



## Individueller Abschlussbericht

gaia-x  ROMS

Förderkennzeichen 19S21005A

Arvato Systems GmbH

Ort, Datum

Gütersloh, 31. Juli 2025

---

Unterschrift des Partners

Individueller Abschlussbericht Gaia-X 4 ROMS

Datum: 31.07.2025



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

## Dokumenteigenschaften

Titel	Individueller Abschlussbericht Gaia-X 4 ROMS
Betreff	Gaia-X 4 ROMS – Remote Operations for Automated and Connected Mobility Services
Förderkennzeichen	19S21005A
Laufzeit des Vorhabens	01.12.2021 – 28.02.2025
Berichtszeitraum	01.12.2021 – 28.02.2025
Erstellt von	Arvato Systems
Beteiligte	
Freigabe von	
Datum	31.07.2025
Version	1.0

## Inhalt

1	Übersicht des Projekts .....	4
1.1	Aufgabenstellung.....	4
1.2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	4
1.3	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	4
1.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	5
1.5	Verwendete Fachliteratur sowie benutzte Informations- und Dokumentationsdienste.....	5
1.6	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	5
2	Ziele und Ergebnisse der Arbeiten von Arvato Systems .....	6
2.1	Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele .....	6
2.1.1	Beteiligungen in den Arbeitspaketen TP1 bis TP4: .....	6
2.1.2	Arbeitspaket 5.1 – Use Case Design und Lifecycle .....	7
2.1.3	Arbeitspaket 5.2 – Interfaces TP1-TP3.....	18
2.1.4	Arbeitspaket 5.3 – Anforderungserhebung .....	19
2.1.5	Arbeitspaket 5.4 – Technisches Konzept .....	24
2.1.6	Arbeitspaket 5.5 – Implementierung .....	29
2.2	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	43
2.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	43
2.4	Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans .....	45
2.5	Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	47
2.6	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 11 NKBF98.....	47

## 1 Übersicht des Projekts

### 1.1 Aufgabenstellung

Ziel von Gaia-X 4 ROMS war es, ein sicheres, interoperables und skalierbares Daten- und Service-Ökosystem für den Einsatz automatisierter und vernetzter Fahrzeuge zu schaffen. Arvato Systems verantwortete innerhalb des Vorhabens die Koordination und Umsetzung des Use Case 2 "Smart Managed Freight Fleet" (TP5). Der Fokus lag dabei auf der Entwicklung und Demonstration eines digitalisierten Logistiksystems unter Integration einer autonom navigierenden Paketstation (ANP) sowie einer Gaia-X-konformen Buchungsplattform.

In mehreren Teilarbeitspaketen bearbeitet Arvato Systems dazu zentral nachfolgende Aspekte:

- Aufstellung und Beschreibung von User Stories für die Nutzergruppen von Use Case 2 „Smart Managed Freight Fleet“
- Analyse benötigter Datenquellen, Datenaustauschformate, Nachrichteninhalte und standardisierter Schnittstellen für verschiedene Services zu der autonom-navigierenden Paketstation
- Beschreibung der Anforderungen an die technischen Funktionen der autonom-navigierenden Paketstation und zugehöriger Technologiekomponenten aus Sicht relevanter Stakeholder
- Erstellung der technischen Konzepte für die Umsetzung der Technologiekomponenten
- Implementierung der Technologiekomponenten und relevanter Schnittstellen
- Demonstration und Bewertung des Use Case 2

### 1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Projekt wurde unter den Rahmenbedingungen des Förderprogramms *Gaia-X 4 Future Mobility* durchgeführt. Dies wurde mithilfe eines leistungsfähigen Partnernetzwerkes, bestehend aus Forschungseinrichtungen, Unternehmen der Logistik- und IT-Branche sowie Infrastrukturbetreibern, umgesetzt.

Herausforderungen ergaben sich aus Lieferverzögerungen bei der ANP sowie aus der Komplexität bei der Integration föderierter Gaia-X-Dienste. Die partnerschaftliche Zusammenarbeit im Konsortium und mit dem Projektträger sowie die Flexibilität von Arvato Systems haben eine fristgerechte Demonstration der Ergebnisse dennoch ermöglicht.

### 1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Der Projektverlauf gliederte sich in konzeptionelle, technische und demonstrative Phasen:

- Aufbau einer Governance-Struktur in TP1
- Ausarbeitung technischer Rollenmodelle und Datenflüsse
- Entwicklung von Plattformdiensten, Nutzeroberflächen und Backendlösungen
- Beschaffung und Integration der ANP
- Validierung der Lösungen durch Testläufe und Demonstrationen (u. a. auf der Hannover Messe und Abschlussveranstaltungen)

Das Vorhaben folgte einem iterativen, agilen Vorgehen mit Phasenstruktur entlang der Projektmeilensteine. In jeder Phase wurde durch kontinuierliche Abstimmung innerhalb des Konsortiums sichergestellt, dass Anforderungen, Umsetzung und Integration schrittweise voranschreiten. Arvato Systems übernahm hierbei insbesondere die Koordination des Use Case 2 inklusive Steuerung der Entwicklungsarbeiten und Unterauftragsvergaben.

