Abschlussbericht
Real Driving Validation (RDV)

Teil I: Kurzfassung

Teil II: Eingehende Darstellung

Vorhabenbezeichnung:	Erweiterung der Überprüfbarkeit von Continuous SW Integration in Kommunikation mit Fahrzeugen im Feld
Teilvorhaben:	Vereinheitlichte Datenaufbereitung und Telematik-Middleware für das Task- und Daten-Management zwischen Intelligenten Autonomen Systemen (TelTaKo-S)
Förderkennzeichen:	19A21051G
Laufzeit des Vorhabens:	01.01.2022 bis 30.06.2025
Berichtszeitraum:	01.01.2022 bis 30.06.2025
Projektpartner:	RA Consulting GmbH, Bruchsal

Finanziert von der Europäischen Union
NextGenerationEU

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Teil I, Kurzfassung

1. Aufgabenstellung

Die Aufgabe des Projekts Real Driving Validation (RDV) und insbesondere des von der RA Consulting GmbH geleiteten Teilprojekts TelTaKo-S bestand darin, Methoden zur kontinuierlichen Validierung automatisierter Fahrfunktionen unter realen Einsatzbedingungen zu untersuchen, zu konzipieren und prototypisch umzusetzen. Der Schwerpunkt lag auf der Entwicklung eines Middleware-Systems, das in der Lage ist, die für die Validierung erforderlichen heterogenen, umfangreichen und sicherheitskritischen Daten zu verarbeiten.

Das Teilprojekt war verantwortlich für die Analyse bestehender Standards, die Definition von Kommunikations- und Datenanforderungen, die Erstellung von Systemkonzepten sowie die prototypische Implementierung einer Telematik-Middleware. Die Aufgabenstellung ging dabei deutlich über eine reine Datenaufzeichnung hinaus: Ziel war die Echtzeit-Erfassung, -Übertragung, -Harmonisierung und -Nutzung von Fahrzeugdaten in Test- und Validierungsprozessen. Dazu gehörte auch die Realisierung bidirektionaler Datenflüsse - also nicht nur das Sammeln von Informationen aus dem Fahrzeug, sondern ebenso die Möglichkeit, Befehle oder Warnmeldungen zurück an das Fahrzeug oder an den Operator zu senden.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Projekt wurde im Zeitraum von Januar 2022 bis Juni 2025 im Rahmen des BMWK-Förderprogramms „Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien“ durchgeführt. Es fiel in eine Phase des rasanten Wandels im Automobilsektor, die durch drei wesentliche Rahmenbedingungen geprägt war.

Erstens schritt die Entwicklung automatisierter Fahrfunktionen sehr schnell voran. Mehrere OEMs hatten erste Level-3-Funktionen, wie etwa den Stauassistenten, angekündigt und mit begrenzten Markteinführungen begonnen. Gleichzeitig bereiteten Regulierungsbehörden in Deutschland und Europa rechtliche Rahmenbedingungen für die Zulassung solcher Systeme vor. Dies erhöhte den Druck, zuverlässige Validierungsmethoden zu entwickeln, die mit den industriellen und regulatorischen Anforderungen Schritt halten konnten.

Zweitens brachte die COVID-19-Pandemie in Kombination mit anschließenden Störungen der Lieferketten externe Herausforderungen mit sich. Virtuelle Zusammenarbeit und digitale Testumgebungen gewannen stark an Bedeutung, während der Zugang zu physischen Prüfständen eingeschränkt war.

Drittens kam es zu internen Umstrukturierungen im Konsortium. HORIBA, ursprünglich als Konsortialführer vorgesehen, zog sich im Laufe des Projekts zurück. Dies machte eine Neuverteilung von Aufgaben und Verantwortlichkeiten unter den verbleibenden Partnern erforderlich. Die RA Consulting GmbH musste zusätzliche Verantwortlichkeiten im Bereich Systemintegration und Feldtests übernehmen. Trotz dieser Veränderungen gelang es, den Projektfortschritt durch eine Umverteilung von Ressourcen und Anpassung der Zeitplanung aufrechtzuerhalten.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die RA Consulting GmbH leitete das Teilprojekt TelTaKo-S, das im Rahmen der Gesamtstruktur von RDV das Arbeitspaket 6 bildete. In den folgenden Abschnitten wird beschrieben, wie die Umsetzung erfolgte, welche Aufgaben bearbeitet wurden, auf welche Herausforderungen man stieß und wie diese gelöst werden konnten.

Arbeitspaket 6, das sich auf die Entwicklung von TelTaKo-S konzentrierte, war in mehrere Teilpakete gegliedert.

	Projektjahr	Jahr 1				Jahr 2				Jahr 3				Jahr 4		
AP	Quartal	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
6	Datenaufbereitung und Vereinheitlichung für Kommunikation SZT und Cloud sowie Telematik-Middle-Ware (RAC)	RAC														
6.1	Erstellung von standardisierten Szenarienbeschreibungen für projektspezifische Testabläufe	RAC								RAC						
6.2	Vereinheitlichte Datenaufbereitung für verschiedene SUT und Testumgebungen zur selektiven Annotation von Daten für die Szenarienklassifikation und -analyse		RAC								RAC					
6.3	Analyse der Anforderung an die Kommunikation TelTaKo-S für intelligent vernetzte Fahrzeuge in der Cloud			RAC												
6.4	Systemkonzeption TelTaKo-S für intelligent vernetzte Fahrzeuge in der Cloud				RAC											
6.5	Prototypische und komponentenbasierte Umsetzung TelTaKo-S für intelligent vernetzte Fahrzeuge in der Cloud						RAC									
6.6	Bewertung der Projektergebnisse															RAC
6.7	Zuarbeit zu anderen Arbeitspaketen	RAC														
9.1	Testfahrten auf dem Testfeld autonomes Fahren Baden-Württemberg mit integriertem TelTaKo-S und Leitsystem TAF									RAC/TAF						
9.1.1	Projektmanagement und -Koordination Dokumentation, Teilnahme an Abstimmungsmeetings, Koordination mit dem TAF									RAC/TAF						
9.1.2	Datenübertragung									RAC/TAF						
9.1.3	Visualisierung									RAC/TAF						
9.1.4	Ansteuerungder Aktorik des Fahrzeugs im sicheren Betriebsmodus									RAC/TAF						
9.1.5	Beauftragung des Testfelds autonomes Fahren Baden-Württemberg (TAF)								RAC/TAF							

Bild 1: Zeitplan des Arbeitspakets

Das erste Teilpaket, AP6.1, befasste sich mit der Standardisierung von Szenariobeschreibungen. Die Aufgabe bestand darin, festzulegen, wie Szenarien dargestellt werden sollten, damit sie von verschiedenen Partnern, Plattformen und Werkzeugen gleichermaßen genutzt werden können.

Das zweite Teilpaket, AP6.2, beschäftigte sich mit der vereinheitlichten Datenaufbereitung und Annotation. Ziel war es, Daten aus unterschiedlichen Fahrzeugen und Sensorsystemen zu harmonisieren, sodass Informationen wie Kamerabilder oder OBD-Signale konsistent abgebildet werden konnten.

Im dritten Teilpaket, AP6.3, wurden die Kommunikationsanforderungen analysiert. Unterschiedliche Anwendungsfälle stellten jeweils verschiedene Anforderungen an Bandbreite, Latenz und Zuverlässigkeit. So konnten Telemetriedaten mit einer gewissen Verzögerung übertragen werden, während für die Fernsteuerung extrem niedrige Latenzzeiten erforderlich waren. AP6.3 definierte diese Anforderungen systematisch und erarbeitete eine Taxonomie der Kommunikationsbedarfe.

Das vierte Teilpaket, AP6.4, entwickelte das Systemkonzept für TelTaKo-S. Dazu gehörten die Ausarbeitung der Gesamtarchitektur, die Definition der Module sowie die Spezifikation ihrer Schnittstellen. Die Architektur musste modular, skalierbar und portierbar auf unterschiedliche Cloud-Plattformen ausgelegt sein.

Im fünften Teilpaket, AP6.5, lag der Fokus auf der prototypischen und komponentenbasierten Implementierung. Hierbei wurde das Architekturdesign in lauffähige Software überführt, in der Module wie Authentifizierung, Monitoring, Aufgabenplanung und Kommunikationsmanagement integriert wurden.

Das sechste Teilpaket, AP6.6, führte die Evaluation der Ergebnisse durch. Dazu gehörten Tests der Prototypen unter realen Bedingungen, die Validierung ihrer Leistungsfähigkeit und der Abgleich mit den zuvor definierten Anforderungen.

Das siebte Teilpaket, AP6.7, stellte sicher, dass Ergebnisse in andere Arbeitspakete sowie in Querschnittsaktivitäten einflossen, insbesondere im Hinblick auf die Weitergabe von Ergebnissen an Standardisierungsgremien.

