore mit Zuordnung von Fahr/Flugberechtigungen zu den vernetzten Fahrzeugen, Aktuelle Verkehrsdaten...)
5.2.5	Berücksichtigung und Erkennung von Abweichungen von der Gesetzesvorlage für das Level-4-Gesetz sowie von tolerierten Abweichungen von Verkehrsregeln, weil es sich um Rettungsmobilität handelt

Die Feuerwehr Braunschweig sollte bei der Zielerreichung die folgenden Arbeiten erbringen:

- Kommunikation mit Stadt Braunschweig, Auskopplung relevanter Daten aus dem Bereich der Feuerwehr Braunschweig

Zur effizienten Lenkung des Rettungsverkehrs und für die optimale und koordinierte Berücksichtigung durch automatisierte Fahrzeuge werden echtzeitfähige Datenquellen benötigt welche über Gaia-X als digitales Modell (siehe auch digitale Identitäten in TP3) verfügbar gemacht werden. Als Grundlage hierzu dienen Kartendaten, sowie Informationen zu Verkehrszeichen und geltende Verkehrsregeln (beispielsweise Einbahnregelungen oder Geschwindigkeitsbeschränkungen). In den entsprechenden digitalen Zwillingen können im Anschluss aktuelle Informationen eingespielt werden um eine Echtzeitsteuerung zu ermöglichen. Unter anderem die folgenden Aspekte finden Berücksichtigung:

Einbindung von Verkehrsbehinderungen: Verkehrsbehinderungen treten in der Regel durch Baustellen oder temporäre Straßensperren auf. Diese sind im übergeordneten Straßennetz üblicherweise unter anderem über Drittparteien wie dem ADAC verfügbar. Innerorts ist die Aktualität dieser Angaben nicht gleichermaßen zuverlässig, werden aber ebenso in den regionalen und lokalen Online-Auftritten von Straßenbauämtern und Städten veröffentlicht. Mit zu berücksichtigen sind weiterhin feste oder temporär einzurichtende Fahr- und für die Nutzung von Drohnen auch Flugkorridore. Den Einsatzfahrzeugen können dann über Berechtigungen Zugang zu den Korridoren erteilt oder verwehrt werden. Für die automatisierte Einbindung in Gaia-X ist eine definierte Schnittstelle zu diesen Datenquellen notwendig, um eine Falschlenkung des Verkehrs zu verhindern.

Weitere verkehrstechnische Daten: In vielen Städten und Kommunen sowie im übergeordneten Straßennetz werden Daten bereits zentral über den lokalen Verkehrsrechner verwaltet. Diese Informationen beinhalten neben der aktuellen Steuerung von Lichtsignalanlagen und Verkehrsleitsysteme auch häufig aktuelle Verkehrsdaten, welche durch Dauerzählssysteme erfasst werden. Diese Daten sind über definierte Schnittstellen bereits verfügbar und sind ebenfalls in den Gaia-X-Kontext einzubinden, damit erweiterte Services aufgebaut werden können.

Echtzeit-Verkehrsdaten: Es gibt eine Vielzahl an Verkehrsdaten, die bereits heute verfügbar sind. Diese sind mittels Dauerzählstellen, und als Fahrzeug-, Infrastruktur- und Handydaten qualitativ hochwertig, teilweise aber nicht echtzeitfähig und oft nur auf statistische Hochrechnungen basierend. Um eine quantitative und örtlich aufgelöste Erhebung zu gewährleisten, werden zusätzliche Sensorsysteme benötigt. Neben der infrastrukturbasierten Sensorik können insbesondere für Notfallszenarien Verkehrsdaten mittels Drohnen erhoben werden.

Drohnen und weitere Sensoren übernehmen Aufgaben der Überwachung, wie Ersterkundung am Einsatzort der Rettungskräfte oder Beobachtung der Verkehrslage an neuralgischen Punkten. Die Informationen können zur verbesserten Planung von Einsatzrouten und

Rettungsgassen verwendet werden. Die Drohnen ihrerseits müssen sich an Vorgaben bzgl. Flugrouten, Sperrzonen und Überflughöhen halten. Diese Vorgaben sind in bodengestützte Planungs-Datenräume zu integrieren oder neu zu erstellen. Zusätzlich gewinnen die Einsatzkräfte bei Einsatz am Rettungsort einen Eindruck von der Vorortlage bevor diese dort ankommen. Bei Verwendung von Drohnen ist durch die Vogelperspektive die Übersichtlichkeit des Geschehens verbessert. Diese Vorteile sorgen für ein schnelleres und sichereres Eintreffen der Einsatzkräfte und eine schnellere und gezielte Handlungsweise vor Ort, wodurch eine erhöhte Rettungswahrscheinlichkeit der betroffenen Personen erreicht wird und zudem ein Sicherheitsgewinn für die Einsatzkräfte bewirkt.

Auswertelgorithmen der Sensorik: Insbesondere bei videobasierter Verkehrsüberwachung, sowohl für stationäre Sensorik als auch Sensoren an einer Drohne, wird ein zum Teil auf künstlicher Intelligenz basierender Algorithmus eingesetzt, um automatisch Verkehrsteilnehmer zu erfassen, klassifizieren und deren Trajektorien auszuwerten. Dies ermöglicht neben der Unterscheidung zwischen Fußgänger, PKW, LKW, usw. auch eine Analyse der Quelle-Ziel-Beziehung, Abschätzung von Geschwindigkeiten bis hin zur Identifikation von Gefahrenstellen aufgrund der Trajektorien. Der Einsatz von solcher Sensorik und der entsprechenden Detektions- und Trackingalgorithmen ist ein wesentlicher Faktor für die effiziente Lenkung von Einsatzkräften bei gleichzeitiger Gewährleistung der Verkehrssicherheit.

Um eine gute Passung dieses APs mit den weiteren Entwicklungen im Bereich des Projekts, aber auch in der ganzen Gaia-X-Welt zu ermöglichen ist ein regelmäßiger Austausch einerseits zu TP4 (siehe AP 5.6) als auch zu anderen Gaia-X-Projekten (z.B. Gaia-X4KI) angedacht.

Ergebnisse

Im Arbeitspaket 5.2 wurden zentrale Grundlagen für die zuverlässige und koordinierte Erfassung von Verkehrssituationen im Kontext von Rettungskorridoren geschaffen. Ziel war die Nutzung und Verknüpfung vielfältiger Datenquellen über Gaia-X-konforme Schnittstellen, um ein umfassendes Lagebild zur Echtzeitbewertung und Planung sicherer Rettungskorridore zu ermöglichen. Die folgenden Ergebnisse konnten erzielt werden:

Ergebnisse im Überblick:

- **Multisensor-Datenfusion und Gaia-X-Kopplung (Ziel 5.2.1 und 5.2.3):**
Es wurden verschiedene Sensor- und Datenquellen erfolgreich eingebunden, darunter vernetzte Fahrzeuge, Einsatzfahrzeuge, Infrastruktursensoren, Kamerasysteme und kartographische Daten. Diese wurden über Gaia-X-konforme Schnittstellen vernetzt, um ein kohärentes und aktuelles Abbild der Verkehrssituation zu erzeugen.

- **Integration von Drohnen Daten (Ziel 5.2.2):**
Drohnen wurden als mobile, luftgebundene Sensoren konzipiert und eingebunden. Sie ermöglichen eine großflächige Erfassung der Verkehrssituation aus der Vogelperspektive – insbesondere zur Ersterkundung von Einsatzstellen und zur Überwachung von Verkehrslagen in neuralgischen Bereichen. Flugkorridore, Luftraumbeschränkungen und rechtliche Rahmenbedingungen wurden bei der Einsatzplanung berücksichtigt und in digitale Datenräume integriert.
- **Echtzeitdaten anbindung aus dem Verkehrsmanagement (Ziel 5.2.4):**
Es erfolgte eine erfolgreiche Anbindung verfügbarer verkehrstechnischer Datenquellen (u. a. Lichtsignalanlagen, Verkehrsleitreechner, Baustelleninformationen, Echtzeit-Verkehrsdaten aus Fahrzeugen und mobilen Endgeräten). Diese wurden aufbereitet und in das Gesamtkonzept integriert, um dynamisch auf Änderungen im Verkehrsfluss reagieren zu können.
- **Entwicklung und Integration von KI-gestützten Auswertealgorithmen (Ziel 5.2.1):**
Es wurden Algorithmen zur Objekterkennung, Klassifikation und Trajektorienanalyse entwickelt und angepasst, um relevante Verkehrsteilnehmer automatisiert zu detektieren. Dabei kamen Methoden der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens zum Einsatz. Diese ermöglichen u. a. die Unterscheidung zwischen Fahrzeugtypen, die Berechnung von Bewegungsrichtungen und Geschwindigkeiten sowie die Identifikation von Abweichungen oder Gefahrensituationen.
- **Berücksichtigung besonderer rechtlicher Anforderungen (z. B. Level-4-Gesetz) (Ziel 5.2.5):**
Abweichungen von Verkehrsregeln im Kontext von Rettungseinsätzen wurden systematisch erfasst und im Kontext des Sicherheitsfahrers berücksichtigt. Es wurden logische Regeln sowie Datensatzstrukturen definiert, die zwischen regulärem Verkehrsverhalten und situationsbedingten Sonderregelungen differenzieren können.
- **Schaffung der technischen Grundlage für automatisiertes Kooperationsverhalten:**
Die gewonnenen Daten und Algorithmen bilden die Grundlage für die zukünftige Umsetzung von kooperativen Strategien automatisierter Fahrzeuge, wie z. B. das vorausschauende Bilden von Rettungsgassen unter Berücksichtigung der aktuellsten Umgebungslage.

Das Arbeitspaket 5.2 hat wesentliche Beiträge zur Erfassung, Verarbeitung und Auswertung komplexer Verkehrssituationen im Kontext von Rettungseinsätzen geleistet. Durch die Kombination verteilter, heterogener Sensor- und Datenquellen – insbesondere unter Einbeziehung von Drohnen – konnte ein umfassendes, dynamisches Lagebild generiert werden. Die entwickelten Algorithmen ermöglichen eine automatische, genaue Interpretation

dieser Daten und bilden somit eine tragfähige Grundlage für die weitere Entwicklung kooperativer Mobilitätsstrategien im Kontext automatisierten Fahrens.

Darüber hinaus konnte durch die Integration in Gaia-X-Datenräume sichergestellt werden, dass die entwickelten Komponenten interoperabel, sicher und zukunftsfähig in übergreifende Mobilitäts- und Rettungskonzepte eingebunden werden können. Die Ergebnisse aus AP 5.2 bieten somit nicht nur einen Mehrwert für die Einsatzplanung von Rettungskräften, sondern auch für die Sicherheit und Effizienz des gesamten Verkehrsraums – insbesondere unter Einsatzbedingungen.

Die vorgesehenen Arbeiten wurden durch die Feuerwehr Braunschweig erbracht.

AP 5.3 Vernetzter Rettungskorridor

Geplante Inhalte/Ziele

Dieses AP nutzt die Situationserfassung in AP 5.2 als Grundlage, um effiziente, sichere und koordinierte Bewegungen von Einsatzfahrzeugen und automatisierten Fahrzeugen im Verkehr zu ermöglichen. Darüber hinaus findet hier eine Verbindung zu den Umsetzungen in TP2 und TP3 statt, so dass eine sichere und Gaia-X-konforme Kommunikation im Rettungskorridor ermöglicht wird. Im Detail hat dieses AP die folgenden Ziele:

Tabelle 4: Vorgesehene Ziele des AP 5.3.