## 1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Das Projekt knüpfte an laufende Entwicklungen im Bereich vernetzter Mobilität, autonomer Fahrzeuge sowie föderierter Dateninfrastrukturen (u. a. Gaia-X und IDS) an. Technologisch wurde auf bestehenden Microservice-Architekturen, DevOps-Praktiken sowie modernen Identitäts- und Zugriffsmanagementverfahren aufgebaut.

Das Projekt knüpfte an aktuelle Entwicklungen in den Bereichen Datenräume, Plattformökonomie und KI-basierte Logistik an. Eingeflossen sind u. a. Vorarbeiten zu:

- Agentenbasierten Systemarchitekturen (DFKI)
- Dezentralem Identitätsmanagement und Rollenlogiken (TP1)
- Edge- und Cloud-Architekturen (TP2)
- Standardisierung von Datenformaten und Schnittstellen (TP3)
- Gestaltung bedienfreundlicher Nutzeroberflächen (TP4)

## 1.5 Verwendete Fachliteratur sowie benutzte Informations- und Dokumentationsdienste

Es wurden u. a. interne Spezifikationen des Gaia-X Hubs, technische Dokumente der Gaia-X Federation Services (GXFS), wissenschaftliche Publikationen zu Multi-Agentensystemen und Remote-Operation sowie Richtlinien des BMWK und NKBF98 berücksichtigt.

Es wurden relevante technische Spezifikationen (GAIA-X Architektur, IDS, GXFS), wissenschaftliche Fachliteratur zu KI, Logistik und Mobilitätsplattformen sowie Partnerdokumentationen herangezogen.

## 1.6 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Arvato Systems arbeitete eng mit Partnern aus Forschung und Industrie zusammen, insbesondere mit dem DFKI, Fraunhofer IPK, HTW Saar, dem DLR sowie Materna und ZU. Darüber hinaus erfolgte ein regelmäßiger Austausch innerhalb der Projektfamilie Gaia-X 4 Future Mobility und dem Gaia-X Hub Deutschland.

Arvato Systems arbeitete eng mit mehreren Partnerinstitutionen zusammen, darunter:

- **DFKI** (Multi-Agenten-System für Transportaufträge),
- **Fraunhofer IPK** (GAIA-X Konnektoren & Datenarchitektur),
- **TU Dortmund & KRONE** (Schnittstellenkoordination im Transportprozess),
- **HTW Saar & DLR** (Einbindung realer Fahrzeugplattformen und Validierung).

Besonders intensiv war die Zusammenarbeit mit dem DFKI im Bereich Multiagentensysteme und Systemarchitektur, sowie mit dem Anbieter TwinswHeel bei der Integration der ANP-Hardware. Abstimmungen mit dem PMO, TÜV Rheinland als Projektträger sowie regelmäßige Konsortial- und Arbeitstreffen auf Teilprojektebene waren essentiell für den Fortschritt.

## 2 Ziele und Ergebnisse der Arbeiten von Arvato Systems

### 2.1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

#### 2.1.1 Beteiligungen in den Arbeitspaketen TP1 bis TP4:

Im Rahmen des Projekts Gaia-X 4 ROMS war Arvato Systems neben der Hauptverantwortung für TP5 „Smart Managed Freight Fleet“ auch aktiv an mehreren Aktivitäten in den Teilprojekten TP1 bis TP4 beteiligt. Ziel dieser bereichsübergreifenden Mitwirkung war es, die technische und konzeptionelle Anschlussfähigkeit des eigenen Use Cases sicherzustellen sowie Synergien zwischen den Projektsträngen nutzbar zu machen.

#### Teilprojekt 1 – Rollenmodell & Governance-Strukturen

Im TP1 lag der Schwerpunkt auf der konzeptionellen Weiterentwicklung der institutionellen Rollenmodelle und Governance-Strukturen im Gaia-X-Kontext. Aufbauend auf den Erkenntnissen aus AP 1.2 wurde gemeinsam mit den Partnern ein Feinkonzept für die beteiligten Rollen, insbesondere aus Use Case 2, erarbeitet. Arvato Systems brachte sich hier mit einer strukturierten Modellierung der Plattformrollen, Serviceverantwortlichkeiten und Datenflüsse ein. Darüber hinaus wurden Schnittmengen zu technischen Systemen aus Use Case 1 identifiziert, sodass eine ganzheitliche Betrachtung übergreifender Rollen und deren Interaktionen etabliert werden konnte.