Für die Validierung der Ergebnisse war AP9.1 vorgesehen, welches Testfahrten innerhalb des Testfeld Autonomes Fahren (TAF) in Karlsruhe vorgesehen hatte. Diese mussten auf Validierungen mit eigenen Fahrzeugen umgeplant werden, da eine Förderung der zusätzlichen Aufwände durch das TAF nicht gefördert werden konnte.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Als das Projekt Real Driving Validation (RDV) Anfang 2022 startete, war der Stand der Technik zur Validierung automatisierter und autonomer Fahrfunktionen noch fragmentiert und unvollständig. Zwar waren in den Jahren zuvor mehrere vielversprechende Entwicklungen angestoßen worden, jedoch hatte keine davon eine umfassende oder skalierbare Lösung für die Herausforderung einer realitätsnahen Validierung hervorgebracht.

Die traditionellen Validierungsmethoden waren für Systeme konzipiert, die isoliert betrachtet, mit deterministischen Modellen beschrieben und anhand einer überschaubaren Zahl von Szenarien getestet werden konnten. Verfahren wie die Hazard Analysis and Risk Assessment (HARA), die Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) oder die Fault Tree Analysis (FTA) hatten sich im Bereich konventioneller mechanischer oder elektronischer Systeme als zuverlässig erwiesen. Sie ermöglichten es Ingenieuren, mögliche Fehlerursachen zu identifizieren, Risiken zu quantifizieren und Sicherheitsmargen nachzuweisen. Für adaptive, datengetriebene und dynamische Systeme wie hochautomatisierte Fahrfunktionen reichten diese Methoden jedoch nicht aus.

Im Jahr 2022 liefen bereits mehrere Standardisierungsinitiativen im Bereich des automatisierten Fahrens. Die ASAM-OpenX-Familie - darunter OpenSCENARIO, OpenDRIVE und OpenLABEL - befand sich in der Entwicklung, um interoperable Definitionen für Szenarien, Straßennetze und Labeling bereitzustellen. Erste Arbeiten an OpenODD, zur Spezifikation von Operational Design Domains (ODD), hatten begonnen, waren aber noch nicht abgeschlossen. Auf internationaler Ebene definierte die SAE mit der aktualisierten Norm J3016 (2021) die Stufen des automatisierten Fahrens. Parallel dazu arbeitete die ISO an Standards wie der ISO 34503 zu Testszenarien und ODD-Spezifikationen, die schließlich im Jahr 2023 veröffentlicht wurde. Trotz dieser Fortschritte blieb die Umsetzung in der Industrie uneinheitlich. Viele Unternehmen verwendeten weiterhin eigene Definitionen und proprietäre Formate, was die Interoperabilität und Vergleichbarkeit der Ergebnisse erheblich einschränkte.

Telematiklösungen waren zwar bereits weit verbreitet und wurden im Flottenmanagement sowie in der Fahrzeugdiagnose eingesetzt, jedoch nicht für die Echtzeitübertragung hochvolumiger Sensordaten oder für die direkte Integration in Validierungsprozesse konzipiert. Die Übermittlung von Diagnose-Fehlercodes unterscheidet sich grundlegend vom kontinuierlichen Streaming von Rohdaten aus Lidar-, Radar- oder Videosensoren in Echtzeit, wie es für die Validierung automatisierter Fahrfunktionen erforderlich wäre.

Diese Einschränkungen prägten den wissenschaftlich-technischen Ausgangszustand zu Beginn von RDV. Sie machten deutlich, dass ein Forschungsprojekt erforderlich war, das die Integration

probabilistischer Modellierung, realer Fahrdaten und leistungsfähiger Telematik-Middleware untersucht und in ein umfassendes Validierungsrahmenwerk überführt.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das RDV-Projekt wurde als Konsortialvorhaben mit mehreren Partnern durchgeführt, wobei dSPACE die Gesamtkoordination übernahm. Die RA Consulting GmbH arbeitete eng sowohl mit wissenschaftlichen als auch mit industriellen Partnern zusammen. Die RWTH Aachen brachte Forschungsergebnisse im Bereich probabilistischer Modelle und Teleoperation ein. TÜV und DEKRA lieferten wichtige Beiträge zu regulatorischen Fragestellungen und Anforderungen im Bereich der Homologation. Weitere Partner unterstützten in den Bereichen Datenmanagement, Szenariengenerierung und Cloud-Integration.

Darüber hinaus war das Projekt in externe Standardisierungsgremien eingebunden. Insbesondere erfolgte eine enge Zusammenarbeit mit ASAM-Arbeitsgruppen, etwa zu OpenODD und OpenSCENARIO. Auch in die Diskussionen bei ISO und SAE wurden Beiträge eingebracht. Zudem bestand eine Kooperation mit einem Testfeld, das die notwendige Infrastruktur für Demonstrationen bereitstellte.

Insgesamt ermöglichte diese Kooperationsstruktur der RA Consulting GmbH, sich auf ihre Kernkompetenzen im Bereich Datenmanagement und Telematik zu konzentrieren und gleichzeitig von den Forschungs-, Regulierungs- und Infrastrukturbereichen der anderen Partner zu profitieren.

Neben der guten Zusammenarbeit mit den Projektpartnern innerhalb des Projektes, wurde auch mit externen Stellen zusammengearbeitet, um die Projektergebnisse zu erreichen. Dies waren zum einen eine Kooperation mit der Deutschen Telekom, die uns ermöglicht hat, eine Schnittstelle für kurzfristige Prioritätsanpassungen zu evaluieren. Damit konnten wir Szenarien mit unterschiedlichen Mobilfunk-Profilen testen.

Schließlich hatten wir eigenfinanziert eine Studie zur funkbasierten Datenübertragung bei der RWTH in Auftrag gegeben, um fundiert Informationen über verfügbare Übertragungs-technologien und deren Eigenschaften zu erhalten. Die Ergebnisse wurden ebenfalls im Rahmen des Projektes verwertet.

Teil II

6. Verwendung der Zuwendung und der Ergebnisse mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Ausgehend von der ursprünglichen Beantragung waren die RAC-Hauptaufwendungen im Rahmen des AP6 geplant. Aufwände einzelner Personenmonate (PM) in anderen Arbeitspaketen (AP) waren zur Abstimmung, Zuarbeit und Validierung vorgesehen.

Mit der Projekt-Neustrukturierung 2023 blieben die Aufwendungen weitestgehend erhalten, da das AP6 auch weiterhin Bestandteil des aktualisierten Arbeitsplanes war.

Die Validierungsaufwände waren ab dann im AP9.1 gefasst, welches innerhalb des AP9 für Validierungen denjenigen Teil abdeckte, der beim TAF-Karlsruhe erfolgen sollte. Nachdem für eine Kooperation mit dem Testfeld Karlsruhe im Rahmen von RDV keine Mittel bewilligt wurden, konnten die wesentlichen Ziele mit eigenen Mitteln, wie z.B. vorhandenen Fahrzeugen, realisiert werden.

Inhaltlich war es Ziel im AP6 mit dem TelTaKo-S ein Konzept für eine einheitliche Datenplattform zur Validierung bereitzustellen, und dieses Konzept anhand exemplarischer Validierungs-szenarien und einer prototypischen Implementierung zu validieren.

Die festgelegten Ziele umfassten:

- Entwicklung standardisierter Szenariobeschreibungen und Methoden zur Datenaufbereitung,
- Analyse der Kommunikationsanforderungen für Validierungen unter realen Einsatzbedingungen,
- Entwurf einer modularen Systemarchitektur für die Middleware,
- prototypische Implementierung der Kernkomponenten,
- Evaluation der Prototypen unter realistischen Testbedingungen.

Diese Ziele wurden weitgehend erreicht. Szenarienbeschreibungen und Datenaufbereitungs-pipelines wurden definiert. Kommunikationsanforderungen wurden systematisch analysiert und mit einer externen Studie fundiert, wobei unterschiedliche Anwendungsfälle wie Telemetrie, Tele-Assistenz, Tele-Visualisierung, Tele-Steuerung und Tele-Operation klar unterschieden wurden. Eine modulare Systemarchitektur wurde entworfen, mit Komponenten für Authentifizierung, Monitoring, Alarmierung, Aufgabenplanung, Provisionierung und Kommunikation.

Für die Validierung wurden Prototypen implementiert und getestet, darunter die Echtzeitübertragung von OBD-II und GPS-Daten, die Übermittlung von Objektlisten sowie Videostreaming über WebSocket. Die Evaluation erfolgte auf einem Testfeld und bestätigte sowohl die Machbarkeit als auch die Leistungsfähigkeit des Systems.

Einige Projektziele mussten nach dem Rückzug von HORIBA als Konsortialführer angepasst werden. So wurden die ursprünglich geplanten Prüfstandsaktivitäten durch Feldtests ersetzt. Auch wenn eine Beauftragung des TAF im Rahmen des Projektes nicht möglich war, konnten die wesentlichen Validierungsszenarien getestet und die Ziele des Teilprojekts TelTaKo-S im vorgesehenen Projektumfang erfolgreich erreicht werden.