Nr.	Zielbeschreibung
5.3.1	Schaffung eines erweiterten Priorisierungssystems für Einsatzfahrzeuge, welches Informationen infrastrukturbasiert zur Rettungsgasse an vernetzte und automatisierte Fahrzeuge übermittelt und dabei auf Daten/Dienste von Gaia-X zurückgreift
5.3.2	(koordinierte) Erzeugung und Umsetzung von Rettungsgassen durch autonome Fahrzeuge, inklusive Nutzung der ODD-Informationen aus TP4.
5.3.3	Planbarer und kooperativer Einsatz eines Rettungsgeschehens mit Einsatzkräften durch Unterstützung aus der Luft, am Boden und mit Akteuren in der Infrastruktur über Cloud-Kommunikation

Die Feuerwehr Braunschweig sollte bei der Zielerreichung die folgenden Arbeiten erbringen:

- Mitwirkung bei der Anpassung an die Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS)
- Integration des Systems (Software) auf die bestehenden Systeme der Feuerwehrfahrzeuge und ggf. der Leitstelle der Feuerwehr Braunschweig
- Durchführung von Erprobungsflügen inkl. Test-Notrufe/eCalls
- Abstimmung der Systemarchitektur mit den Belangen der Leitstelle Braunschweig

- Kommunikation mit städtischen Infrastrukturdienstleistern
- Beauftragung des Ausbaus der straßenseitigen Infrastruktur
- Integration der SIRENE Komponenten und Architektur in das TP5

Die Umsetzung des Arbeitspaktes verteilte sich aufgrund der Komplexität des Use-Cases auf zwei Themenschwerpunkte Kommunikationstechnologien und Aufbau der Services

Das Thema Kommunikationstechnologien greift die Herausforderungen eines gesamtheitlichen Verkehrsmanagementsystems für Sondereinsatzfahrzeuge auf. Dabei ist ein Ziel, mit Hilfe redundanter Nachrichtenwege und der Nutzung von in Teilaspekten bereits erprobten Kommunikationskomponenten in dem Gesamtverbund eine hohe Ausfallsicherheit zu gewährleisten. Der Ansatz ist hybrid und verwendet verschiedene Kommunikationstechnologien und –pfade parallel. Hierfür wird ein Protokoll zur Nachrichtenübertragung über verschiedene und redundante Pfade definiert. Um den Aufwand hierfür in sinnvollen Grenzen zu halten, werden die Verfahren genutzt, welche bereits im Pilotvorhaben zum Europäischen Korridorprojekt zur Anwendung kommen.

Der Aufbau der Services zielt darauf ab, aus Verkehrsdaten und darauf aufbauender Simulation Wegeentscheidungen zu optimieren und Infrastrukturanlagen in die Wegfindung einzubeziehen. Dadurch soll gewährleistet werden, dass die optimale Route von Einsatzfahrzeugen zusätzlich durch die optimale Steuerung der Verkehrsinfrastruktur unterstützt wird. Das Ziel ist, einem mit seiner Wunschroute im System angemeldeten Einsatzfahrzeug rechtzeitig eine Grüne Welle zu schalten, sodass die dort bereits stehenden Fahrzeuge rechtzeitig abfließen bzw. zur Seite fahren können und somit das Einsatzfahrzeug die Kreuzung mit möglichst geringer Fahrtverzögerung passieren kann. Zur Bildung der Rettungsgasse insb. durch automatisierte vernetzte Fahrzeuge ist auch ein entsprechender Datenaustausch mit diesen Fahrzeugen notwendig. Hierbei sind auch die Fähigkeiten der automatisierten Fahrzeuge und deren ODDs zu berücksichtigen, da eine automatisierte, schnelle und koordinierte Bildung von Rettungsgassen nur innerhalb der ODD der Fahrzeuge zu erreichen ist.

Ergebnisse

Der Rettungsgassenservice (RGS) ist eine Antwort auf die steigende Bedeutung der Rettungsmobilität in unserer Gesellschaft. Besonders in urbanen Gebieten ist es herausfordernd, die gesetzlich vorgeschriebene Hilfsfristen für Rettungsfahrzeuge einzuhalten. Selbst mit Sondersignalen wie Blaulicht und Martinshorn kommt es häufig zu Verzögerungen oder Unfällen im Verkehr.

Der RGS setzt moderne Technologien wie automatisiertes Fahren und die Integration in die Verkehrsinfrastruktur ein, um die Bildung von Rettungsgassen zu verbessern. Es ist entscheidend, rechtzeitig Informationen über die Rettungsgasse an alle Verkehrsteilnehmer – einschließlich autonom fahrender Fahrzeuge – zu übermitteln.

Im Projekt wurde ein Konzept für den RGS, dessen Gaia-X Kommunikationsarchitektur und Implementierung erarbeitet. Außerdem wurden Simulationen verschiedener Verfahren sowie die Gewinnung von Erkenntnissen und Datenanalysen für Handlungsempfehlungen und zukünftige Erweiterungen erarbeitet.

Herausforderungen umfassen die Fusion von Eingabedaten, Datenmanagement für die Rettungsgasse und die Zuverlässigkeit von Strategien zur Rettungsgassenbildung. Mögliche Ansätze zur optimalen Bildung der Rettungsgasse basieren auf genetischen Algorithmen, Machine Learning und Best-Practice-Verfahren nach Verkehrsregeln. Das geplante Vorgehen beinhaltet die Fusion verschiedener Eingabequellen und die Definition von Erfolgskriterien wie der benötigten Zeit für das Einsatzfahrzeug, um das Ziel zu erreichen (Optimierung der Fahrtzeit als Teilkomponente der Hilfsfrist).

Das Rettungsgassen-System (RGS) nutzt standardisierte Vehicle-to-Everything-Kommunikationsnachrichten (V2X), um die Bildung und Nutzung von Rettungsgassen zu optimieren. Als Datenquelle dienen dabei Cooperative Awareness Messages (CAM) und Collective Perception Messages (CPM), welche Informationen über die Position und weitere relevante Daten der Fahrzeuge liefern. Die eigentliche Rettungsgasse wird als digitale Repräsentanz, in Form eines lokalisierbaren Polygons, im System abgebildet. Dies geschieht durch eine Erweiterung des aktuellen Decentralized Environment Notification Message (DENM) Nachrichtenstandards. Diese erweiterte Nachricht enthält neben der geometrischen Beschreibung der Rettungsgasse auch eine Nutzungsindikation, welche angibt, für welche Nutzer diese Rettungsgasse bestimmt ist.

Weiterhin wurde die straßenseitige Infrastruktur durch Erweiterung einiger Lichtsignalanlagen (LSA) mit Komponenten zur Fahrzeug-zu-Fahrzeug Kommunikation (V2X) ausgebaut. Dazu wurde im Projektzeitraum durch die Stadt Braunschweig, der Feuerwehr, Bellis und DLR mehrere Abstimmungsgespräche für die Netzerweiterung für das SIRENE-System durchgeführt. Durch die Feuerwehr Braunschweig wurden dabei die entsprechenden Knotenpunkte anhand verschiedener Kriterien ermittelt. Auf dieser Basis wurden Angebote von der Bellis eingeholt und geprüft. Im Anschluss wurde der Auftrag zum Umbau erteilt und die Netzerweiterung umgesetzt (siehe Abbildung 5).



Abbildung 5: Beauftragung des Ausbaus der straßenseitigen Infrastruktur durch Erweiterung der Lichtsignalanlagen mit Komponenten zur Fahrzeug-zu-Fahrzeug Kommunikation.

Für die Erweiterung der Lichtsignalanlagen mit Komponenten zur Fahrzeug-zu-Fahrzeug Kommunikation (V2X) war es zudem erforderlich Überfahr- und Überhol szenarien für die identifizierten Knotenpunkte zu ermitteln und schließlich in den Programmalgorithmus zu implementieren. Dies ist beispielsweise für den Knotenpunkt K001 Wendenring / Hamburger Str. in Abbildung 6 dargestellt.

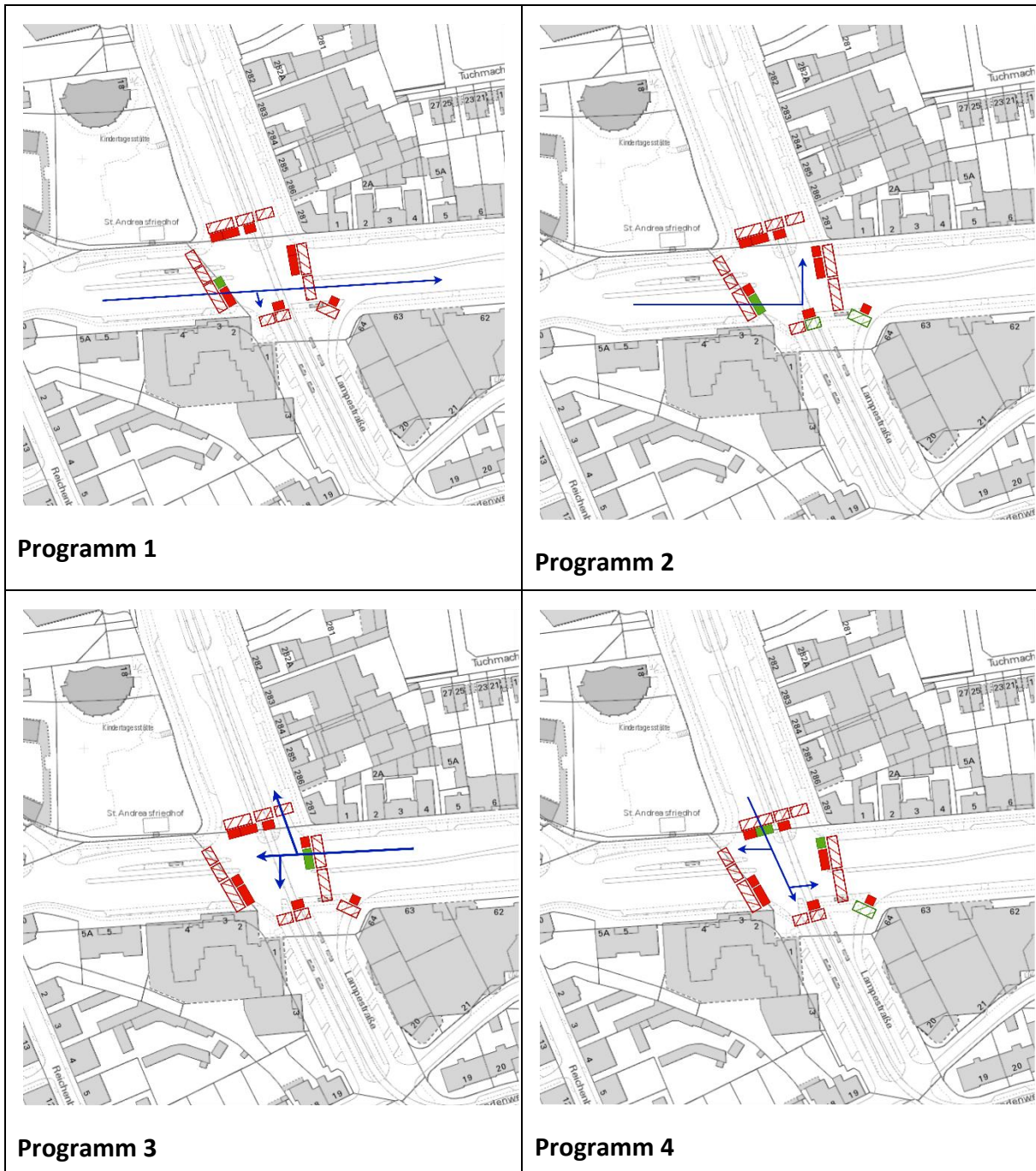


Abbildung 6: Überfahr- und Überholmanöver für den Knotenpunkt K001 Wendenring / Hamburger Str. in Braunschweig.

Die Ziele 5.3.1 und 5.3.2 wurden somit erreicht.

Darüber hinaus wurden im Projektverlauf für Demonstrationsversuche zwei VTOL-Drohnen von Elektra Solar ausgestattet und für Tests zur Verfügung gestellt. In der ersten VTOL-Drohne wurde auf dem Bordcomputer die MQTT-Schnittstelle zu einer Tablet-App implementiert und

das Zusammenspiel zwischen Drohnen-Autopilot, Kamerasystem, Drohnen-Bordcomputer, LTE-Modem und dem Tablet am Boden erfolgreich getestet. Die zweite VTOL-Drohne wurde mit einer V2X-OBUE von consider.IT ausgestattet, womit Funktions- und Reichweitentests aus der Luft durchgeführt wurden. Beide Systeme werden benötigt, um BOS am Boden mit Daten aus der Luft zur Ersterkundung zu versorgen. Die Schnittstelle zu BOS stellt ein Tablet dar, welches beispielsweise im Einsatzwagen mitgeführt werden kann. Hierzu wurde die Drohne von Elektra Solar an die Drohnenleitzentrale des DLRs (aus dem Projekt 5G Reallabor) und das DLR-Tablet angebunden. Für den Livestream der Kameravideodaten werden die Videodaten per UDP von dem Drohnen-Bordcomputer über 5G an einen Medienserver geschickt, von dem die Tablet-App wiederum die Daten streamt. Dieses Setup konnte während der Flugversuche verifiziert werden. Die Latenz im Videostream beträgt ca. 1 Sekunde. Das Ziel 5.3.3 wurde erreicht.

AP 5.4 Simulation und simulative Validierung

Geplante Inhalte/Ziele

Die Feuerwehr Braunschweig hatte in diesem AP keinerlei Aufgaben zu erfüllen. Daher wird zum Vorgehen der Zielerreichung auf den Verbundabschlussbericht verwiesen.

Ergebnisse

Die Feuerwehr Braunschweig hatte in diesem AP keinerlei Aufgaben zu erfüllen. Daher wird für die Ergebnisse dieses AP auf den Verbundabschlussbericht verwiesen.