#### Teilprojekt 2 – Föderierte Dienste und Plattformintegration

In TP2 lag der Fokus auf der Anbindung und Integration externer Systeme sowie der Erprobung föderierter Architekturen auf Basis der GXFS-Bausteine. Arvato Systems beteiligte sich maßgeblich an der Konzeption eines asynchronen Messaging-Ansatzes für die Kommunikation zwischen Buchungsplattform und Agentensystemen. Im Sinne der föderierten Datenhaltung wurde eine Mischung aus zentraler und dezentraler Datenspeicherung realisiert, um Synchronisations- und Latenzanforderungen gerecht zu werden.

Die entwickelten Services basieren auf containerisierten Modulen, die eine flexible Deployment-Strategie ermöglichen. Für die prototypische Umsetzung wurde die eine Plattforminfrastruktur aufgesetzt, um Sicherheits- sowie Skalierbarkeitsanforderungen zu erfüllen. Zusätzlich wurden potenzielle Alternativen für die Kommunikationsinfrastruktur mit dem ANP evaluiert, insbesondere unter Berücksichtigung von Echtzeit- und Verfügbarkeitsanforderungen.

#### Teilprojekt 3 – Datenflüsse, Formate und Ontologien

Im TP3 wurde der offene Datenfluss für die Auftragsprozesse konzipiert und in ersten Tests verprobt. Arvato Systems wirkte aktiv bei der Definition der Datenstrukturen und Austauschformate für die intersystemische Kommunikation mit. Insbesondere im Rahmen der Auftragserstellung wurden erste Prototypen implementiert und hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit in eine föderierte Datenstruktur geprüft.

Auch der interne Datenfluss, z. B. zwischen Buchungsplattform und MAS-Komponenten, wurde unter Berücksichtigung sich verändernder Anforderungen optimiert. Parallel dazu startete Arvato Systems gemeinsam mit Partnern den initialen Aufbau einer Ontologie für Use Case 2, die in Abstimmung mit TP4 weiterentwickelt wurde. Die funktionalen Anforderungen an die Service-Konnektoren wurden durch die Anforderungen an asynchrone, serviceübergreifende Kommunikation wesentlich mitgeprägt.

#### Teilprojekt 4 – Synergienutzung & Remote Operation

Im Rahmen von TP4 lag der Beitrag von Arvato Systems in der aktiven Identifikation und Diskussion synergetischer Potenziale zwischen den Use Cases. In gemeinsamen Workshops wurden insbesondere Anknüpfungspunkte im Bereich der Remote Operation identifiziert. Das Konzept der Fernsteuerung und

Ferninteraktion mit logistischen Assets – etwa über zentrale Cockpits – wurde als verbindendes Element beider Use Cases erkannt und soll in Folgearbeiten technologisch und organisatorisch vertieft werden.

Arvato Systems war im Rahmen des Teilprojekts **TP5 – Smart Managed Freight Fleet** federführend für die Arbeitspakete **AP 5.1 bis AP 5.6** zuständig. Ziel war die Konzeption, Entwicklung und Demonstration eines GAIA-X-kompatiblen Logistiksystems unter Einbindung einer autonom navigierenden Paketstation (ANP). Die nachfolgende Darstellung dokumentiert die Zielerreichung je Arbeitspaket und fasst die erzielten Ergebnisse zusammen.

### 2.1.2 Arbeitspaket 5.1 – Use Case Design und Lifecycle

Arbeitspaket	Ziel laut VHB	Ergebnis
AP 5.1 – Use Case Design & Lifecycle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Detaillierte Beschreibung des Use Cases (ANP)</li> <li>- Erstellung von User Stories je Nutzerrolle</li> <li>- Definition von Funktionsumfang und Deliverables</li> <li>- Gesamtdokumentation des Use Cases</li> <li>- Koordination der Partneraktivitäten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vollständige Modellierung des Use Cases mit Rollen, Prozessen und Zuständen</li> <li>✓ Erstellung praxisnaher User Stories (Versender, Empfänger, Operatoren)</li> <li>✓ Federführung in der Koordination des Arbeitspakets</li> </ul>

Im ersten Schritt wurden die konzeptionellen Grundlagen für den Use Case "Smart Managed Freight Fleet" erarbeitet. Arvato Systems beschrieb den vollständigen Anwendungsfall auf Basis realer Logistikszenerien, beginnend mit der Buchung eines Transportauftrags bis zur finalen Zustellung durch eine autonom navigierende Paketstation (ANP). Dabei wurde die gesamte Transportkette berücksichtigt – von der ersten über den Hauptlauf bis zur letzten Meile.