Während der Prototypenbewertung wurden quantitative Nachweise erhoben. Die zentralen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Latenzzeiten beim Streaming von OBD-II- und GPS-Daten lagen durchgängig unter 200 ms und waren damit für eine Echtzeitüberwachung geeignet.
- Das Videostreaming erreichte bei komprimierter Übertragung eine Bildrate von 20 Frames pro Sekunde, was für die Visualisierung durch Operatoren ausreichend war.
- Warnmeldungen, wie etwa bei Überschreitung eines Geschwindigkeitsgrenzwertes, wurden innerhalb von 50 ms übertragen und gewährleisteten so eine rechtzeitige Wahrnehmung durch den Operator.
- Die implementierten Quality-of-Service-Mechanismen priorisierten kritische Datenströme erfolgreich. Notfallmeldungen wurden in allen Testfällen vor standardmäßigen Telemetriedaten zugestellt.

Die Abdeckung in den Feldtests übertraf 95 % der definierten Szenarien unter speziellen Testbedingungen und erfüllte damit die festgelegten KPIs.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass alle im Antrag formulierten Ziele inhaltlich erreicht wurden.

7. Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Der zahlenmäßige Nachweis gibt Aufschluss über die verwendeten Mittel über die gesamte Projektlaufzeit.

Dabei ergibt sich die folgende Kostenaufstellung:

Position	Gesamtvorkalkulation [€]	Gesamtnachkalkulation [€]
0837 Personalkosten	1.084.507,49	1.109.539,63
0838 Reisekosten	3.820,40	2.824,82
0881 gesamte Selbstkosten des Vorhabens	**1.088.327,89**	**1.112.364,45**

Die Gesamtnachkalkulation ergibt eine Kostensteigerung gegenüber dem Antrag von 2,21%. Damit ist die Budgetüberschreitung deutlich kleiner als 5% und somit als minimal anzusehen.

8. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Arbeiten der RA Consulting GmbH (RAC) im Projekt Real Driving Validation (RDV) zielten darauf ab, das Anwendungsszenario der funktionalen Validierung auch für (teil-)automatisierte Fahrfunktionen mit minimalem Ressourceneinsatz zu konzipieren. Gerade bei den (teil-)automatisierten Fahrfunktionen ist die Validierung komplex, so dass ein Aspekt der Umsetzung war, diese auch im realen Straßenverkehr durchführen zu können. Inhaltlich wurden in dem Projekt in verschiedenen Arbeitspaketen unterschiedliche Komponenten für diesen Anwendungsfall entworfen, und zum Teil exemplarisch implementiert.

Die RA Consulting GmbH war in mehreren Arbeitspaketen vertreten, die Hauptaufwendungen wurden aber in den Arbeitspaketen AP6 und AP9.1 geleistet. Die anderen Aufwendungen wurden für die Zu-, bzw. Zusammenarbeit genutzt.

Dabei befasste sich AP6 sowohl mit den Datenformaten, den repräsentierten Daten und deren Einordnung im Validierungsprozess, sowie der Konzeptionierung einer Middleware, um die relevanten Daten in den jeweiligen Formaten übertragen, bzw. bereitstellen zu können. Zudem sind Funktionen zur Flottenverwaltung, der Konfiguration und der Komposition der funktionalen Elemente für die Validierung berücksichtigt.

In dem exemplarischen Demonstrator wurden die für die Validierung notwendigen Komponenten implementiert, und in AP9.1 wurden dann entsprechende Versuche mit realen Fahrzeugen erfolgreich durchgeführt und die erstellten Komponenten, sowie die zugrundeliegenden Konzepte so validiert.

AP6: Vereinheitlichte Datenaufbereitung im System Under Test und Telematik-Middle-Ware für das Management von Task und Kommunikation zwischen Intelligenter Autonomer System Under Test und einer Cloud-Anwendung (TelTaKo-S)

Die RA Consulting GmbH (RAC) leitete dieses Arbeitspaket (AP), welches sich mit der Realisierung einer verlässlichen Kommunikation, sowie einer Vereinheitlichung der relevanten Daten zur Validierung befasste. Im Rahmen dieses AP wurde daher die Middleware-Komponente TelTaKo-S konzipiert, sowie bestehende Standards analysiert. Ohne eine Middleware, die in der Lage ist, heterogene Fahrzeugdaten zu harmonisieren und zu übertragen, wäre eine kontinuierliche Validierung praktisch nicht umsetzbar. Bestehende Telematiksysteme waren hierfür unzureichend, da sie primär für Diagnosezwecke entwickelt wurden und nicht für die selektive Übertragung hochvolumiger Datenströme in Echtzeit. Mit den Konzepten des TelTaKo-S wurde diese Lücke geschlossen.

Substanziell für den erfolgreichen und wirtschaftlichen Einsatz von Standards ist die Interoperabilität der Standards um Insellösungen in den Life-Cycle umfassenden Testverfahren und Tools zu vermeiden. Um diesen übergeordneten Aspekt der Standardisierung zu +f2<1cberücksichtigen hat die RAC aktiv an der ASAM Testspezifikation Gruppe teilgenommen. Dort wurden durch die Arbeitsgruppe, nach eingehender Analyse, Konzepte für die Interoperabilität der ASAM Standards ODS, OTX und XIL erarbeitet. Die entsprechenden Arbeiten zu drei unterschiedliche Proof-of-Concepts wurden angestoßen und sollen im Nachlauf des Projektes unter Leitung der RA Consulting GmbH im Rahmen der ASAM Arbeitsgruppe umgesetzt werden.

In den folgenden Abschnitten wird beschrieben, wie die Umsetzung erfolgte, welche Aufgaben bearbeitet wurden.

Das AP 6, das sich neben der Standardisierung auf Konzept und die exemplarische Umsetzung des TelTaKo-S konzentrierte, war in mehrere Teilpakete gegliedert.

Das erste Teilpaket, UAP 6.1, befasste sich mit der Standardisierung von Szenarien-beschreibungen. Die Aufgabe bestand darin, festzulegen, wie Szenarien dargestellt werden

sollten, damit sie von verschiedenen Partnern, Plattformen und Werkzeugen gleichermaßen genutzt werden können.

Das zweite Teilpaket, UAP 6.2, beschäftigte sich mit der vereinheitlichten Datenaufbereitung und Annotation. Ziel war es, Daten aus unterschiedlichen Fahrzeugen und Sensorsystemen zu harmonisieren, sodass Informationen wie Kamerabilder oder OBD-Signale konsistent abgebildet werden konnten.

Im Rahmen von UAP 6.1 und 6.2 wurden Workshops zu den relevanten Standards organisiert. Die ASAM stellte dabei Frameworks wie OpenSCENARIO, OpenDRIVE, OpenCRG, OpenODD und OpenLABEL vor. Ein Ergebnis dieser Phase war ein Katalog von Empfehlungen zur Nutzung dieser Standards im RDV-Projekt sowie ein Klassifikationsschema für Szenarien.

Ein zentrales Thema in AP6.2 war die Datenharmonisierung. Fahrzeuge erzeugen enorme Mengen heterogener Daten. Während ein Fahrzeug Radar- und Lidarsensoren nutzt, stützt sich ein anderes stärker auf Kameras, und jeder OEM verwendet eigene Formate. AP6.2 entwickelte daher eine Datenaufbereitungspipeline, die diese Quellen vereinheitlichen konnte. Darüber hinaus wurden Prozesse für Annotationen definiert, um Daten konsistent zu ergänzen und vergleichbar zu machen.

Im dritten Teilpaket, UAP 6.3, wurden die Kommunikationsanforderungen analysiert. Unterschiedliche Anwendungsfälle stellten jeweils verschiedene Anforderungen an Bandbreite, Latenz und Zuverlässigkeit. Es wurden fünf grundlegende Anwendungsfälle identifiziert: Telemetrie, Tele-Assistenz, Tele-Visualisierung, Tele-Steuerung und Tele-Operation. Jeder dieser Fälle wurde hinsichtlich Kritikalität, Bandbreite, Latenz und Zuverlässigkeit untersucht. So konnte bei der Übertragung von Telemetriedaten eine gewisse Verzögerung in Kauf genommen werden, während für die Fernsteuerung niedrige Latenzzeiten zwingend erforderlich sind. UAP 6.3 definierte diese Anforderungen systematisch und erarbeitete eine Taxonomie der Kommunikationsbedarfe. Innerhalb der Validierungen im Rahmen des Use-Case 4 wurden auch Untersuchungen zur Kommunikation mit unterschiedlichen Technologien durchgeführt. Insbesondere wurden im Rahmen einer Kooperation mit der Deutschen Telekom die Möglichkeiten von Mobilfunkverbindungen untersucht. Insbesondere konnte die RAC zusammen mit der Telekom eine API evaluieren, die prototypisch eine Prioritätssteuerung zulässt, und so Einfluss auf Bandbreite und Antwortzeiten erlaubt.