AP 5.5 Demonstration und Validierung

Geplante Inhalte/Ziele

Ziel dieses Arbeitspakets ist die erfolgreiche Erprobung und Umsetzung der Anwendungsfälle in realen Pilotumgebungen, inkl. Validierung. Es wird hierbei ein (oder mehrere) Demonstrator(en) entwickelt, der ein (oder mehrere) Validierungs-Szenario(s) aufspannt und damit eine Blaupause für die Übertragung in die industrielle Anwendung darstellt.

Teilziele sind:

Tabelle 5: Vorgesehene Ziele im AP 5.5.

Nr.	Zielbeschreibung
5.5.1	Die Integration & Inbetriebnahme des Use-Cases
5.5.2	Der operative Betrieb von ausgewählten entwickelten Funktionen in Einsatzfahrzeugen und Infrastruktur im urbanen Umfeld

5.5.3	Prototypischer Betrieb von automatisiert fahrenden Forschungsfahrzeugen zur Darstellung ausgewählter entwickelter Funktionen, u. A. der Bildung von Rettungsgassen, im urbanen Umfeld bzw. in Form der Umsetzung von kritischen Szenarien auf Testgeländen
5.5.4	Nutzung von Drohnen zur sensorischen Unterstützung
5.5.5	Auswertung der Demonstrationsergebnisse
5.5.6	Rückkopplung der Architektur und des Governance Rahmens in TP1

Die Feuerwehr Braunschweig sollte bei der Zielerreichung die folgenden Arbeiten erbringen:

- Ermöglichung der Demonstration der Gaia-X Rettungsdienste im realen städtischen Umfeld und Erprobung mit Endanwendern
- Mitwirkung bei der Abschlusspräsentation des Projektes
- Durchführung von Erprobungsfahrten mit den Fahrzeugen der Feuerwehr und des Rettungsdienstes Braunschweig
- Integration des Systems in die Fahrzeuge und die Leitstelle der Feuerwehr Braunschweig
- Untersuchung des Systems gemäß der nach AP1 definierten und für Anwender relevanten Metriken

Begleitend zu der Umsetzung der APs 5.2 und 5.3 findet in diesem AP zunächst die Planung der Demonstration in der realen Welt statt. Hierbei sind die Randbedingungen der Demonstration zu identifizieren, insb. in Bezug auf die genannten Anwendungsfälle und die umzusetzenden Szenarien. Die Rahmenbedingungen bilden zusammen mit den Validierungskriterien und KPIs die Grundlage für eine Bewertung der Praxisübertragbarkeit.

Im nächsten Schritt werden die entwickelten und in AP 5.4 getesteten Module in der realen Welt integriert. Hier dienen vorhandene Anlagen, d.h. Infrastrukturkomponenten, Einsatzfahrzeuge, Navigationskomponenten, automatisiert fahrende Forschungsfahrzeuge, Drohnen etc., als Basis, so dass sich die Integration auf Gaia-X-Entwicklungen fokussieren kann. Es werden die entwickelten Verfahren und Komponenten aus den vorherigen Arbeitspaketen gemäß der Schnittstellendefinition zu einem funktionsfähigen Gesamtsystem zusammengeführt und im Testfeld Niedersachsen (oder auf Testgeländen) implementiert.

Darüber hinaus müssen Informationen aus den Leit- und Dispositionssystemen der beteiligten Endanwender in das entwickelte System eingebunden werden. Einsatzleitinformationen (insb. aktueller Stand- und Zielort der Fahrzeuge) stellen hierbei einen wichtigen Eingangsparameter für die Routenauswahl und damit Berechnung der LSA-Priorisierung und auch der Schaffung der Rettungskorridore durch automatisierte Fahrzeuge dar.

Die Anwendungsfälle werden anschließend in ausgewählter Form real demonstriert. Während der Demonstration werden die Gaia-X Daten und Dienste über die jeweiligen Konnektoren im praktischen Nutzen evaluiert.

Ergebnisse

Die Demonstration erfolgte im Rahmen des Abschlussevents am 14.05.2025 in Braunschweig, wobei die Feuerwehr Braunschweig ein Einsatzfahrzeug mit eingebauter OBU stellte.

Im Zuge der Services „Warnmeldung“ werden Warnmeldungen generiert, die an den Warnservice weitergeleitet werden sollen. Dazu ist die Feuerwehr Braunschweig mit ihrem Einsatzleit- und Dispositionssystem in das ZEBRA-Tool von ifak angebunden, welches Informationen zu Baustellen und Warnnachrichten enthält. Das DLR hat die Aufgabe, die entstehende Warnnachricht über den DLR-eigenen Infrastrukturmast an die Fahrzeuge vor Ort zu versenden. Dazu ist der DLR-Infrastrukturmast (Steve Mast siehe rechtes Bild in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) über den EDC-Konnektor mit dem ZEBRA-Tool verbunden und erhält die Nachrichteninhalte, die anschließend vom DLR-Infrastrukturmast über eine DENM an die Fahrzeuge versendet werden.

Zusätzlich konnten erfolgreich Nachrichten zur Rettungsgassenbildung über die Infrastruktur (Steve-Mast, siehe rechtes Bild) ausgesendet und in den Fahrzeugen empfangen werden. Dies löste die automatisierte Bildung einer Rettungsgasse im DLR-Fahrzeug aus.



Abbildung 7: Demonstration der Rettungsgassenbildung auf dem Abschlussevent. Links: Bildung der Rettungsgasse durch Versuchsträger von DLR und Capgemini, Rechts: Steve-Mast als Infrastruktureinheit. Zur Verfügung gestellt vom © DLR.

Im Rahmen der Abschlussveranstaltung des Projektes am 14.05.2025 wurden neben der Demonstration der Priorisierungslogik (Rettungsgassendienst) auch die Forschungsinfrastruktur AIM Referenzstrecke sowie die Forschungsinfrastruktursensorik aus dem

Testfeld Niedersachsen AIM inklusive Objektdetektion und -tracking bereitgestellt und erläutert. Die Ziele 5.5.1 und 5.5.3 wurde erreicht.

AFUSOFT Kommunikationstechnik GmbH hat im Projektzeitraum neun On Board Units (OBU) in Einsatzfahrzeuge der Feuerwehr Braunschweig eingebaut bzw. einbauen lassen. Somit konnten mit den umgebauten Einsatzfahrzeugen reale Einsätze mit den im Projekt angestrebten Rettungskorridoren unter Einsatz der C-ITS Technik durchgeführt werden.

In enger Zusammenarbeit zwischen dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), dem ifak – Institut für Automation und Kommunikation e. V. und der Feuerwehr Braunschweig wurde das Monitoring des Systems sichergestellt. Die Überwachung der Systemfunktionen erfolgte unter Einsatz verschiedener technischer Tools. Im Rahmen des Monitorings wurden regelmäßig Fehleranalysen durchgeführt und identifizierte Probleme in Abstimmung mit den Projektpartnern systematisch behoben.

Die Webapplikation ZEBRA kann für die Eingabe und Verwaltung von Baustelleninformationen verwendet werden und wurde im Rahmen dieses Projektes für die Eingabe von Warnmeldungen erweitert. Nach einer Testphase wurde eine stabile Version veröffentlicht und steht allen interessierten Nutzern als Testapplikation zur Verfügung. Jeder Nutzer hat hierbei die Möglichkeit, Warnmeldungen und Baustellen einzugeben, zu verändern und zu löschen. Die Testapplikation verwendet eine gemeinsame Datenbasis über alle Nutzer hinweg, d.h. jeder Nutzer hat außer auf die von ihm selbst eingegebenen Daten auch Vollzugriff auf die Baustellendaten und Warnmeldungen aller anderen Nutzer. Die Testapplikation ZEBRA wurde im Zuge der Entwicklungs- und Implementierungsarbeiten für die Bereitstellung von Baustelleninformationen für das ODD-Matching sowie für die Bereitstellung von Warnmeldungen für den DENM-Sender für die Rettungsgasse verwendet. Das Ziel 5.5.2 wurde erreicht.

Wie in AP 5.3 dargestellt, konnten Video-Daten von einer VTOL-Drohne erfolgreich an ein Tablet übertragen werden. Die Ergebnisse wurden auch auf dem Abschlussevent am 14.05.25 in Braunschweig präsentiert. Das Ziel 5.5.4 wurde damit erreicht.

Im Zuge der Evaluation wurden zusätzlich die zu Beginn des Projektes in AP 5.1 definierten KPIs dahingehend überprüft, inwiefern sie erreicht wurden. Die Ergebnisse der Evaluation wurden im Ergebnisbericht E 5.2.3 dokumentiert. Das Ziel 5.5.5 wurde erreicht.

Nachdem die Übernahme der ökonomischen und technischen Rollen abgeschlossen wurde, sollte das Betreibermodell alle Prozesse im Ökosystem abbilden. Dazu wurde den Institutionen, die sich bereit erklärt haben, eine Rolle im Datenraum zu übernehmen, gebeten die Definition der Rollen um die Kriterien „Beziehung zu anderen Rollen“, „Voraussetzungen“,

„Weitere wichtige Infos“ zu ergänzen. Die Ergebnisse wurde im Ergebnisbericht E 1.1.3 beschrieben. Im zweiten Schritt sollten die Institutionen, die eine Rolle im Datenraum übernommen haben, die Beziehungen ihrer Rolle zu den anderen Rollen im Datenraum angeben. Die Beziehungen zwischen zwei Rollen können „Verpflichtend“ (V), „Optional“ (O) oder „keine Beziehung“ (-) sein (siehe Abbildung 8). Das Ziel 5.5.6 wurde erreicht.

Rollenübernahme durch Institution	Rolle	Rollenbeziehungen																			
		Systemfederator	Systemteilnehmer	Portal & Integration (Orchestrator)	Data Space Connector	Data Sovereignty System	Identity Trust	Advanced Mobility Services	Advanced Mobility Services	Advanced Mobility Services	Advanced Mobility Services	Advanced Mobility Services	Advanced Mobility Services	Advanced Mobility Services	Advanced Mobility Services	Advanced Mobility Services	Advanced Mobility Services	Advanced Mobility Services	Advanced Mobility Services	Advanced Mobility Services	Advanced Mobility Services
TS	System Federator																				
-	System Participant																				
TS / Fraunhofer ISST	Portal & Integration (Orchestrator)	V																			
TS	Data Space Connector	V	V	V																	
TS / Fraunhofer ISST / Software	Data Sovereignty System	V	-	V	V																
TS	Service Catalogue	O	-	V	O	O															
ibid	Identity and Trust																				
TS / Fraunhofer ISST / Krossch	Conformity & Onboarding	V	-	V	O	V	-	V													
Bernard Gruppe / Peregrine	Advanced Data Services																				
DLR	Advanced Mobility Services																				
QT / TS	Hesling Infrastructure	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O										
QT	Communication Infrastructure	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O										
ibid	Traffic Infrastructure																				
außerhalb des Konsortium	Traffic Participants																				
TS	Governance	V	-	V	O	V	O	V	V	O	O	V	-	-	-						
TS	Transaction Management	V	-	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
TS	Compliance	V	-	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
ibid	Marketing & Sales																				
ibid	Communication																				
ibid	Legal Consultation																				
TS	Portfolio Management	O	-	V	O	-	-	-	-	V	V	-	-	-	V	O	O	V	-	O	-
Ifak, BERNARD, Peregrine	Data Owner	V	-	O	V	V	V	V	V	-	O	V	O	O	V	O	O	-	O	O	-
Fraunhofer IPK	Consulting	V	O	O	V	O	V	V	V	V	V	V	V	V	O	O	V	O	O	O	O
Fraunhofer IPK, BERNARD, Software	Service Owner	V	O	O	V	V	V	V	V	-	V	V	O	O	-	O	-	O	O	O	-
ibid	Forensic Service Management																				
ibid	Mapping Management																				
CECON	Mapping Management																				
Elektra Solar	Mobile Devices Operator	-	V	-	V	V	V	V	V	O	V	-	-	-	V	-	-	O	O	V	O
FMBS	Incident Response Management																				
ibid	Roadwork Management																				
TS	Lead Centre Management	V	-	V	V	V	O	V	-	O	O	V	V	V	-	V	V	V	O	V	O

Abbildung 8: Rollenbeziehungen im AMS-Datenraum.

AP 5.6 Schnittstelle zu Gaia-X Services

Geplante Inhalte/ Ziele

Die Feuerwehr Braunschweig hatte in diesem AP keinerlei Aufgaben zu erfüllen. Daher wird zum Vorgehen der Zielerreichung auf den Verbundabschlussbericht verwiesen.

Ergebnisse

Die Feuerwehr Braunschweig hatte in diesem AP keinerlei Aufgaben zu erfüllen. Daher wird für die Ergebnisse dieses AP auf den Verbundabschlussbericht verwiesen.

2.3 TP 6 Austausch innerhalb der Projektfamilie Gaia-X 4 Future Mobility

AP 6.1 Wissenschaftliche Leitung und Projektmanagement

Geplante Inhalte/Ziele

Die Feuerwehr Braunschweig hatte in diesem AP keinerlei Aufgaben zu erfüllen. Daher wird zum Vorgehen der Zielerreichung auf den Verbundabschlussbericht verwiesen.

Ergebnisse

Die Feuerwehr Braunschweig hatte in diesem AP keinerlei Aufgaben zu erfüllen. Daher wird für die Ergebnisse dieses AP auf den Verbundabschlussbericht verwiesen.

AP 6.2 TP X – Vernetzung und Austauschplattform im Rahmen der Projektfamilie

Geplante Inhalte/Ziele

Die Feuerwehr Braunschweig hatte in diesem AP keinerlei Aufgaben zu erfüllen. Daher wird zum Vorgehen der Zielerreichung auf den Verbundabschlussbericht verwiesen.

Ergebnisse

Die Feuerwehr Braunschweig hatte in diesem AP keinerlei Aufgaben zu erfüllen. Daher wird für die Ergebnisse dieses AP auf den Verbundabschlussbericht verwiesen.

AP 6.3 Dokumentation und Ergebnisverbreitung

Geplante Inhalte/Ziele

Das AP 6.3 zielt auf die Dokumentation der Projektergebnisse und die publikumsgerechte Ergebnisverbreitung. Die Bekanntmachung und Steigerung der Akzeptanz der Ergebnisse in der Fachöffentlichkeit sind dabei Schlüsselindikatoren. Auch eine erste wissenschaftliche bzw. wirtschaftliche Verwertung der Ergebnisse noch während der Projektlaufzeit ist Teil dieses Arbeitspakets. Die Feuerwehr Braunschweig sollte bei der Zielerreichung durch die Verbreitung der Projektergebnisse für Anwender auf Kongressen, Messen und in Arbeitsgruppen mitwirken.

In dem Unterarbeitspaket Dokumentation war sowohl die Feuerwehr Braunschweig als auch alle weiteren Partner beteiligt. Hier erfolgt die Abbildung der Aufwände zur Protokollierung von Arbeitstreffen, die Festhaltung des Projektvorgangs in Form von Status- und Zwischenberichten, in denen die einzelnen Arbeiten aus den Arbeits- / Unterarbeitspaketen dokumentiert wurden. Zur Aufbereitung und Verbreitung der Projektergebnisse erfolgte in

diesem Unterarbeitspaket die Konzeption, Ausarbeitung und Bereitstellung von Vorlagen zur Außendarstellung. Hierzu wurde zunächst ein einheitliches durchgängiges Erscheinungsbild in Form eines Corporate Designs für Präsentations- und Printmedien erstellt. Bestandteil der Ergebnisdarstellung ist die Einreichung von wissenschaftlichen Beiträgen auf Workshops / Konferenzen / Ausstellungen, die Koordinierung und Durchführung des Halbzeit- und Abschlussevents, die Leitung der PR-Gruppe sowie die Beauftragung und Zusammenarbeit mit externen Akteuren, die die Arbeiten unterstützen.

Ergebnisse

Für die Projektfamilie wurde eine eigene Homepage entwickelt, auf der alle Projekte und die Aktivitäten zu Base-X dargestellt wurden: <https://www.gaia-x4futuremobility.de/>

Die Website wurde regelmäßig mit Inhalten versorgt, diente als zentrale Informationsplattform für externe Stakeholder und wurde kontinuierlich aktualisiert. Zusätzlich wurden Newsletter-Beiträge verfasst, um über Fortschritte, Veranstaltungen und neue Veröffentlichungen zu informieren. Dadurch wurde eine transparente und kontinuierliche Kommunikation über den Projektverlauf ermöglicht.

In der Projektlaufzeit wurden zwei Videos zu den Projekthaltungen erstellt:

- Messeversion: https://www.youtube.com/watch?v=FcJTAdl_n_A
- Langfassung: <https://www.youtube.com/watch?v=q74zSPuGhEk>

Ein besonderer Erfolg war zudem die Anerkennung der Projektfamilie als „Gaia-X Lighthouse Projekt“, was zu einer erhöhten Sichtbarkeit und Anerkennung auf europäischer Ebene führte. Dieser Status unterstützt die weitere internationale Vernetzung und hebt die Innovationskraft und Relevanz der entwickelten Lösungen hervor.

In den monatlichen Sitzungen der Domäne Mobilität des deutschen Gaia-X Hubs, deren Pate der Direktor des Institutes für KI-Sicherheit, Frank Köster ist, wurde regelmäßig über den Stand der Projektfamilie berichtet. In diesem Rahmen wurde auch das Projekt Gaia-X 4 AMS vorgestellt.

Im Jahr 2022 wurden Workshops mit dem Gaia-X Hub in Finnland (Helsinki) und E-Estonia (Tallinn) durchgeführt. Das DLR hat die aktuellen Ergebnisse und Entwicklungen der Projektfamilie lokalen Industriepartnern und Vertretern öffentlicher Einrichtungen vorgestellt. Ziel war sowohl die Steigerung der europäischen Bekanntheit der Projektfamilie als auch der Austausch von Erfahrungen und die Möglichkeit zukünftig gemeinsame

Lösungen / Ansätze zu erarbeiten. Hier konnte eine breite Anerkennung der Projektfamilie erzielt und zudem potenzielle internationale Kooperationsmöglichkeiten ausgelotet werden.

Es wurden zahlreiche Veranstaltungen erfolgreich organisiert und durchgeführt. Hervorzuheben sind insbesondere:

- die Auftritte bei der Cloud-Expo in Frankfurt,
- ITS Mobility in Lissabon,
- Hannover Messe
- MARKET-X in Wien.

Zusätzlich nahm die Feuerwehr Braunschweig an der Internationalen Feuerwehrleitmesse Interschutz 2022 in Hannover teil und stellte hier das Projekt an einem Stand aus und vor. Weiterhin präsentierte die Feuerwehr Braunschweig das Projekt und insbesondere die Anwendungsfälle aus dem Teilprojekt gemeinsam mit der Software AG beim „Public Summit“ in der hessischen Landesbotschaft in Berlin. Hier zeigte sich, dass Gaia-X vielen BesucherInnen ein Begriff war, die konkreten Anwendungen aber noch unbekannt sind. Im Anschluss an den Vortrag wurden so mehrere Gespräche mit Interessierten geführt und Kontakte geknüpft.

Diese Veranstaltungen ermöglichten eine breite und effektive Kommunikation der erzielten Forschungsergebnisse an nationale und internationale Zielgruppen. Dabei konnten wertvolle Kontakte geknüpft und strategische Partnerschaften initiiert werden.

Das Projektfamilientreffen mit knapp 200 Teilnehmern stellte einen wichtigen Meilenstein dar, stärkte den internen Austausch und vertiefte die Zusammenarbeit zwischen den Teilprojekten. Weitere Workshops und Erfahrungsaustauschformate mit Catena-X sowie Gespräche mit dem BMDV und Acatech zur Vernetzung mit dem Mobility Data Space unterstützten zusätzlich die domänenübergreifende Vernetzung.

Besondere Bedeutung hatte hierbei auch die internationale Vernetzung durch Workshops in Finnland und Estland, bei denen eine breite Anerkennung der Projektfamilie erzielt wurde und potenzielle internationale Kooperationsmöglichkeiten ausgelotet werden konnten.

Die Ziele des AP 6.3 wurden somit erreicht.

3 Zahlenmäßiger Nachweis

Die Zahlen sind dem zahlenmäßigen Verwendungsnachweis zu entnehmen.

4 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

4.1 Notwendigkeit

Das autonome Fahren wird zukünftig in Europa einen Zuwachs erfahren. Damit die Verkehrssicherheit und die Effizienz des Verkehrs erhöht werden kann, müssen autonome Fahrzeuge unter anderem auf robuste und zuverlässige Daten zurückgreifen. Gaia-X ist hier von besonderem Interesse des Bundes für die Entwicklung einer EU-weiten sicheren und vernetzten Dateninfrastruktur. Eine der technologischen Herausforderungen ist die Entwicklung von souveränen Daten-Services, die die Identität von Quelle und Empfänger der Daten in diesen kritischen Bereichen gewährleisten und die Zugriffs- und Nutzungsrechte auf die Daten zur Unterstützung der Anwendungsfälle sicherstellen.

Gaia-X als Grundlage für eine vernetzte und sichere Dateninfrastruktur

Das Gaia-X-Konzept liefert eine flexible, dezentral organisierte und leicht skalierbare Systemarchitektur für eine vernetzte und sichere Dateninfrastruktur. Es zielt nicht nur auf eine nationale Plattform, sondern die Ausweitung auf EU-Ebene ist bereits im Gange (Aufbau EMDS). Die Einbettung in den Kontext von Gaia-X ermöglicht eine stets bedarfsgerechte Zusammenstellung der jeweils benötigten Daten/Dienste in Passung sowohl zum Anforderungsprofil als auch der aktuellen Marktlage im Bereich der Mobilitätsdienste. Die entstehenden Kosten können für die Nutzung mit tatsächlichen Bedarfen in Relation gesetzt und sehr gut argumentiert werden.

Im Rahmen der Umsetzung dieses Projektes findet ein äußerst wertvoller Kompetenzaufbau im Bereich eines vernetzten und sicheren Datenservice-Ökosystems besonders in den folgenden Bereichen statt:

- Schnittstellen der Gaia-X Architektur zu bestehenden Mobilitätsplattformen;
- Konzept für den Datenschutz und Datensicherheit bei vernetzten Anwendungen mit Safety-Relevanz (z.B. Rettungsmobilität)
- Performance Monitoring von innovativen und sicheren Betriebsumgebungen der vernetzten Mobilität
- Digitaler Forensik im Schadensfall als Basis für ein Haftungsregime

Anforderungen an Datenaustausch durch das Gesetz zum autonomen Fahren

Vor allem im Hinblick auf das neue Gesetz der Bundesregierung zum autonomen Fahren wird die Notwendigkeit der Zuwendung deutlich: Mit der neuen Gesetzgebung zum autonomen Fahren besteht für die Applikation von Fahrfunktionen mit höheren Automatisierungsgraden (L4/L5) die Anforderung für die Festlegung und dynamische Anpassung individueller Betriebsbereiche. Es ist jederzeit zu bestimmen, ob ein Fahrzeug zu einer bestimmten Zeit

unter bestimmten Bedingungen mittels automatischer Funktionen betrieben werden kann und wie auf dynamische Situationsänderungen zu reagieren ist. Dabei ist die Verfügbarkeit von einem großen Datensatz notwendig. Neben möglichst exakten statischen Kartendaten sollten hier auch dynamische Daten vorgehalten werden. Je größer der Pool der vorgehaltenen Daten ist, desto besser sind Überdeckungen mit den Anwendungsgrenzen der Fahrzeugautomation (ODD) errechenbar. Gaia-X bietet hierfür den optimalen Anknüpfungspunkt.

Generische Lösungsbausteine für weitere Anwendungsdomänen

Das anvisierte Datenservice-Ökosystem auf Grundlage von Gaia-X zeigt verschiedene generische Bausteine, die sich hinsichtlich ihrer Relevanz im Bereich des automatisierten und vernetzten Fahrens sehr gut plausibilisieren lassen, jedoch nicht auf diesen Anwendungsbereich beschränkt sind. Relevante Anwendungsfelder werden in der Stadtplanung und Modernisierung von Verkehrsinfrastruktur gesehen, damit insbesondere das automatisierte und vernetzte Fahren an einer steigenden Zahl von Straßen möglich ist und nicht "an jeder Straßenecke" wieder ein Randbereich für automatisiertes Fahren auftritt. Im Rahmen der Rettungsmobilität sind außerdem Erweiterungen zum Austausch medizinischer Daten mit den Rettungsfahrzeugen, prozedurale Optimierungen im Bereich der Übergabe von Patienten an bspw. Krankenhäuser oder auch der gesamte Bereich der Vernetzung von boden- und luftgebundener Rettungsmobilität denkbar. Darüber hinaus sind auch Themen im Bereich der Verkehrssteuerung des Gesamtverkehrssystems wie auch funktionsorientierte Themen der Luft- und Raumfahrt, der Robotik, sowie der Energie-Domäne relevant.

4.2 Angemessenheit

Unter 4.1 sowie in der Vorhabenbeschreibung wurde die detaillierte Planung und die anvisierten Ziele dargelegt. Da mit diesem Bericht sowie dem Verbundabschlussbericht dargelegt werden konnte, dass die formulierten Aufgaben und Ziele mit den beantragten und aufgewandten Ressourcen erfolgreich bearbeitet wurden, ist festzustellen, dass die durchgeführten Arbeiten angemessen waren.