Das vierte Teilpaket, UAP 6.4, entwickelte die Systemarchitektur des TelTaKo-S. Dazu gehörten die Ausarbeitung der Gesamtarchitektur, die Definition der Module sowie die Spezifikation ihrer Schnittstellen. Die Architektur muss modular, skalierbar und portierbar auf unterschiedliche Cloud-Plattformen ausgelegt sein.

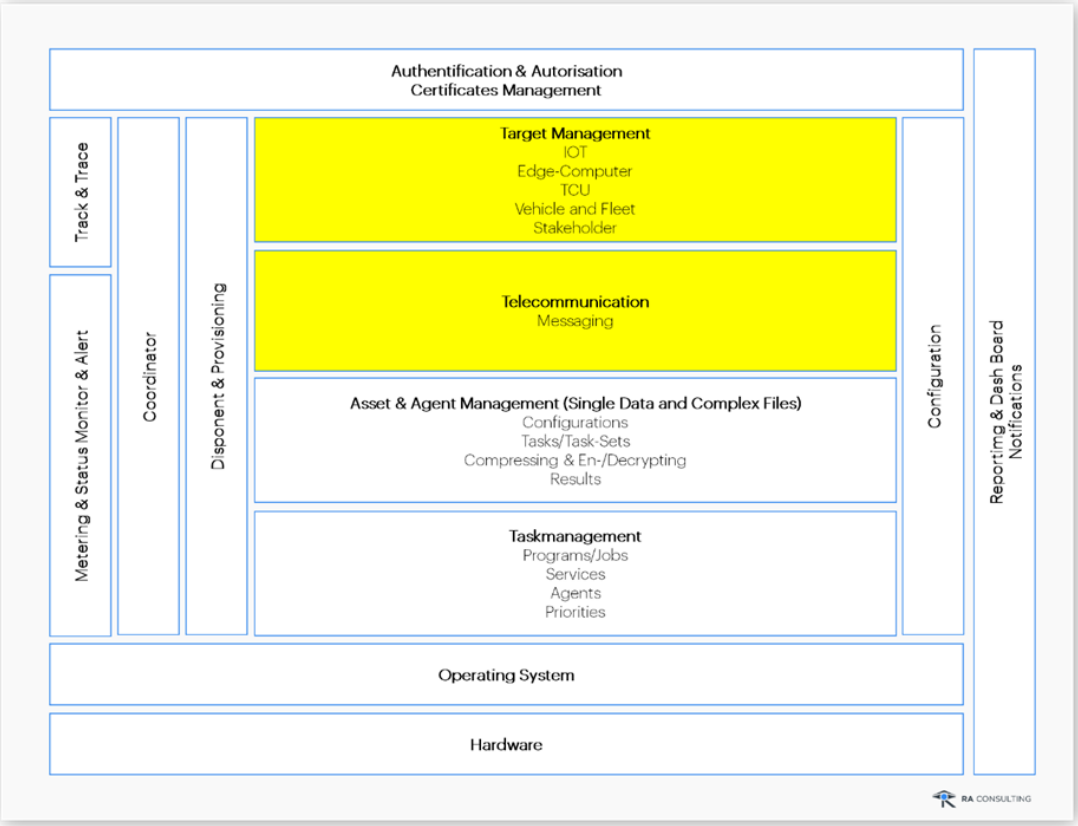


Abbildung 1: Modulare Struktur des TelTaKo-S

Die modulare Architektur erlaubt verschiedene Komponenten unabhängig zu entwickeln und bei Bedarf zu integrieren. Zu den Modulen zählen Authentifizierung und Autorisierung für sicheren Zugriff, Monitoring und Alarmierung zur Systemüberwachung, Aufgabenmanagement für Planung und Koordination, Provisionierung für die Ressourcenkonfiguration, Asset-Management für die Verwaltung von Fahrzeugen und Sensoren sowie Kommunikationsmanagement für die Datenübertragung. Die Architektur wurde für den Einsatz in Cloud-Umgebungen entworfen - zunächst auf Basis von Microsoft Azure, jedoch mit Abstraktionsschichten, um die Portierbarkeit auf andere Plattformen in Zukunft sicherzustellen.

In UAP 6.5, lag der Fokus auf der prototypischen und komponentenbasierten Implementierung. Hierbei wurde das Architekturdesign in eine exemplarische Implementierung überführt, in der Module wie Authentifizierung, Monitoring, Aufgabenplanung und Kommunikationsmanagement integriert wurden, um grundlegende Funktionen testen zu können. Dazu gehörten z.B. Funktionen zur Registrierung von Geräten und zur Übertragung von Datenströmen.

Für die Umsetzung der Implementierung wurden die einzelnen Module auf Basis der Cloud-Lösung Azure von Microsoft implementiert. Hintergrund waren die umfangreiche Dokumentation und die damit verbundene Aussicht mit relativ überschaubaren Aufwänden eine funktionale Umsetzung leisten und auch zur Evaluation betreiben zu können.

Die Prototypen integrierten auch IoT-Module. So wurde etwa die Flea-Box[1] eingesetzt, um Positionsdaten zu übertragen. Während die Flea-Box schnellere Übertragungen ermöglichte, war

[1] Die Flea ist eine Telematik-Einheit der CarMedialab GmbH (https://www.carmedialab.com)

ihre Genauigkeit geringer als die des ANavS ISP[2] (s. Abbildung 2). Dieser Vergleich half dem Team, Vor- und Nachteile zu bewerten und die Möglichkeit der Kombination mehrerer Quellen für höhere Zuverlässigkeit zu prüfen.

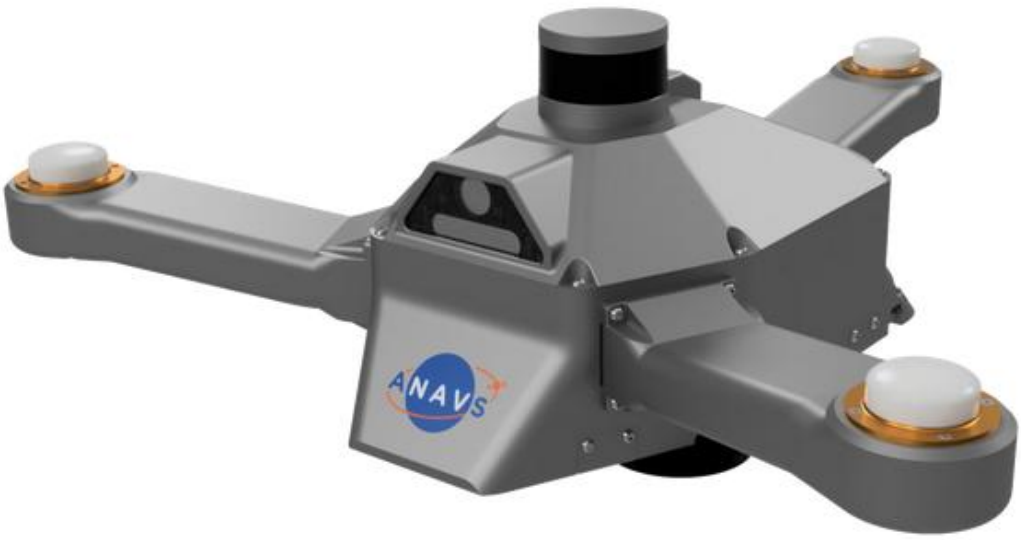


Abbildung 2: Die Integrated Sensor Platform (ISP) der ANavS GmbH mit LIDAR, Kamera, IMU und GPS

Ebenfalls in AP6.5 wurden Alarmsysteme entwickelt. Ein Prototyp überwachte die Fahrzeuggeschwindigkeit und löste einen Alarm aus, sobald ein definierter Schwellenwert überschritten wurde. Diese Warnungen wurden sofort an das Dashboard des Operators gesendet und dort angezeigt. Das System war so ausgelegt, dass es leicht auf weitere Parameter wie Motortemperatur oder Reifendruck erweitert werden konnte.

Darüber hinaus wurden Konzepte für Quality-of-Service (QoS) erarbeitet. Das System priorisierte kritische Datenströme wie Notfallmeldungen und Befehle, sodass diese stets vor weniger dringlichen Daten – etwa kontinuierlichen OBD-Strömen – übertragen wurden. Diese Priorisierung war entscheidend, um auch bei begrenzter Bandbreite die Sicherheit zu gewährleisten. Die Ergebnisse konnten direkt mit den Untersuchungen zu einer prototypischen QoS-API mit der Telekom verwendet werden.