5 Verwertung der Ergebnisse durch die Feuerwehr Braunschweig

5.1 Wirtschaftliche Verwertung

Wie bereits im Antrag beschrieben, ist die Feuerwehr Braunschweig als Teil der Stadtverwaltung nicht an einer wirtschaftlichen Verwertung interessiert, beziehungsweise dafür auch nicht geeignet.

Die Feuerwehr Braunschweig war während der Projektlaufzeit bei verschiedenen Anwendertreffen zum Thema „Rettungsmobilität“, sodass die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten wie folgt eingeschätzt werden können:

- **Lichtsignalanlagenbevorrechtigung:**
Hier gab es im Projektverlauf von einigen Feuerwehren großes Interesse, was sich daran äußerte, dass sich mehrere Feuerwehren direkt bei der FWBS nach den entsprechenden Projektergebnissen erkundigten. Speziell für den Standort Braunschweig ist eine Nutzung des Systems nach Projektende vorgesehen.
Die gleiche Argumentation gilt für das Thema „BOS-Routing“, wobei hier das GAIA-X Ökosystem seine Vorteile bei der Beschaffung von Daten für ein verbessertes Routing unmittelbar ausspielen kann.
- **Einsatzfrüherkundung mit Drohnen:**
Das Innovationspotential dieses Themenblocks liegt weniger in der Befliegung und der Drohnentechnik selbst, als in dem Vorgang zur Auswahl der Drohnen und der sicheren Übertragung der Daten. Die Entkopplung von den Feuerwehren als Auftraggeberin und den Drohnenanbietern als Auftragnehmer bietet eine neue Form der Drohnenbereitstellung, die in dieser Form ohne das GAIA-X Ökosystem nicht möglich wäre. Bei der Abschlussdemonstration konnte gezeigt werden, dass das System grundsätzlich funktionsfähig ist, womit der Grundstein für eine weitere Verwertung gelegt ist. Zudem konnte sich die FWBS in mehreren Systemtests vom Nutzen des Systems überzeugen, sodass ein Erfolg des Systems wahrscheinlich ist, wenn die rechtlichen Rahmenbedingungen für einen Drohneneinsatz gegeben sind.
- **Verteilen von Warnmeldungen:**
Die Grundlegende Idee des Dienstes, bei dem aktuelle Warnungen aus der Leitstelle direkt an Flottenbetreiber, straßenseitige Infrastruktur o.ä. verteilt werden soll, ist erst durch das GAIA-X-Ökosystem generisch realisierbar geworden. Zeitgleich ist hier eine wirtschaftliche Verwertung unrealistisch, da es sich vielmehr um eine Sicherheitsfunktion handelt. Wenn sich durch dieses Konzept ein deutlicher Sicherheitsgewinn feststellen lässt, ist eine nicht-kommerzielle Verwertung aus Sicht

der FWBS zielführender. Denkbar wäre beispielsweise, eine Bereitstellung durch die öffentliche Hand anzustreben. Die gleiche Argumentation gilt für alle weiteren Dienste, die in erster Linie eine Sicherheitsfunktion für die Öffentlichkeit darstellen.

5.2 Wissenschaftliche Verwertung

Grundsätzlich ist es der Wunsch der Feuerwehr Braunschweig, alle in Braunschweig implementierten Systeme auch über den Projektzeitraum hinaus weiterzuverwenden, wobei dies nicht ausschließlich im Ermessensspielraum der Feuerwehr Braunschweig liegt. Damit ist wenigstens die örtliche Weiternutzung gegeben. Speziell bei der Lichtsignalanlagenbevorzugung ist außerdem ein Ausbau des Systems nach Projektende denkbar. Im Rahmen der Auftragsvergabe zum Ausbau des Testfelds liefen Gespräche mit dem städtischen Infrastrukturdienstleister (Bellis GmbH), welches Interesse an einer eigenständigen Produktentwicklung signalisiert hat. Auch wenn es hier noch keine finale Entscheidung oder einen Vertrag gibt, ist eine anschließende Verwendung und Weiterentwicklung nach dem Projektende wahrscheinlich.

Speziell für die Anwendungsfälle aus dem Teilsystem „Rettungsgasse“ und „Drohne“ sind die Erfolgsaussichten nach dem Projektende nicht einschätzbar. Der Erfolg des Drohnensystems hängt maßgeblich von der zukünftigen Rechtslage ab. Die Rettungsgassen-Systeme setzen dagegen einen gewissen Anteil von vernetzten automatisierten Fahrzeugen im realen Verkehr voraus, um ihr Potential entfalten zu können.

6 Fortschritt durch Dritte auf dem Gebiet des Vorhabens

Von Januar 2021 bis Dezember 2024 wurde vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr das Projekt AORTA gefördert. Das Ziel dieses Projektes ist es, die Bildung einer Rettungsgasse auf Grundlage von Automatisierung, Vernetzung und KI-Methoden zu erforschen und in Kaiserslautern prototypisch zu erproben. Dazu entwickelt das Projekt AORTA eine dezentrale Datenplattform, auf welcher eine KI die Entscheidungen für kooperative Fahraufgaben trifft und den Fahrzeugen entsprechend mitteilt. Erforderliche statische und dynamische Informationen über die Verkehrslage werden infrastrukturseitig eingebunden.

Das Forschungsprojekt HALI ist ein vom BMDV gefördertes Projekt zur Unterstützung des GALILEO-Public Regulated Service (GALILEO-PRS). GALILEO-PRS ist ein speziell geschütztes und verschlüsseltes Navigationssignal für staatlich autorisierte zivile Nutzer. Das System ist ein Satellitennavigationssystem, welches mit dem U.S.-amerikanischen Global Positioning System (GPS) vergleichbar ist. Das Forschungsprojekt hatte eine Laufzeit von Juli 2017 bis Dezember 2023. Die Abkürzung HALI kommt aus dem Finnischen „HälytysAjoneuvojen LiiKENNEVALOETUudet“ und bedeutet übersetzt „LSA-Steuerungen für Einsatzfahrzeuge“. Das Satellitennavigationssystem GALILEO-PRS soll eine präzise Ortung der Rettungsfahrzeuge der Feuerwehr und Polizei Berlin ermöglichen. Die genauen Positionsdaten werden dann dazu genutzt, die LSA entlang der Route zu schalten und diese Fahrzeuge auf einer Alarmfahrt zu bevorzugen. Die Bevorzugung der Fahrzeuge ermöglicht eine schnelle und sichere Fahrt zu den Einsatzstellen. Erprobt wurde das System in einem Testfeld in Berlin-Moabit

FAST ist ein C-ITS aus Japan. Es ermöglicht Rettungsfahrzeugen die Überquerung eines LSA-geregelten Knotenpunktes bei grün. Umgesetzt wird das System über Infrarotdetektoren, die sich im direkten Umfeld der LSA befinden. Detektieren diese ein Rettungsfahrzeug, so wird entweder die Freigabezeit der LSA verlängert oder die Rotzeit verkürzt, sodass das Fahrzeug in der Grünphase passieren kann, um die Nutzung der Sonder- und Wegerechte zu vermeiden. Ist eine Bevorzugung durch diese Ansätze nicht möglich, die LSA aufgrund zu kurzer Vorlaufzeiten entsprechend zu schalten, so muss das Rettungsfahrzeug mit den Sonder- und Wegerechten den Knotenpunkt passieren. Die Detektoren wurden entsprechend der vorhandenen Infrastruktur montiert. Die Abstände zwischen Detektor und LSA variieren somit an den Knotenpunkten. Mit dem System konnte in den Städten Tokyo und Okayama die Querungszeit der LSA-geregelten Knotenpunkte für Rettungsfahrzeuge um 14 % reduziert werden (vgl. Sumitomo Electric System Solutions Co., Ltd. 2025).

TEMPUS ist ein Forschungsprojekt des DLR mit dem Mobilitätsreferat der bayerischen Landeshauptstadt München als Konsortialführer. Das Projekt lief im Zeitraum vom 01.01.2021 bis zum 30.06.2023 und verfolgte das Ziel, „[...] die realitätsnahe Erprobung von

automatisierten und vernetzten Fahrzeugen (AVF) des Motorisierten Individualverkehrs (MIV) und des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) im realen Verkehrsgeschehen.“ (Bundesministerium für Digitales und Verkehr 2025) zu erproben. Im Rahmen des Projektes wurden neben anderen Use-Cases auch die Bevorrechtigung von Rettungsfahrzeugen an LSA durch den Einsatz von C-ITS erforscht und erprobt. Über eine OBU wird ein Signal an die RSU der LSA versendet. Diese schaltet die LSA priorisiert für das anfahrende Rettungsfahrzeug auf Grün und für alle anderen Verkehrsteilnehmer auf Rot. Die Umsetzung erfolgt RiLSA-konform und wurde unter anderem auch durch Fahrzeuge der Polizei erprobt (vgl. Landesbaudirektion Bayern 2022).

Im Rahmen des Abschlussevents zum 5G Reallabor erfolgte ein Austausch mit dem Projekt 5G DOS Fire. Ziele des Projektes sind u.a. der Aufbau einer ad-hoc 5G Campuszelle für Einsätze, in der Komponenten (z.B. Drohnen oder Erkundungsroboter) Daten austauschen können. Das Projekt 5G DOS Fire entwickelt dazu die 5G Funktechnologie entsprechend weiter. Die Leitung des Projekts liegt beim Institut für Feuerwehr- und Rettungswesen (IFR) der Feuerwehr Dortmund. Die Feuerwehr Braunschweig steht seit längerem in engem Kontakt mit dem IFR, sodass weiterhin ein Austausch mit dem Projekt 5G DOS Fire besteht.

7 Erfolge und geplante Veröffentlichungen

Folgende Paper wurden bei der TRA 2026 eingereicht:

Xhoxhi, E.; Dolos, K.; Winter, C.; Tanrikulu, C.; Schade, J.; Ahmeti, L.; Stumpf, T.-D.; Ruppe, S.:
Enhancing Road Rescue Operations through Gaia-X Services: Insights from the Gaia-X 4 AMS
Project

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Autonomes Fahrzeug in einer Baustellensituation	3
Abbildung 2: Fahrzeuge halten vor einem Unfallfahrzeug an.	4
Abbildung 3: Klassifizierung der Anwendungsfälle und Verknüpfung untereinander.	16
Abbildung 4: Ausschnitt der Weboberfläche zur Anforderungserhebung.	19
Abbildung 5: Beauftragung des Ausbaus der straßenseitigen Infrastruktur durch Erweiterung der Lichtsignalanlagen mit Komponenten zur Fahrzeug-zu-Fahrzeug Kommunikation.....	27
Abbildung 6: Überfahr- und Überhol szenarien für den Knotenpunkt K001 Wendenring / Hamburger Str. in Braunschweig.	28
Abbildung 7: Demonstration der Rettungsgassenbildung auf dem Abschlussevent. Links: Bildung der Rettungsgasse durch Versuchsträger von DLR und Capgemini, Rechts: Steve-Mast als Infrastruktureinheit. Zur Verfügung gestellt vom © DLR.	31
Abbildung 8: Rollenbeziehungen im AMS-Datenraum.	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abgedeckte Schwerpunktthemen der Programmsäule AVF aus dem NFST Programm durch Gaia-X 4 AMS.....	5
Tabelle 2: Ziele des AP 5.1.....	13
Tabelle 3: vorgesehene Ziele des AP 5.2.....	20
Tabelle 4: Vorgesehene Ziele des AP 5.3.	24
Tabelle 5: Vorgesehene Ziele im AP 5.5.	29

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Gaia-X 4 Advanced mobility services (GAIA X 4 AMS) - Abschlussbericht Feuerwehr Braunschweig	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Stumpf, Tim-Daniel Jürgen	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.05.2025
	6. Veröffentlichungsdatum 02.12.2025
	7. Form der Publikation Report
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Stadt Braunschweig Fachbereich Feuerwehr Feuerwehrstraße 11-12 38114 Braunschweig	9. Ber. Nr. Durchführende Institution -/-
	10. Förderkennzeichen 19S21004N
	11. Seitenzahl 52
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) 53107 Bonn	13. Literaturangaben 9
	14. Tabellen 5
	15. Abbildungen 8
16. Zusätzliche Angaben -/-	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) -/-	
18. Kurzfassung <p>Mit Gaia-X soll ein weltweit wettbewerbsfähiges offenes digitales Ökosystem entstehen, welches es ermöglicht, Unternehmen und Geschäftsmodelle aus Deutschland bzw. Europa heraus zu vermarkten und anzuwenden. Dabei steht die digitale Souveränität, als auch die Skalierungsfähigkeit für Dienste- und Plattform-Anbieter im Vordergrund und stellt die Basis für eine Vielzahl von Anwendungsgebieten dar. Ziel ist eine sichere und vernetzte Dateninfrastruktur, die den höchsten Ansprüchen an digitale Souveränität genügt und Innovationen fördert. In einem offenen und transparenten digitalen Ökosystem sollen Daten und Dienste verfügbar gemacht, zusammengeführt und vertrauensvoll geteilt werden können. Damit bietet Gaia-X Schlüsselbausteine für Mobilitätsprodukte, -Anwendungen und -Mehrwertdienste unter Nutzung der gleichen Basisinfrastruktur, die stets eine bedarfsgerechte Zusammenstellung der jeweils benötigten Daten/Dienste in Passung sowohl zum Anforderungsprofil als auch der aktuellen Marktlage im Edge/Cloud-Umfeld ermöglicht. Gaia-X 4 AMS kann auf diesen, parallel erfolgenden Entwicklungen aufbauen, um Interoperabilität und Transparenz bei der Entwicklung der entstehenden Ökosysteme herzustellen.</p> <p>Die Projektfamilie „Gaia-X 4 Future Mobility“ fokussiert auf die Entwicklung zukünftiger Mobilitätsanwendungen mit hoher Produktnähe, bei denen die Vernetzung mit Hersteller, Zulieferer, Dienstleister und Nutzer essenziell ist. Hierfür bietet Gaia-X eine herausragende Basis und ist Bestandteil aller Projekte der Projektfamilie. Die Gaia-X Domäne Mobilität erarbeitet in fünf Themenclustern neue Ansätze zur Entwicklungsunterstützung bzw. Produktion, der Mobilität selbst und den hiermit verknüpften Anforderungen an IT-basierte Hintergrundsysteme auf Grundlage von Gaia-X. Das Ergebnis sind jeweils Demonstratoren, mit hoher Praxisnähe. Diese sollen entsprechend im Rahmen der Projektfamilie „Gaia-X 4 Future Mobility“ in fünf neuen Projekten umgesetzt werden. Dabei soll das bereits im Aufbau befindliche Daten und Dienste-Ökosystem von Gaia-X stets genutzt und bedarfsgerecht erweitert werden.</p> <p>Der sich im Aufbau befindliche Datenraum Mobilität soll die Entwicklung Mobilitätsangebote vorantreiben und die Transformation des Mobilitätssektors unterstützen. Dabei sollen die Mobilitätsdaten von verschiedenen Entitäten (z.B. ÖPNV, Individualverkehr, Schienenverkehr, Luftfahrt, Kommunen und Plattformbetreibern) in einem Datenraum verfügbar gemacht werden. Ziel ist die Schaffung einer Basis für ein verkehrsträgerübergreifendes intermodales Mobilitätssystem. In der aktuellen Phase beteiligen sich private und öffentliche Mobilitätsanbieter, Infrastrukturbetreiber, die Automobil- und Datenwirtschaft sowie die Politik an der Konzeptionierung, mit dem Ziel, erste Demonstratoren zum ITS World Congress 2021 in Hamburg zu präsentieren. Die erste Umsetzung des Datenraums Mobilität basiert auf einer Implementation der International-Data-Spaces-Komponenten, die im Kern schon vor Gaia-X vorhanden war, aber andererseits nur einen Teil der Gaia-X-Funktionen abdeckt. Der Fokus des Datenraums liegt mehr auf Basisdaten und nicht auf höherwertigen Diensten, wie sie in Gaia-X und in diesem Vorhaben der Fokus sind. Der Datenraum Mobilität ist somit ein Datenlayer, der unterhalb der Gaia-X Dienste zu verorten ist und Daten zur Verfügung stellt.</p>	

Die Association for Standardization of Automation and Measuring Systems (ASAM) entwickelt Standards für das Simulieren und Testen autonomer Fahrfunktionen. Diese Standards ermöglichen die Wiederverwendung bereits errungener Fortschritte insbesondere auch für kleinere Unternehmen, die keine umfängliche und komplexe Implementation der benötigten Grundlagen stemmen können. Unter anderem organisiert ASAM die Projekte OpenDrive, OpenScenario und OpenLabel, die sich mit Kartenstandard, mit der Beschreibung und dem Kategorisieren von Szenarien beschäftigt respektive den Labelling- und Annotationsprozessen beschäftigen. Weiterhin befindet sich mit OpenODD ein weiteres Projekt in der Entwicklung, in dem standardisierte Wege zum formalen Austausch von Operational Design Domains von automatisierten Fahrzeugen diskutiert werden. Das Projekt Gaia-X 4 Advanced Mobility Services kann durch die Beachtung der von ASAM entwickelten Standards insofern mannigfaltig profitieren, als dass die Ergebnisse der von den ASAM-Projekten behandelten Fragestellungen verwertet werden können. Ferner werden die in Gaia-X 4 Advanced Mobility Services erzielten Ergebnisse durch die Einhaltung vielerseits anerkannter Standards an Nachhaltigkeit gewinnen. Gaia-X 4 Advanced Mobility Services steht damit in direkter Synergie zur genannten Initiative.

Gefördert vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) verfolgt das 5G-Reallabor Braunschweig Wolfsburg die Erforschung und lebendige Darstellung des praxisnahen Bedarfs und der Einsatzmöglichkeiten von 5G als Schlüsseltechnologie im Kontext einer Smart Region/Smart City. Die Förderung des Projekts erfolgt im Rahmen des 5G-Innovationsprogramms des BMVI mit dem Ziel, Deutschland als Leitmarkt für 5G-Anwendungen zu etablieren. In insgesamt 12 Teilprojekten finden innerhalb der Anwendungsfelder Mobilität (Straße, Schiene, Luft), eHealth und Smart Construction sowie in technologieorientierten Querschnittsaktivitäten die Erprobungen statt. Beispielhaft seien hier die Arbeiten in den Teilprojekten Rettungsmobilität, Rettungsdrohne und der Entwicklungen der Serviceschicht genannt. Die 5. Generation des Mobilfunks (5G) stellt ein alternatives Kommunikationssystem im Vergleich zu bisherigen mobilen Kommunikationsstandards dar. Innerhalb des Teilprojektes soll mit Hilfe von 5G die Fahrzeit von Rettungsfahrzeugen mit Blaulicht und Sirene optimiert sowie das Unfallrisiko während einer Einsatzfahrt minimiert werden. Dabei sollen die Rettungskräfte insbesondere an Straßenkreuzungen mit Ampeln durch die Echtzeit-Kommunikation via 5G intelligent priorisiert werden. Das Teilprojekt Rettungsdrohne widmet sich der Problemstellung, dass der Einsatzleiter der Feuerwehr die Situation des Einsatzes erst richtig einschätzen kann, wenn er oder ein professioneller Ersthelfer vor Ort ist. Um diese Zeit zu verkürzen, soll bei Bedarf eine Rettungsdrohne automatisch zum Unfallort losfliegen, um Video-Livestreams (optisch und thermal) direkt an den Einsatzleiter und die Rettungsleitstelle der Feuerwehr zu senden. Eine Objekterkennung ermöglicht das automatische Erfassen von Fahrzeugen, Personen sowie Gefahrenhinweisen und hilft, schnell einen geordneten Überblick über die Situation zu erlangen. 5G ermöglicht durch die hohe Datenrate hochaufgelöste Bilder, die für eine zuverlässige Objekterkennung und deren Annotation erforderlich ist. Zudem ist durch garantierte, auch temporäre Zuteilung von definierten Frequenzbereichen eine hohe Verfügbarkeit der Konnektivität bzw. der Datenübertragung in beide Richtungen gewährleistet. Neben einer 5G-Mobilfunknetz-Abdeckung braucht es für die Entwicklung und Implementierung der Anwendungsfälle des 5G-Reallabors und darüber hinaus eine spezifische Entwicklungs- und Produktivumgebung. Sie dient dem Projektkonsortium für Entwicklung, Test, Deployment, Probetrieb und Evaluation von B2B- oder B2G-Services und lässt als offene Plattform zu, weitere Anwendungsfälle niederschwellig zu integrieren und umzusetzen. Somit stellt die 5G-Serviceschicht, bestehend aus einer spezifischen Architektur und deren Umsetzung im DLR-Backend sowie die Hintergrunddienste und definierten Schnittstellen ein Herzstück des 5G-Reallabors zur Vernetzung von Feldelementen wie Fahrzeugen, Infrastrukturelementen, Datenplattformen und Diensten dar. Gaia-X 4 AMS baut auf den in dem Projekt genutzten Basistechnologien auf, nutzt diese jedoch in anderer Weise und ist nicht auf die 5G-Technologie begrenzt.

In urbanen Gebieten verhindern dichter Verkehr und Baustellen ein zügiges Durchkommen von Sicherheits- und Rettungskräften. Zudem stellen rote Ampeln und der Querverkehr an Kreuzungen eine zusätzliche Gefahrenquelle dar. Auch die Bildung einer Rettungsgasse gestaltet sich bei stehendem Verkehr äußerst schwierig. Genau hier setzte das Projekt „Optimierte Routenführung für Sondereinsatzkräfte unter Zuhilfenahme von Verkehrsvorhersagen, kooperativer Infrastruktur und Verkehrssteuerung“ – SIRENE – an. Das Projekt hatte zum Ziel die Einsatzfahrten von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) schneller und sicherer zu gestalten. Mithilfe von Technologien der Verkehrslageerfassung, -verarbeitung, -prognose und -steuerung wurden bestehende Daten ausgewertet und neue Informationen erfasst. Der Einbezug historischer Mobilitätsdaten als auch aktueller Verkehrslagen hat die Vorhersage einer optimalen Streckenführung ermöglicht. Des Weiteren wurde geprüft, ob durch die Vernetzung von Einsatzfahrzeugen mit der Straßenverkehrstechnik sowie den Leitstellen eine Bevorrechtigung von Einsatzfahrzeugen an ausgesuchten Ampeln – bis hin zur Grünen Welle – umgesetzt werden kann. Dazu wurden im Stadtbereich Braunschweig zwei unterschiedliche Ansätze von Priorisierungssystemen umgesetzt und evaluiert. Der dezentrale Ansatz kommuniziert über V2X-Nachrichten und ein LTE-Backend direkt mit den LSA. Die LSA wird dabei über eine Schnittstelle der Road-Side-Unit (RSU) beeinflusst. Der zentrale Ansatz arbeitet dabei über den Verkehrsrechner der Stadt Braunschweig. Im Sinne einer Wiederverwendung/ Nutzung von Projektergebnissen, werden die Arbeiten von SIRENE aufgerufen und auf Gaia-X 4 AMS adaptiert und erweitert. Für das Projekt Gaia-X wird der dezentrale Ansatz verwendet. Das SIRENE System ermöglicht den BOS-Fahrzeugen eine ungestörte und sichere Überfahrt an den priorisierten LSA. Dazu wird die Route der Fahrzeuge in die zeitliche und räumliche Priorisierung mit einbezogen. Auf der Route wird eine grüne Welle für die BOS-Fahrzeuge erzeugt. Zudem wird die Verkehrslast verringert indem Verkehrsteilnehmern auf der Route ein abfließen ermöglicht wird. Zu fließender Verkehr wird an den LSA solange die Einfahrt auf die Route untersagt, bis die BOS-Fahrzeuge diesen Knoten passiert haben. An höher ausgelasteten Knoten ist eine Überholstrategie entwickelt worden, zur weiteren Verringerung der Verkehrslast.

Das Projekt TransAID, welches im Frühling des Jahres 2021 abgeschlossen wurde, untersuchte insbesondere für automatisierte Fahrzeuge kritische Bereiche. Diese Bereiche zeichnen sich dadurch aus, dass automatisierte Fahrzeuge nicht in der Lage sind, diese zu passieren und somit, wenn verfügbar, eine Transition der Kontrolle zum Fahrenden durchführen müssen. Transitionen, insbesondere nicht erfolgreiche, in denen das automatisierte Fahrzeug ab Level 4 einen sicheren Zustand beibehalten muss und somit in den Stand bremst, haben einen starken negativen Effekt auf die Effizienz und Sicherheit im Straßenverkehr. Ziel des Projektes war es daher insgesamt, Transitionen an vorher bekannten Orten, an denen sich diese häufen (z.B. Tunneleinfahrten, Baustellenbeginn, Beginn von Straßenabschnitten mit fehlenden Spurmarkierungen), durch infrastrukturbasierte Services und ITS-G5-Kommunikation zu verhindern oder die Wirkung zu verringern. Hierzu wurden beispielsweise temporär und bedarfsgerecht Spurtypen umklassifiziert (z.B. Standstreifen zu Fahrstreifen umdeklariert), Pfade durch Baustellen verteilt, individuelle Spurhinweise gegeben oder Bereiche für sichere und nicht-behindernde Minimum Risk Maneuver bereitgestellt. Eine im Projekt jedoch nicht gelöste Problematik war die Prüfung, ob ein automatisiertes Fahrzeug eine gegebene Situation passieren können wird oder nicht. Diese Komponente, sowie die weitere Vernetzung zusätzlicher Datenquellen oder auch die Kommunikation über ITS-G5 hinaus waren nicht Inhalt des Projektes, sind aber nun Teil von Gaia-X4AMS.