Im Rahmen des UAP 6.6 wurde die Evaluation der Ergebnisse aus AP9.1 durchgeführt. Dazu gehörten Tests der Prototypen unter realen Bedingungen, die Validierung ihrer Leistungsfähigkeit und der Abgleich mit den zuvor definierten Anforderungen. Die evaluierten Funktionen konnten sicher auf öffentlichen Straßen getestet werden. Fahrzeuge, die mit IoT-Modulen und TelTaKo-S ausgestattet waren, übermittelten ihre Daten an Dashboards zur Anzeige. Operatoren konnten Fahrzeugstatus überwachen, Warnungen empfangen und verschiedene Datenströme visualisieren. Die Tests bestätigten, dass das System unter bestimmten Bedingungen – etwa bei

[2] Die Integrated Sensor Platform (ISP) der ANavS GmbH (https://www.anavs.com) ist eine Positionierungseinheit mit LIDAR, Kamera, IMU und GPS (vgl. System AI-ROX).

Nutzung einer 5G-Verbindung – echtzeitnahes Daten-Streaming, Alarmmeldungen und QoS-Management zuverlässig umsetzen konnte.

UAP 6.7 stellte sicher, dass Ergebnisse in andere Arbeitspakete sowie in Querschnittsaktivitäten einflossen, insbesondere im Hinblick auf die Weitergabe von Ergebnissen an Standardisierungsgremien.

Die Durchführung der Validierungen der einzelnen erzielten Ergebnisse aus AP6 wurden schließlich In AP9.1 bzw. Im Rahmen des Use Cases 4 realisiert.

AP 9.1: Testfahrten auf dem Testfeld autonomes Fahren Baden-Württemberg mit integriertem TelTaKo-S und Leitsystem TAF

Der Ansatz nach Wegfall der HORIBA-Prüfstandes die Testfahrten im TAF durchzuführen konnte aufgrund der fehlenden Förderzusage für die erhöhten Kosten, die mit der Nutzung des TAF verbunden waren, im Projekt nicht durchgeführt werden. Aus diesem Grund wurden im Ersatz für die Prüfstandsanbindung Testfahrten mit einem begrenzt autonom fahrenden mobilen Transportfahrzeug auf dem nichtöffentlichen Gelände der RAC und mit zwei nicht autonom fahrenden Testfahrzeugen auf öffentlichen Straßen in Verbindung mit einem integrierten TelTaKo-S und einem RAC-Controlpanel durchgeführt.

Dabei wurden die wesentlichen Anforderungen, die für die Kommunikation mit dem Fahrzeug aus der Validierung der Zielfunktionen, soweit abbildbar, realisiert. Zunächst wurden grundlegende, zu validierende Funktionen selektiert, die dann mit einem geeigneten Aufbau validiert werden konnten.

Es konnten Testfahrten mit verschiedenen, eigens für die Validierung ausgerüsteten Fahrzeugen in Kombination mit einer entsprechenden bidirektionalen Kommunikation über den TelTaKo-S realisiert werden.

Hierzu wurden terrestrische und nicht-terrestrische Kommunikationstechniken (4G, 5G, Wifi und StarLink) untersucht und im Feld getestet. Für die terrestrische Kommunikationstechnologie 5G konnte sich RAC erfolgreich für ein Pilotprojekt der Telekom qualifizieren, in dem eine API zur Einstellung des QoS für 5G-Dienste im Feld erprobt wurde. Auf Basis der Ergebnisse der Feldversuche konnte eine Bewertung erfolgen und Handlungsempfehlungen zu den Nutzungsbereichen der einzelnen Kommunikationstechniken gemäß dem im Projekt erarbeiteten Anforderungsklassifikationsschema für die Kommunikation erstellt werden.

Die entsprechenden Ergebnisse in diesem Arbeitspaket, sowie auch die Validierung der exemplarischen Entwicklung TelTaKo-S aus AP 6 erfolgte im Rahmen von Use-Case 4.

Use Case 4: Datentransfer für Teleoperation:

Im Rahmen des Use Case 4 war geplant die Validierungsszenarien aus AP9.1 abzubilden. So wurden exemplarisch Validierungen im Feld über geeignete Kommunikationsstrukturen in Kombination mit dem in AP 6 konzipierten TelTaKo-S durchgeführt. Nachdem für eine Kooperation mit dem Testfeld Karlsruhe im Rahmen von RDV keine Mittel bewilligt wurden, konnten die wesentlichen Ziele mit eigenen Mitteln, wie z.B. vorhandenen Fahrzeugen, realisiert werden.

RA Consulting GmbH: RAC hat im Use Case 4 sowohl das Konzept des TelTaKo-S in Form einer exemplarischen Implementierung aus AP 6 validiert, und dazu auch reale Fahrzeuge mit entsprechenden Sensoren und Zusatzsystemen ausgestattet, um geeignete Validierungs-szenarien abbilden zu können. Die Validierungen selbst konnten dann weitestgehend, wie in AP ´9.1 vorgesehen, in reduzierter Form mit den eigenen Fahrzeugen durchgeführt werden.

Hintergrund für die Validierungen im Feld waren unterschiedliche Anforderungen, die sich zum einen aus dem Aufbau des Gesamtsystems, aber auch aus den Anforderungen des jeweiligen Anwendungsszenario ergeben. Die folgenden Abbildungen zeigen sowohl die Kommunikations-Umgebung des Zielfahrzeugs (SUT), als auch die Klassifizierung der möglichen Einsatzszenarien.

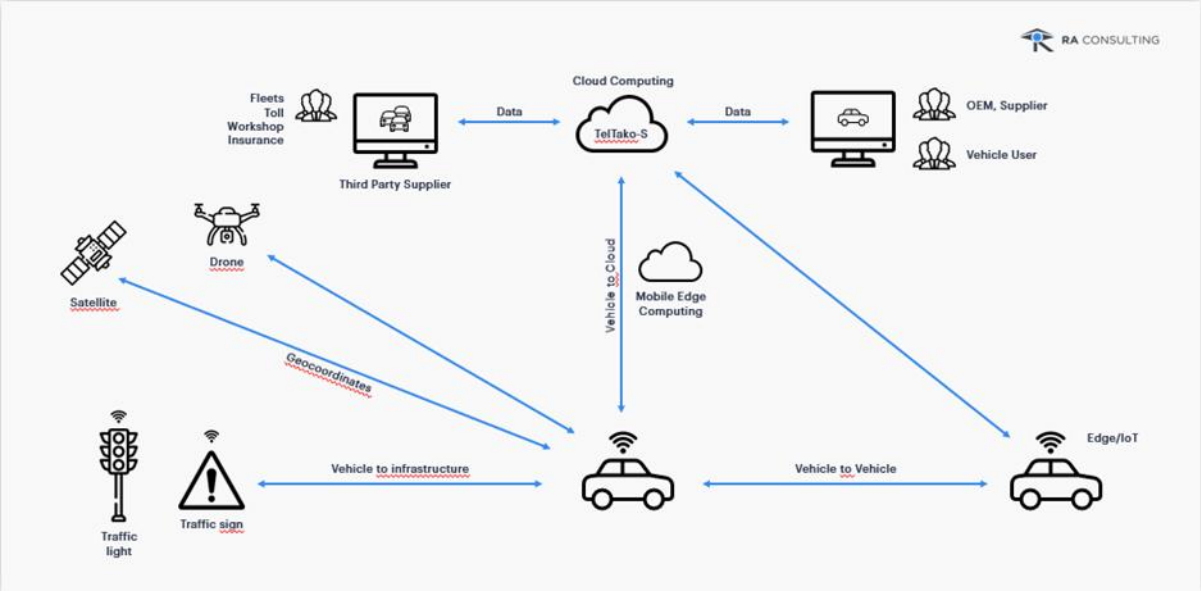


Abbildung 3: Überblick über die externen Kommunikationsschnittstellen eines Fahrzeugs