Innovative und zukunftsweisende Fahrzeug- und Mobilitätstechnologien, insbesondere Automatisierung und Vernetzung, sind in hohem Maße auf sichere, zuverlässige und gleichzeitig flexible Daten- und Dienste-Strukturen angewiesen. Sicherheitskritische Systeme im Besonderen stellen hohe Anforderungen an die Souveränität, Verfügbarkeit und Echtzeitfähigkeit der zugrundeliegenden digitalen Infrastruktur. Aus diesem Grund ist der Aufbau eines umfassenden, diese Anforderungen jederzeit

erfüllenden Systems kritisch für die Einführung neuer, digitaler Mobilitätskonzepte. Ziel des Projekts GAIA-X 4 AMS ist die Umsetzung innovativer, sicherheitskritischer Mobilitätsanwendungen auf Grundlage des Daten- und Dienste-Ökosystems GAIA-X. Es soll aufgezeigt werden, welche Komponenten in GAIA-X aufgebaut und erweitert werden müssen, um bislang getrennte Verkehrs-Domänen technologisch miteinander zu verknüpfen. Der Fokus liegt dabei auf der Vernetzung und Kooperation automatisierter Fahrzeuge mit dem umgebenden Gesamtverkehrssystem. Über die Vernetzung verschiedener relevanter Akteure und den Aufbau eines sicheren und souveränen Datensystems soll die Verkehrssicherheit sowie die Effizienz und Transparenz des Verkehrssystems erhöht werden. Dabei orientieren sich die Entwicklungen maßgeblich an zwei Anwendungsfällen: im Use Case „Sichere Koordination von automatisierten Fahrzeugen“ steht die Koordination spezifischer Betriebsbereiche automatisierter Fahrzeuge (Operational Design Domain, ODD) im Fokus. Der Anwendungsfall „Vernetzter und sicherer Rettungskorridor“ nutzt die Ergebnisse des ersten Use Cases bei der intelligenten Vernetzung und Koordination von Fahrzeugen und Infrastruktur am Beispiel der Rettungsmobilität.

Das Projekt gliedert sich in die fünf inhaltlichen Teilprojekte TP 1 „GAIA-X Framework“, TP 2 „Infrastruktur Ökosystem“, TP 3 „Daten- und Dienste-Ökosystem“, TP 4 „Sichere Koordination von autonomen Fahrzeugen“ und TP 5 „Vernetzter und sicherer Rettungskorridor“. Sie werden um ein sechstes Teilprojekt (TP6) zum Austausch innerhalb der GAIA-X-Projektfamilie und zur operativen, taktischen und strategischen Steuerung auf Gesamtprojektebene ergänzt. Ausgehend von der gemeinsamen Zielsetzung in GAIA-X 4 AMS ist die Feuerwehr Braunschweig (FWBS) primär im TP 5 vertreten. Die FWBS übernimmt hier die Leitung des APs "Anforderungsmanagement und Architektur). Damit soll sichergestellt werden, dass die zu entwickelnden Dienste den Anwenderbedürfnissen entsprechen. Um eine einheitliche Basis für die späteren Entwicklungen zu schaffen werden hier im ersten Schritt Szenarien diskutiert und per UML festgehalten. Aus diesen Szenarien werden die Anforderungen an die Dienste abgeleitet und Metriken für die spätere Validierung und Evaluation festgelegt. Dem entsprechend bilden die Szenarien unmittelbar die Basis für die abschließenden Systemevaluationen und Demonstrationen. Neben dem AP "Anforderungsmanagement" beteiligt sich die FWBS mit geringerem zeitlichem Aufwand am AP "Datengenerierung und Algorithmen zur Situationserfassung". Hier ist geplant, dass auch Fahrzeuge der Stadt BS und/oder der FWBS mit Kameras zur Datenerfassung ausgestattet werden. Im AP "Vernetzter Rettungskorridor" das System in die bestehenden Systeme (Leitstelle, Feuerwehrfahrzeuge, etc.) integrieren. In diesem AP erfolgt auch die Beauftragung und anschließende Begleitung des Auftrags zum Ausbau der straßenseitigen Infrastruktur. Zuletzt beteiligt sich die FWBS im AP "Demonstration und Validierung", indem das System am Beispiel der FWBS evaluiert wird. Auch stellt die FWBS die Fahrzeuge und Infrastruktur für die Abschlusspräsentation. Zuletzt ist die FWBS im TP6 zur Ergebnisverbreitung vertreten.

Das Projekt Gaia-X 4 AMS hat gezeigt, wie mit Hilfe eines dezentralen Datenökosystems nach den Regeln von Gaia-X spezifische Mobilitätsdienste umgesetzt werden und welche Komponenten hierzu in Gaia-X zu realisieren sind. Zu Projektbeginn standen die grundlegenden Mechanismen von Gaia-X zur Verfügung. Es fehlte jedoch an praktischen Erfahrungen in der Umsetzung von dezentralen Datenräumen im Kontext des automatisierten Fahrens und der Rettungsmobilität. Die Projektergebnisse haben gezeigt, dass ein dezentraler Datenraum, der Gaia-X für das automatisierte Fahren nutzt, technisch machbar ist. Es besteht jedoch insbesondere in Hinblick auf die Interoperabilität und die Komplexität in der Interaktion von Serviceangeboten noch Weiterentwicklungsbedarf. Die Projektergebnisse deuten darauf hin, dass mit dezentralen Datenökosystemen grundsätzlich tragfähige Geschäftsmodelle entwickelt werden können. Dennoch sind weitere Entwicklungen im Hinblick auf die Interoperabilität und die Komplexität der Daten- und Service-Interaktionen innerhalb des Datenraums erforderlich. Um die Zugänglichkeit und Marktfähigkeit von digitalen Mobilitätsdiensten, die über einen dezentralen Datenraum angeboten werden, zu verbessern, ist ein kommerziell betriebener Datenraum unerlässlich. Dieser sollte die Nachfrage der Interessengruppen nach nahtlosem Datenzugang und anspruchsvollen Interaktionen zwischen verschiedenen Diensten befriedigen.

Im Projektverlauf gab es viele parallele technologische Entwicklungen in Bezug auf Technologie-Stacks und Initiativen, die Datenräume aufgesetzt haben. Technologie-Stacks beinhalten u.a. Konnektoren, über die die Anbindung an die Datenräume erfolgt. Sie unterscheiden sich im Code und Leistungsumfang. Wichtigste Beispiele sind die Eclipse Data Space Components (EDC), Tractus X (open Source Erweiterungen des EDC) und XFSC. Als Datenräume hingegen werden Datenökosysteme bezeichnet, in denen nach vorgegebenen Regeln der Zugriff auf die Daten über Konnektoren erfolgt. Die Datenräume sind auf spezifische Technologie-Stacks aufgebaut und wurden von verschiedenen Domänen initiiert. Beispiele sind Catena-X (Automotive), Rail-X (Schiene) oder Pontus-X (Luftfahrt). Das Projekt Gaia-X 4 AMS hat den EDC genutzt, um einen projektspezifischen (d.h. nur für Projektzwecke nutzbaren) Datenraum aufzubauen. Um den Zugang zum Datenraum zu erleichtern (Onboarding-Prozess) wurde die Dienstleistung EDC-as-a-Service entwickelt, der alle notwendigen Schritte für das Onboarding enthält. Der Service war im Rahmen des Projekts in einer Entwicklungsumgebung im Einsatz – inklusive Anbindung an das offizielle Gaia-X Digital Clearing House und integriertem Datenraum. Während des Projektverlaufs wurde der Funktionsumfang für die beiden Use Cases erweitert (z.B. MQTT Unterstützung). Die Dienstleistung soll nach Projektende in Richtung Tractus-X ausgebaut werden, um die dortigen Open Source Erweiterungen mit aufzunehmen. Darüber hinaus entstanden im Projekt Erweiterungen von grundlegenden Datenraumtechnologien, die Zusatznutzen bieten. Ein Beispiel stellt das Logging für die forensische Nachweisführung dar, um einen dauerhaften Nachweis von Vorgängen und Ereignissen zu ermöglichen, z.B. bei vertragsrechtlichen Streitigkeiten. Darüber hinaus wurden mit Atlas-X erfolgreich Digitale Identitäten implementiert. Atlas-X wurde dabei auch in Use-Cases integriert und mit Hilfe einer Erweiterung an den EDC angebunden. Das Projekt Gaia-X 4 AMS hat vielfältige Dienste zur Datenerfassung und Weiternutzung von Daten entwickelt. Die Erprobung der entwickelten Dienste und Services erfolgte im Kontext der beiden Use Cases aus dem Bereich des automatisierten Fahrens und der Rettungsmobilität. Hierbei konnten mehrere Erkenntnisse gewonnen werden. Die Verteilung von Informationen von einem Sender in eine Richtung mit mehreren Empfängern konnten aus technischer Sicht gut über EDC-as-a-Service umgesetzt werden. Aktuelle Grenzen in der technologischen Umsetzbarkeit wurden bei der Nutzung von Services mit komplexem Interaktionsmuster gesehen. Bei der Umsetzung ist es entscheidend, dass die Anforderungen der individuellen Use Cases gut in die Gaia-X Architektur übersetzt werden können. Hierzu wird eine gute Begleitung insbesondere für Unternehmen mit wenig Gaia-X Erfahrung benötigt. Die Analyse des Zusammenspiels verschiedener Akteure in einem dezentralen Datenökosystem zeigt, dass neue Rollen z.B. zur Datenvermittlung und damit auch neue Geschäftsmodelle durch Datenökosysteme entstehen können. Bei einem höheren Durchsetzungsgrad mit automatisierten und vernetzten Fahrzeugen gewinnt das Rettungsgassenbildungssystem zunehmend an Bedeutung. Hier sind die Systeme praxistauglich weiterzuentwickeln, sodass z.B. die Bildung der Rettungsgasse durch automatisierte Fahrzeuge ähnlich schnell abläuft, wie im manuell gefahrenen Fahrzeug mit einem erfahrenen Fahrer. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

19. Schlagwörter

Gaia-X4, C-ITS, Rettungsgasse, V2X, Automobiltechnik

20. Verlag

-/-

21. Preis

-/-

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN planning	2. type of document (e.g. report, publication) report
3. title Gaia-X 4 Advanced mobility services (GAIA X 4 AMS) – report of the fire department Braunschweig	
4. author(s) (family name, first name(s)) Stumpf, Tim-Daniel Jürgen	5. end of project 31.05.2025
	6. publication date 02.12.2025
	7. form of publication report
8. performing organization(s) (name, address) Stadt Braunschweig Fachbereich Feuerwehr Feuerwehrstraße 11-12 38114 Braunschweig	9. originator's report no. -/-
	10. reference no. 19S21004N
	11. no. of pages 52
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) 53107 Bonn	13. no. of references 9
	14. no. of tables 5
	15. no. of figures 8
16. supplementary notes -/-	
17. presented at (title, place, date) -/-	
<p>18. abstract</p> <p>The objective of Gaia-X is to create a globally competitive, open digital ecosystem that enables the marketing and application of companies and business models from Germany and Europe. The focus is on digital sovereignty as well as scalability for service and platform providers, forming the basis for a multitude of application areas. The goal is a secure and networked data infrastructure that meets the highest standards of digital sovereignty and promotes innovation. In an open and transparent digital ecosystem, data and services should be made available, aggregated, and shared in a trustworthy manner. Thus, Gaia-X provides key building blocks for mobility products, applications, and value-added services using the same basic infrastructure. This allows for a demand-oriented composition of the required data/services, matching both the requirements profile and the current market situation in the Edge/Cloud environment. Gaia-X 4 AMS can build on these parallel developments to establish interoperability and transparency in the development of emerging ecosystems.</p> <p>The project family "Gaia-X 4 Future Mobility" focuses on the development of future mobility applications with high product proximity, where networking with manufacturers, suppliers, service providers, and users is essential. Gaia-X provides an outstanding foundation for this and is an integral part of all projects within the family. Within five thematic clusters, the Gaia-X Mobility Domain develops new approaches for development support, production, mobility itself, and the associated requirements for IT-based background systems based on Gaia-X. The results are highly practical demonstrators, which are to be implemented in five new projects within the "Gaia-X 4 Future Mobility" framework. The data and service ecosystem of Gaia-X, which is already under construction, will be continuously utilized and expanded as needed.</p> <p>The Mobility Data Space, currently under development, aims to drive the creation of mobility offerings and support the transformation of the mobility sector. Mobility data from various entities (e.g., public transport, individual traffic, rail transport, aviation, municipalities, and platform operators) will be made available in a single data space. The goal is to create a basis for a cross-modal, intermodal mobility system. In the current phase, private and public mobility providers, infrastructure operators, the automotive and data industries, and political stakeholders are involved in the conceptual design, with the aim of presenting the first demonstrators at the ITS World Congress 2021 in Hamburg. The initial implementation of the Mobility Data Space is based on an implementation of International Data Spaces (IDS) components, which existed in core form before Gaia-X but only cover a portion of Gaia-X functions. The focus of the data space is more on basic data rather than higher-value services, which are the focus of Gaia-X and this project. The Mobility Data Space is thus a data layer situated below the Gaia-X services, providing the necessary data.</p>	

The Association for Standardization of Automation and Measuring Systems (ASAM) develops standards for the simulation and testing of autonomous driving functions. These standards enable the reuse of progress already achieved, particularly for smaller companies that cannot handle a comprehensive and complex implementation of the required foundations. Among others, ASAM organizes the projects OpenDrive, OpenScenario, and OpenLabel, which deal with map standards, the description and categorization of scenarios, and labeling and annotation processes, respectively. Furthermore, OpenODD is under development, a project discussing standardized ways for the formal exchange of Operational Design Domains (ODD) for automated vehicles. The Gaia-X 4 Advanced Mobility Services project can benefit in manifold ways by adhering to the standards developed by ASAM, as the results of the issues addressed by ASAM projects can be utilized. Furthermore, the results achieved in Gaia-X 4 AMS will gain sustainability through compliance with widely recognized standards. Gaia-X 4 AMS is thus in direct synergy with this initiative.