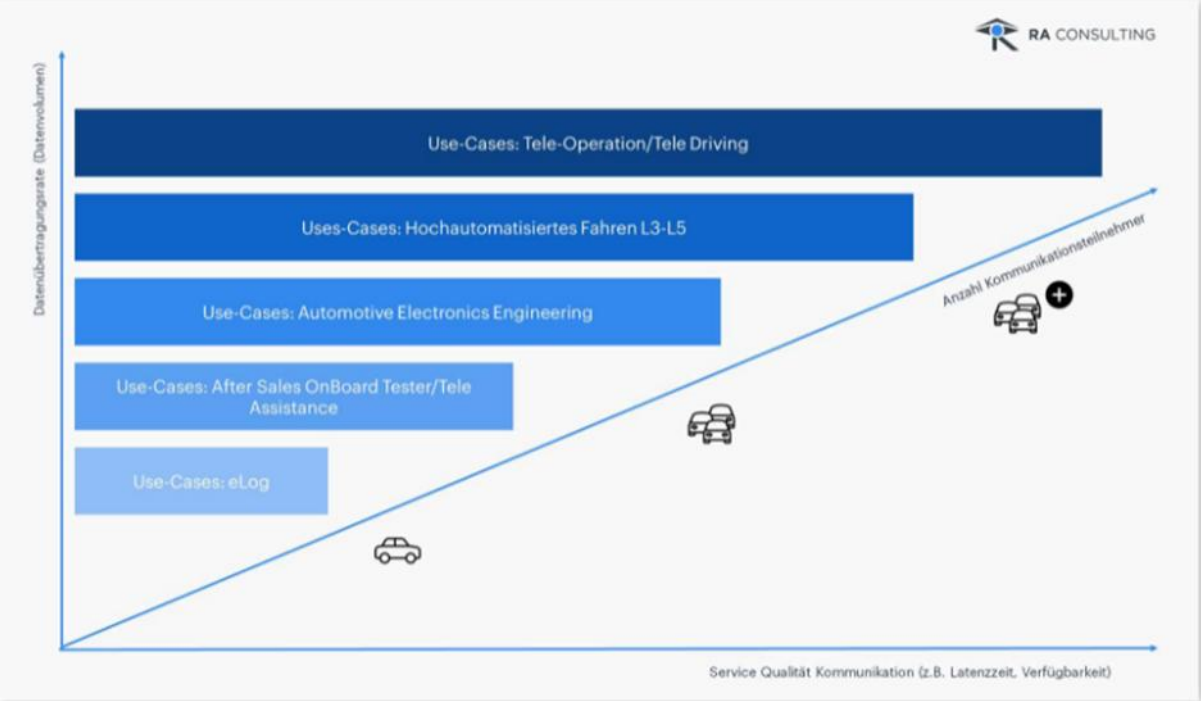


Abbildung 4: Unterschiedliche Einsatzszenarien als Validierungs-Use-Cases

Die arbeiten in Use Case 4 fokussierte sich daher auf die folgenden Ziele:

- Entwicklung standardisierter Szenariobeschreibungen und Methoden zur Datenaufbereitung,
- Analyse der Kommunikationsanforderungen für Validierungen unter realen Einsatzbedingungen,
- Entwurf einer modularen Systemarchitektur für die Middleware,
- prototypische Implementierung der Kernkomponenten,
- Evaluation der Prototypen unter realistischen Testbedingungen.

Diese Ziele wurden im Wesentlichen erreicht. Sowohl Szenarienbeschreibungen als auch Datenaufbereitungspipelines wurden definiert. Kommunikationsanforderungen wurden systematisch analysiert, wobei unterschiedliche Anwendungsfälle wie Telemetrie, Tele-Assistenz, Tele-Visualisierung, Tele-Steuerung und Tele-Operation klar unterschieden wurden. Eine modulare Systemarchitektur wurde entworfen, mit Komponenten für Authentifizierung, Monitoring, Alarmierung, Aufgabenplanung, Provisionierung und Kommunikation.

Auf Basis der konzipierten Architektur aus AP 6 wurden für die unterschiedlichen Validierungs-Use-Cases entsprechende Prototypen implementiert und im realen Umfeld getestet. Darunter die Echtzeit-übertragung von OBD-II und GPS-Daten, die Übermittlung von Objektlisten sowie Videostreaming über WebSocket. Die Evaluation erfolgte auf einem Testfeld und bestätigte sowohl die Machbarkeit als auch die Leistungsfähigkeit des Systems.

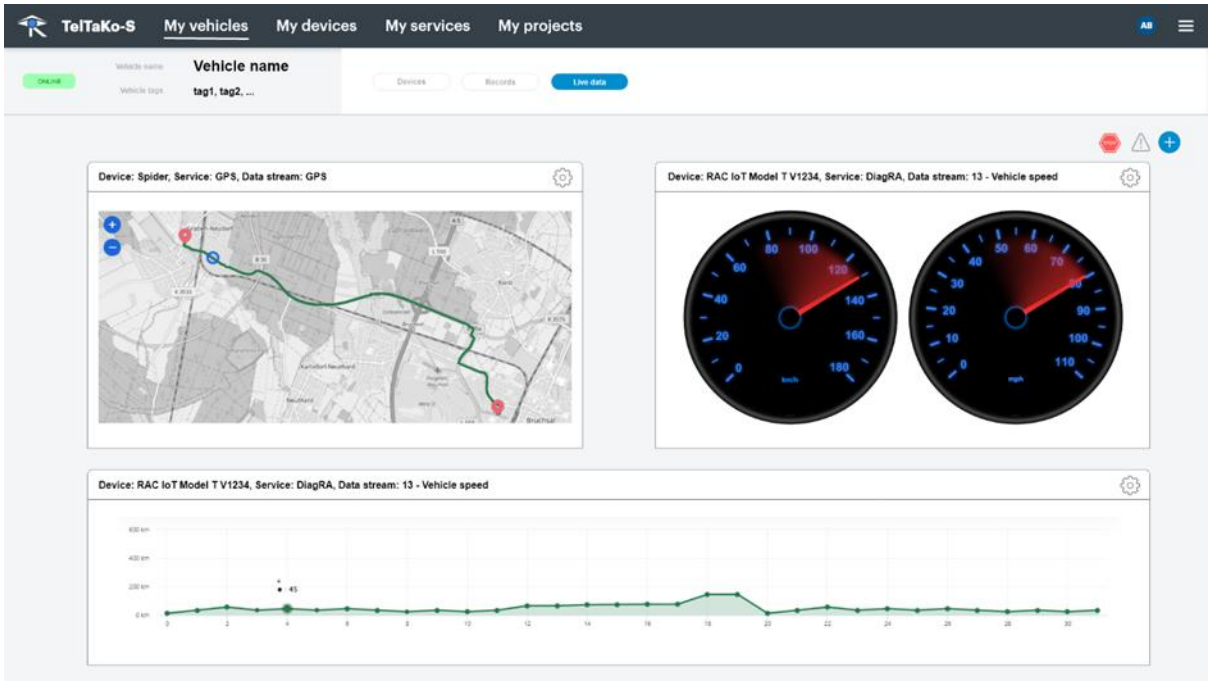


Abbildung 5: Exemplarisches Dashboard zur selektiven Visualisierung von Fahrzeugdaten

So war es möglich zu einzelnen Validierungsaufgaben entsprechende Remote-Visualisierungen zu erstellen, die dann die skalierbare Übertragung von Messwerten erlaubt. Dabei wurden die zu übertragenden Daten hinsichtlich der verfügbaren Bandbreite priorisiert und geeignet übertragen. Bei Video-Daten konnte z.B. die Skalierung, sowie die Frame-Rate der Videodaten angepasst werden, um auch eine schmalbandige Übertragung zu realisieren, wenn für den Anwendungsfall erforderlich.

Neben der Web-basierten Dashboard-Darstellungen, wurden auch Untersuchungen und Konzerpte, u.a. in Form von Mockups, zu entsprechenden Erweiterungen der bei RA bereits

vorhandenen Werkzeuge aus dem Bereich Messen und Kalibrieren erstellt. Soweit möglich wurden bereits vorhandene Visualisierungen verwendet. Diese Erweiterungen umfassen dabei

- Erweiterung der Darstellung um eine Video-Funktion
- Ergänzung um eine Streaming-API, um Messdaten auch über Remote-kanäle bereitstellen zu können
- Aufzeichnung aller Daten in eine geeignete Messdatei
- Adaptionen zur Aufzeichnung der neuen Datentypen im neuen ASAM MDF Format 4.3

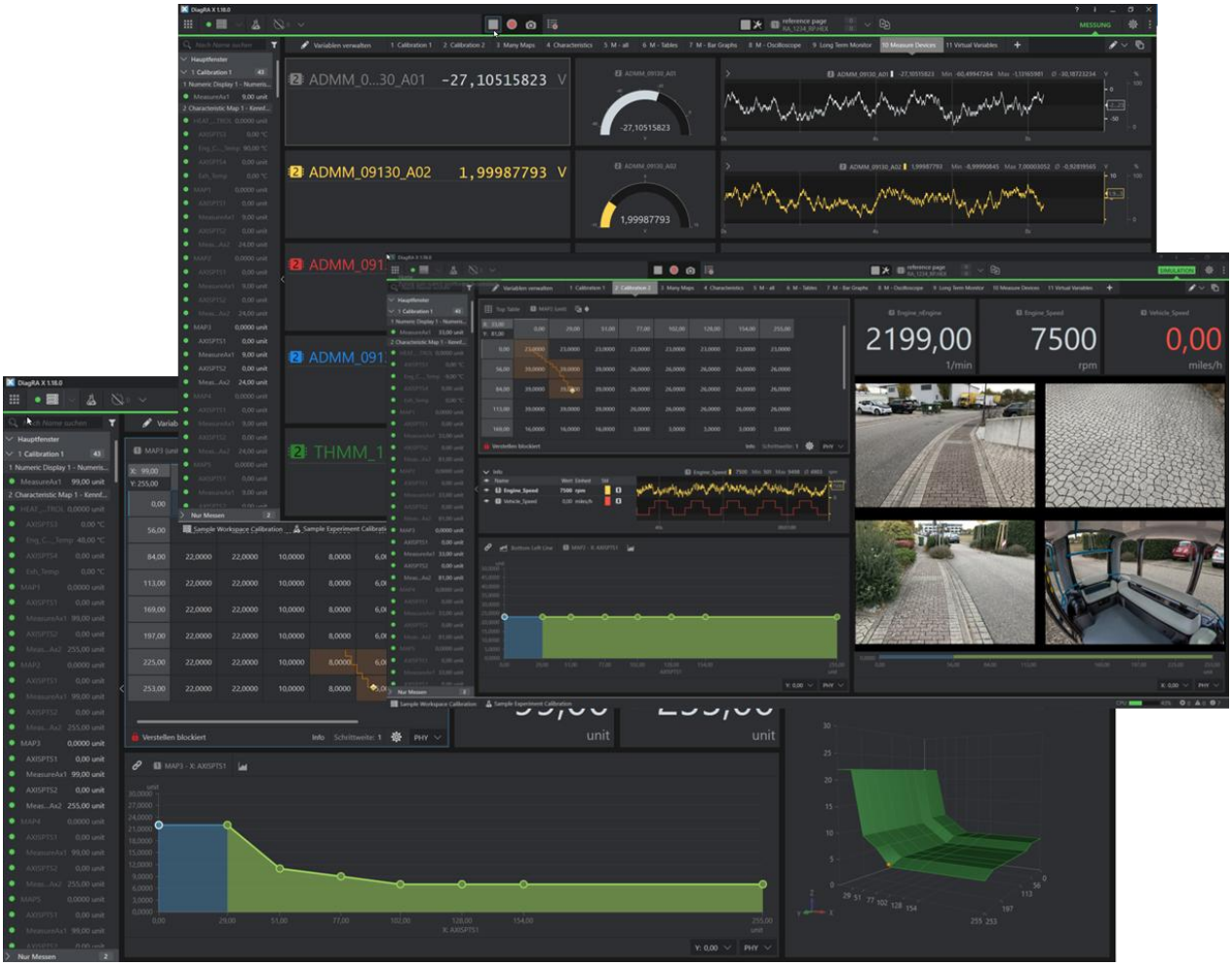


Abbildung 6: Anpassungen und Erweiterungen (Mockup) in DiagRA-X

Kommunikation+f2<1c

Für die Untersuchungen zum Datenaustausch wurde unter Zuziehung eines qualifizierten, externen Projektpartners, dessen Arbeitsanteile nicht öffentlich gefördert wurden und durch die RA Consulting GmbH finanziert wurde, eine ergänzende und umfassende Studie erstellt. Die dort ermittelten Anforderungen wurden dann sowohl im Rahmen des AP 6 bei der Server-Konzeptionierung als auch bei der Selektion der Kommunikationskanäle berücksichtigt. Insbesondere war es erforderlich, Verbindungen mit niedrigen Latenzzeiten zu nutzen. Die folgende Tabelle zeigt die untersuchten Übertragungstechniken.

Technologie	*Reichweite*	*Datenrate*	*Latenz*	*Stromverbrauch*	*Mobilität*	*Abdeckung*
LoRaWAN	2 – 15km [16]	5.5kbps [16]			keine HO	wenige Städte
SigFox	bis 50km	600bps	2s			> 90%
NB-IoT	wie 4G	170kbps				
LTE-M	wie 4G	1Mbps	15ms [15]			
ZigBee	100m [16]	250kbps [16]			Keine	-
BLE	1km [16]	3Mbps [16]			Keine	-
WLAN	20m [17]			50 – 100mW	Keine	-
WiMAX	2 – 7km					-
4G	ca.520m [21]	130Mbps [21]	44ms [21]	2 – 4W [20]	30ms/HO [21]	> 96%
5G (NSA)	ca.230m [21]	200 – 880Mbps [20]	21.8ms [21]	3 – 5W [20]	108ms/HO [21]	> 79%
5G (mmWave)	-	3Gbps [20]	< 5ms [20]	5 – 9W [20]		kein Support
Starlink	unbegrenzt	< 100Mbps [18]	> 60ms [18]	> 50W [18]	5s/HO [18]	unterschiedlich [18]

Abbildung 7: Übertragungstechniken bewertet nach Durchsatz und Latenzzeiten.

In einer weiteren Kooperation, mit der Telekom, wurden zunächst Untersuchungen mit einer experimentellen API zur Quality of Service (QoS)-Steuerung vorgenommen. Dabei konnte ermittelt werden, wie QoS-Anforderungen aus den Anwendungsszenarien abgeleitet werden können. Eine Umsetzung über die API reichte jedoch nicht aus, da diese zum einen bei der Inanspruchnahme über die API verbesserter Kommunikation-Service-Qualitäten eng zeitlich begrenzt war, und zum zweiten auch die Varianz der Stellgrößen den Anforderungen nicht gerecht wurde.

In einer weiteren Evaluierung wurden dann Satelliten-Kommunikation näher untersucht. Die Latenzzeiten von Satellitenverbindungen waren bislang wenig attraktiv, speziell in Kombination mit den Anforderungen einer potenziellen Fernsteuerung und den damit verbundenen Anforderungen im unteren ms-Bereich. Systeme, wie z.B. Starlink arbeiten im Gegensatz zu den bisherigen Satelliten nicht im geostationären Orbit, sondern in einer Höhe vergleichbar mit z.B. den GPS-Satelliten. Dabei ist allein die Entfernung des Satelliten von der Erdoberfläche entscheidend. Die folgende Tabelle zeigt die Eigenschaften der unterschiedlichen Orbit-Höhen.

Kategorie	**Bahnhöhe**	**Latenzzeit (hin und zurück)**	**Use-Case**
Geostationary Earth Orbit (GEO)	10.000 bis 35.000 km	65 – 250 ms	Kommunikationsdienste, Erdbeobachtung, TV-Satelliten
Low Earth Orbit (LEO)	400 bis 1.500 km	2 – 10 ms	Kommunikationsdienste, Ortungsdienste (GPS)

Abbildung 8: Latenzzeiten von Satellitenverbindungen

Im Rahmen des Projektes wurde daher neben der Mobilfunkverbindung auch die Satellitengestützte Internetverbindung untersucht. Das Starlink-System bietet hinsichtlich Kommunikations-Latenzen zu den bislang nutzbaren geostationären Systemen deutliche Vorteile. So wurden zunächst Untersuchungen auf Basis der stationären Variante durchgeführt, um grundsätzliche Informationen zu Durchsatz und Latenz, wie im Folgenden dargestellt, zu bekommen.

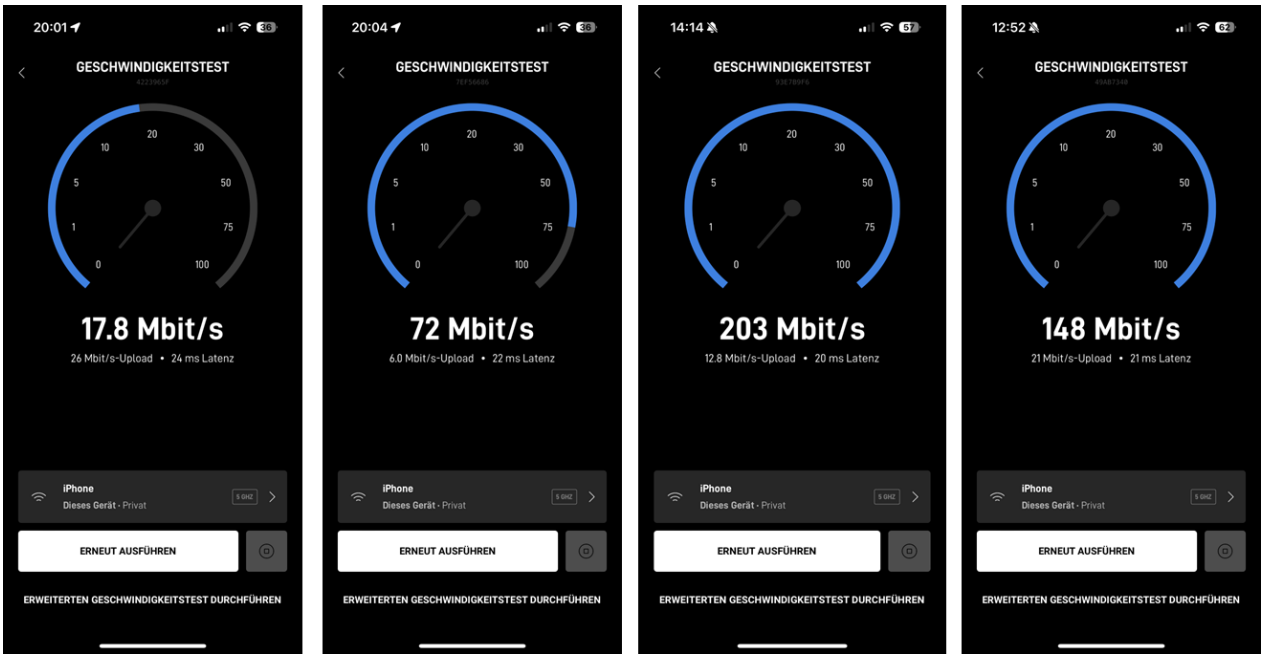
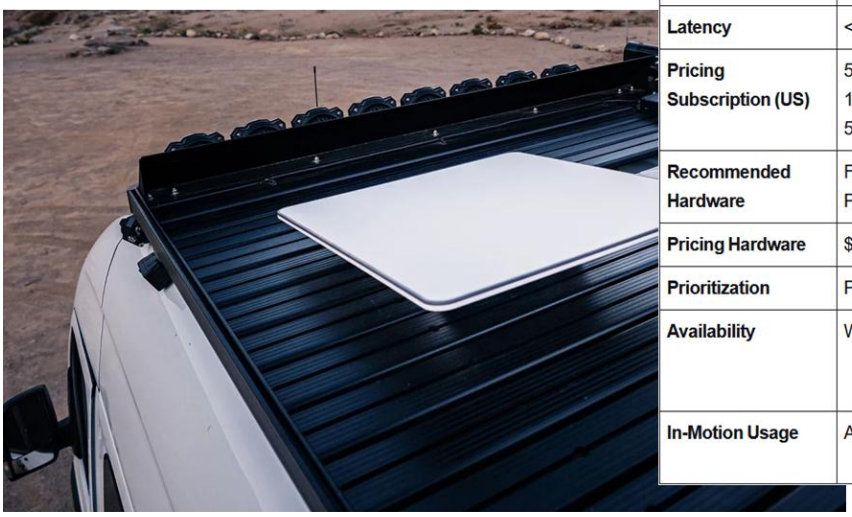