Funded by the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI), the 5G Living Lab Braunschweig-Wolfsburg pursues the research and vivid demonstration of practical needs and application possibilities of 5G as a key technology in the context of a Smart Region/Smart City. The project is funded as part of the BMVI's 5G innovation program with the goal of establishing Germany as a lead market for 5G applications. Testing takes place in a total of 12 sub-projects within the application fields of mobility (road, rail, air), eHealth, and Smart Construction, as well as in technology-oriented cross-sectional activities. Examples include work in the sub-projects "Emergency Mobility," "Rescue Drone," and the development of the service layer. The 5th generation of mobile communications (5G) represents an alternative communication system compared to previous mobile standards. Within the sub-project, 5G is to be used to optimize the travel time of emergency vehicles using blue lights and sirens and to minimize the risk of accidents during emergency runs. Emergency forces are to be intelligently prioritized, particularly at intersections with traffic lights, via real-time communication through 5G. The "Rescue Drone" sub-project addresses the problem that fire department incident commanders can only properly assess a situation once they or professional first responders are on-site. To shorten this time, a rescue drone is to automatically fly to the accident site upon request to send live video streams (optical and thermal) directly to the incident commander and the fire department dispatch center. Object recognition enables the automatic detection of vehicles, persons, and hazard warnings, helping to quickly gain an organized overview of the situation. Due to high data rates, 5G enables high-resolution images required for reliable object recognition and annotation. Additionally, high availability of connectivity and bidirectional data transmission is guaranteed through the guaranteed, even temporary, allocation of defined frequency ranges. In addition to 5G coverage, a specific development and production environment is required for the implementation of the 5G Living Lab use cases. It serves the project consortium for development, testing, deployment, trial operation, and evaluation of B2B or B2G services and, as an open platform, allows for the low-threshold integration of further use cases. Thus, the 5G service layer, consisting of a specific architecture and its implementation in the DLR backend, as well as background services and defined interfaces, represents a centerpiece of the 5G Living Lab for networking field elements such as vehicles, infrastructure elements, data platforms, and services. Gaia-X 4 AMS builds on the basic technologies used in that project but utilizes them in a different way and is not limited to 5G technology.

In urban areas, heavy traffic and construction sites prevent security and emergency forces from making rapid progress. Furthermore, red lights and cross-traffic at intersections pose additional hazards. Forming an emergency corridor (Rettungsgasse) is also extremely difficult in stationary traffic. This is precisely where the project "Optimized Route Guidance for Special Emergency Forces using Traffic Forecasts, Cooperative Infrastructure, and Traffic Control" (SIRENE) came in. The project aimed to make emergency runs by authorities and organizations with security tasks (BOS) faster and safer. Using technologies for traffic situation detection, processing, forecasting, and control, existing data was evaluated and new information was captured. The inclusion of historical mobility data and current traffic situations enabled the prediction of optimal routing. Furthermore, it was examined whether prioritizing emergency vehicles at selected traffic lights—up to a "Green Wave"—could be implemented by networking emergency vehicles with road traffic technology and dispatch centers. Two different approaches to prioritization systems were implemented and evaluated in the Braunschweig city area. The decentralized approach communicates directly with traffic light systems (LSA) via V2X messages and an LTE backend. The LSA is influenced via an interface of the Road-Side-Unit (RSU). The centralized approach works via the city of Braunschweig's traffic computer. In the spirit of reusing project results, the work from SIRENE is being taken up, adapted, and expanded for Gaia-X 4 AMS. The decentralized approach is used for the Gaia-X project. The SIRENE system enables BOS vehicles to pass prioritized LSAs undisturbed and safely. For this purpose, the vehicle's route is included in the temporal and spatial prioritization. A "Green Wave" is generated for BOS vehicles along the route. Additionally, traffic load is reduced by allowing road users on the route to clear the way. Flowing traffic is prohibited from entering the route at the LSAs until the BOS vehicles have passed the node. At more heavily loaded nodes, an overtaking strategy was developed to further reduce traffic load.

The TransAID project, completed in the spring of 2021, investigated critical areas particularly for automated vehicles. These areas are characterized by the fact that automated vehicles are unable to pass them and must therefore perform a transition of control to the driver, if available. Transitions, especially unsuccessful ones where an automated vehicle (Level 4 and above) must maintain a safe state and thus brake to a standstill, have a strong negative effect on efficiency and road safety. The goal of the project was therefore to prevent transitions or reduce their impact at previously known locations where they accumulate (e.g., tunnel entrances, start of construction sites, start of road sections with missing lane markings) through infrastructure-based services and ITS-G5 communication. For this purpose, lane types were reclassified temporarily and as needed (e.g., hard shoulders declared as driving lanes), paths were distributed through construction sites, individual lane guidance was given, or areas for safe and non-obstructive Minimum Risk Maneuvers were provided. However, a problem not solved in the project was checking whether an automated vehicle would be able to pass a given situation or not. This component, as well as the further networking of additional data sources or communication beyond ITS-G5, were not part of the project but are now part of Gaia-X 4 AMS.

Innovative and forward-looking vehicle and mobility technologies, especially automation and networking, rely heavily on secure, reliable, and flexible data and service structures. Safety-critical systems, in particular, place high demands on the sovereignty, availability, and real-time capability of the underlying digital infrastructure. For this reason, the establishment of a comprehensive system that fulfills these requirements at all times is critical for the introduction of new digital mobility concepts. The goal of the project GAIA-X 4 AMS is the implementation of innovative, safety-critical mobility applications based on the GAIA-X data and service ecosystem. It aims to demonstrate which components in GAIA-X must be established and expanded to technologically link previously separate traffic domains. The focus is on the networking and cooperation of automated vehicles with the surrounding overall traffic system. By networking various relevant actors and establishing a secure and sovereign data system, traffic safety as well as the efficiency and transparency of the traffic system are to be increased. The developments are primarily oriented toward two use cases: In the use case "Secure Coordination of Automated Vehicles," the focus is on the coordination of specific operating environments of automated vehicles (Operational Design Domain, ODD). The use case "Connected and Secure Emergency Corridor" utilizes the results of the first use case for the intelligent networking and coordination of vehicles and infrastructure using the example of emergency mobility.

The project is divided into five content-related sub-projects: SP 1 "GAIA-X Framework," SP 2 "Infrastructure Ecosystem," SP 3

"Data and Service Ecosystem," SP 4 "Secure Coordination of Autonomous Vehicles," and SP 5 "Connected and Secure Emergency Corridor." These are supplemented by a sixth sub-project (SP 6) for exchange within the GAIA-X project family and for operational, tactical, and strategic management at the overall project level. Based on the common objective in GAIA-X 4 AMS, the Braunschweig Fire Department (FWBS) is primarily represented in SP 5. The FWBS takes the lead in the Work Package (WP) "Requirements Management and Architecture." This is to ensure that the services to be developed meet user needs. To create a uniform basis for later developments, scenarios are discussed and recorded via UML in the first step. From these scenarios, requirements for the services are derived, and metrics for later validation and evaluation are defined. Accordingly, the scenarios directly form the basis for the final system evaluations and demonstrations. In addition to "Requirements Management," the FWBS participates with a smaller time commitment in the WP "Data Generation and Algorithms for Situation Detection." Here, it is planned that vehicles of the City of Braunschweig and/or the FWBS will be equipped with cameras for data collection. In the WP "Connected Emergency Corridor," the system will be integrated into existing systems (dispatch center, fire engines, etc.). This WP also includes the commissioning and subsequent monitoring of the contract for expanding the roadside infrastructure. Finally, the FWBS participates in the WP "Demonstration and Validation" by evaluating the system using the FWBS as an example. The FWBS also provides the vehicles and infrastructure for the final presentation. Lastly, the FWBS is represented in SP 6 for the dissemination of results.

The Gaia-X 4 AMS project has shown how specific mobility services can be implemented with the help of a decentralized data ecosystem according to the rules of Gaia-X and which components must be realized in Gaia-X for this purpose. At the start of the project, the fundamental mechanisms of Gaia-X were available. However, there was a lack of practical experience in implementing decentralized data spaces in the context of automated driving and emergency mobility.

The project results have shown that a decentralized data space using Gaia-X for automated driving is technically feasible. However, there is still a need for further development, particularly regarding interoperability and the complexity of interactions between service offerings. The project results indicate that viable business models can fundamentally be developed with decentralized data ecosystems. Nevertheless, further developments are required regarding the interoperability and complexity of data and service interactions within the data space. To improve the accessibility and marketability of digital mobility services offered via a decentralized data space, a commercially operated data space is essential. This should satisfy stakeholder demand for seamless data access and sophisticated interactions between different services.

During the course of the project, there were many parallel technological developments regarding technology stacks and initiatives that established data spaces. Technology stacks include, among others, connectors through which the connection to the data spaces occurs. They differ in code and scope of performance. Key examples include the Eclipse Data Space Components (EDC), Tractus-X (open-source extensions of the EDC), and XFSC. Data spaces, on the other hand, are data ecosystems where access to data occurs via connectors according to specified rules. The data spaces are built on specific technology stacks and were initiated by various domains. Examples include Catena-X (Automotive), Rail-X (Rail), or Pontus-X (Aviation). The Gaia-X 4 AMS project used the EDC to build a project-specific data space (i.e., usable only for project purposes). To facilitate access to the data space (onboarding process), the EDC-as-a-Service was developed, which contains all necessary steps for onboarding. The service was in use within a development environment during the project—including a connection to the official Gaia-X Digital Clearing House and an integrated data space. During the project, the functional scope for both use cases was expanded (e.g., MQTT support). After the project ends, the service is to be expanded toward Tractus-X to include the open-source extensions there.

Furthermore, extensions of fundamental data space technologies were created in the project that offer additional benefits. One example is logging for forensic evidence, enabling permanent proof of processes and events, e.g., in the case of contractual disputes. Additionally, digital identities were successfully implemented with Atlas-X. Atlas-X was also integrated into use cases and connected to the EDC via an extension. The Gaia-X 4 AMS project developed various services for data acquisition and reuse. The testing of the developed services took place in the context of the two use cases in automated driving and emergency mobility. Several insights were gained: The distribution of information from one sender in one direction to multiple receivers could be well implemented technically via EDC-as-a-Service. Current limits in technological feasibility were seen when using services with complex interaction patterns. In implementation, it is crucial that the requirements of individual use cases can be well translated into the Gaia-X architecture. This requires good guidance, especially for companies with little Gaia-X experience. The analysis of the interplay between different actors in a decentralized data ecosystem shows that new roles, e.g., for data brokerage, and thus new business models can emerge through data ecosystems. With a higher penetration rate of automated and networked vehicles, the emergency corridor formation system becomes increasingly important. Here, the systems must be further developed for practical use so that, for example, the formation of an emergency corridor by automated vehicles occurs as quickly as in a manually driven vehicle with an experienced driver. There is a further need for research in this area.

19. keywords

Gaia-X4, C-ITS, Emergency lane, V2X, automotiv engineering

20. publisher

-/-

21. price

-/-