Abbildung 9: Messungen zu Latenz und Datendurchsatz im Starlink-System

Die dabei ermittelten Werte von durchschnittlichen 20MB/s im Download und 6MB/s im Upload, bei einer durchschnittlichen Latenz von 20ms, erfüllen zwar nicht alle Anforderungen der Studie, decken aber einen deutlich breiteren Bereich ab als die im Mobilfunknetz gemessenen Werte. Insbesondere, wenn es sich um eher ländliche Gebiete handelt.

Für die Fahrzeugausrüstung und die durchgeführten Validierungen wurde dann schließlich auf das mobile System (Mobile/Mobility) von Starlink zurückgegriffen, bei dem die Antenne auch an beweglichen Objekten befestigt werden kann, wie in der folgenden Abbildung dargestellt, und auch weiter unten am Beispiel des VW-Bus ersichtlich ist.



Features	Mobile/Mobility	Roam
Download Speed	40 Mbps – 220 Mbps	5 Mbps – 50 Mbps
Upload Speed	2 Mbps – 10 Mbps	8 Mbps – 25 Mbps
Latency	<99 ms	<99 ms
Pricing Subscription (US)	50 GB: $250 1 TB: $1,000 5 TB: $5,000	Regional: $150 Global: $200
Recommended Hardware	Flat High Performance Dishy	Standard Dishy
Pricing Hardware	$2,500	$599
Prioritization	Priority Access Data	Basic Access Data
Availability	Worldwide	Regional: in registered country Global: Worldwide
In-Motion Usage	Allowed	Not Allowed (if using Standard dishy)

Quelle: starlink.com

Abbildung 10: Aufbau und Eigenschaften des Mobilen Starlink-Systems

Sensor- und Fahrzeugdaten

Um realitätsnahe Kommunikationsszenarien zu haben, wurden entsprechende Sensoren, wie z.B. LIDAR eingesetzt, die ein entsprechendes Datenaufkommen realisieren konnten. Auch wurden unterschiedliche Fahrzeuge für die Validierungstests genutzt; diese und auch die mit diesen Fahrzeugen durchgeführten Validierungen sind bei den Demonstratoren als Messfahrzeuge RAC-1 bis RAC-3 detailliert beschrieben.

Im Ergebnis aller durchgeführten Tests konnte bestätigt werden, dass die zugrunde liegenden Validierungsszenarien jeweils erfolgreich abgebildet werden konnten.

9. Geplante Nutzung und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die RA Consulting GmbH wird die Ergebnisse für zukünftige Entwicklungen in dem Bereich On-Board-Monitoring (OBM), Ferndiagnose und KI-gestützter Wartung einsetzen.

Aufgrund der aktuellen finanziell dramatischen Lage der Automobilindustrie kann wirtschaftlich nicht alleine auf die Entwicklung einer Kommunikations-Middleware für automatisierte Fahrfunktionen gesetzt werden, sondern es müssen auch notwendigerweise weitere Marksegmente erschlossen werden.

Mit der Einführung der EU7-Emissionsvorschriften verlagern sich die regulatorischen Erwartungen hin zu einer kontinuierlichen Überwachung emissionsrelevanter Daten während des gesamten Fahrzeuglebenszyklus, welche ebenso den Einsatz remote erfaasster Daten erfordert.

Parallel dazu führt das Aufkommen von Software-Defined Vehicles (SDVs) zu einer grundlegenden Neudefinition des Designs von Diagnosesystemen. Kontinuierliche Softwarebereitstellung, Fernkonfiguration und Funktionsvirtualisierung erfordern einen dynamischeren und standardisierten Ansatz für die Kommunikation im Fahrzeug. Die Entwicklung von ASAM SOVD (Service-Oriented Vehicle Diagnostics) geht direkt auf diese Anforderungen ein und bietet eine REST-basierte, selbstbeschreibende Diagnoseschnittstelle, die den Echtzeit-Zugriff auf Diagnosedaten und Testlogik auf Serviceebene unterstützt.

Die Fortsetzung der Arbeiten an der Kommunikations-Middleware soll zeigen, wie standardisierte Architekturen, intelligente Fahrzeuganwendungen und Cloud-integrierte Analyse-Workflows zusammenwirken können, um sowohl regulatorische Anforderungen als auch Ziele hinsichtlich der betrieblichen Effizienz zu erfüllen.

Die näheren Angaben zur Verwendung finden sich im Teil III, Erfolgskontrollbericht.

10. Während des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt bei anderen Stellen

Parallel zu Real Driving Validation (RDV) wurde der Flottenbetreiberdienst Vay (https://vay.io/de/) entwickelt, der mittlerweile eine aktive Flotte in Las Vegas bewirbt. Dabei unterstützen, ähnlich wie in RDV, Remote-Fahrer den Flottenbetrieb, indem sie per Remote-Steuerung die einzelnen Fahrzeuge ferngelenkt nach Kundenbestellung zustellen, abholen, parken, etc. Die Fahrzeuge können aber im Vergleich zu anderen Systemen, dann von den Kunden selbst gefahren werden, wie ein reguläres Privatfahrzeug auch. Die Service-Dienste lassen sich also zusätzlich zur Standardfunktion des Fahrzeugs durch den Betreiber nutzen.

Für diesen Service werden ähnliche Technologien verwendet, wie sie auch für den Test und die Validierung in RDV vorgesehen sind. Ob, und in welchem Umfang Mess- und (Fahrzeug-)Diagnosedaten verwendet werden, war aus deren Webseite nicht ersichtlich.

Auch bei der Standardisierung wurde das Thema Validierung im Allgemeinen aufgegriffen, insbesondere vor dem Hintergrund des Zusammenspiels unterschiedlicher relevanter Standards, die zum Einsatz kommen können. Bei der ASAM wurde nach einem Konzeptprojekt ab Oktober 2024 das Projekt TestSpecification gestartet, welches insbesondere das Ziel hat, das Zusammenspiel der ASAM-Standards ASAM ODS, ASAM OTX und ASAM XIL zu verbessern, um Test- und Validierungsaufgaben besser unterstützen zu können. Dabei werden über die RDV-Projektlaufzeit hinaus unter Leitung der RA Consulting GmbH und Beteiligung der dSPACE GmbH im Rahmen der ASAM-Arbeitsgruppe die zum Teil aus den Erkenntnissen der RDV-Arbeiten stammenden Ergebnissen umgesetzt werden.

11. Veröffentlichungen

17. Tagung „Diagnose in mechatronischen Fahrzeugsystemen“ am 14./15. Mai in Dresden:
Vortrag „Von der Telemetrie zu Teleoperation - Anforderungen und Machbarkeit“, Armin Rupalla, Thomas Kotschenreuther, Dr. Frank Hantschel.

ASAM International Conference 2024 am 04 + 05.12.2024 in München:
Vortrag „From Telematics to Teleoperation“, Armin Rupalla, Thomas Kotschenreuther