Ein zentrales Ergebnis war die Entwicklung eines differenzierten, Use Case-spezifischen **Rollenmodells**, das alle relevanten Akteure des Systems eindeutig beschreibt. Zu den definierten Rollen gehören u. a. der Versender, der Empfänger, der Depot Operator, der Transport Order Operator, der Remote Operator sowie weitere unterstützende Rollen wie der Service- und Delivery Operator. Jeder Rolle wurden klare Aufgaben und Systemzugriffe zugewiesen, wodurch ein fundiertes Berechtigungs- und Interaktionskonzept entstand.

Parallel dazu wurde ein **Zustandsmodell** entwickelt, das sowohl den Statusverlauf der Transportobjekte als auch die Systemzustände der ANP und beteiligten Dienste abbildet. Dieses Modell diente als Grundlage für das Monitoring und die Ereignissteuerung innerhalb der Plattform.

#### 2.1.2.1 Rollenbeschreibungen

##### Versender (Erste Meile)

Die Rolle des Versenders hat die Aufgabe ein, oder mehrere, Paket(e) zu versenden. Er gibt die Lieferbedingungen vor und legt einen Transportauftrag in der Buchungsplattform an. Darüber hinaus vereinbart er ein Rendezvous als Übergabepunkt, zu welchem er sich authentifiziert und die ANP mit einem oder mehreren Paket(e) belädt. Den Status seiner Lieferung überwacht der Versender über ein Cockpit. Der Versender kann eine Privatperson oder ein Unternehmen beliebiger Größe sein. Die Art der Sendung kann dabei ein Paket, eine Retoure oder eine Entsorgung darstellen.

## **Empfänger (Letzte Meile)**

Der Empfänger hat die Aufgabe ein, oder mehrere, Paket(e) entgegen zu nehmen. Er kann, genau wie der Versender, Lieferbedingungen vorgeben und muss ebenfalls ein Rendezvous als Übergabepunkt vereinbaren. Zu diesem Rendezvous authentifiziert er sich und entlädt sein(e) Paket(e) aus der ANP. Den Status seiner Lieferung überwacht der Empfänger über ein Cockpit. Der Empfänger kann eine Privatperson oder ein Unternehmen beliebiger Größe sein.

## **Depot Operator**

Der Depot Operator hat die Aufgabe des Management und der Überwachung der planerischen und operativen Aufgaben eines oder mehrerer Depots. Er bildet den Übergang zwischen dem Hauptlauf und der ersten / letzten Meile. Im Zusammenspiel mit eigenen Systemen des Depots und der Buchungsplattform und den dazu gehörigen Cockpits erledigt der Depot Operator die Zeit-, Personal- und Kapazitätsplanung des Depots. Dabei können die Depots verschiedene Größen haben und verschiedene Betreibermodelle verfolgen.

## **Transport Order Operator**

Der Transport Order Operator hat die Aufgabe des Managements von Flottengröße und Kapazitäten der ANP-Fahrzeuge. Grundsätzlich wird die Flottengröße durch eine intelligente Kapazitätsplanung weitestgehend automatisch gemanaged. Falls dies nicht ausreicht kann der Transport Order Operator manuell Ziele anpassen, neue ANP-Fahrzeuge bestellen oder ANP Fahrzeuge abmelden um auf zu hohe oder zu geringe Kapazitäten zu reagieren.

## **Remote Operator**

Der Remote Operator hat die Aufgabe der Überwachung der ANP-Fahrzeuge. Dabei überwacht er den Status des ANP Fahrzeugs (z.B. Batterieladung, Fahrzeugzustand, Position, Schließsysteme der Paketfächer und verschiedene Sensoren zum autonomen Fahren) und die Prozesse des ANP Fahrzeugs (z.B. Autonomes Fahren, Be- und Entladeprozesse, Ladezyklen und Wartung/Reparatur). Bei Meldungen des ANP Fahrzeugs kann der Remote Operator manuell in Prozesse eingreifen indem er die Kontrolle über das ANP Fahrzeug übernimmt oder das Fahrzeug anweist bestimmte Prozesse auszuführen.

## **Service Operator**

Der Service Operator hat die Aufgabe der Kommunikation zwischen den anderen Rollen mit Fokus auf den Kunden. Er kommuniziert über die OBU direkt mit dem Versender oder Empfänger und bietet Hilfestellung bei Problemen an. Außerdem kommuniziert er bei Bedarf mit dritten (Polizei, Ordnungsamt, Passanten). Er löst Probleme entweder selbst oder gibt sie an den Remote Operator ab.

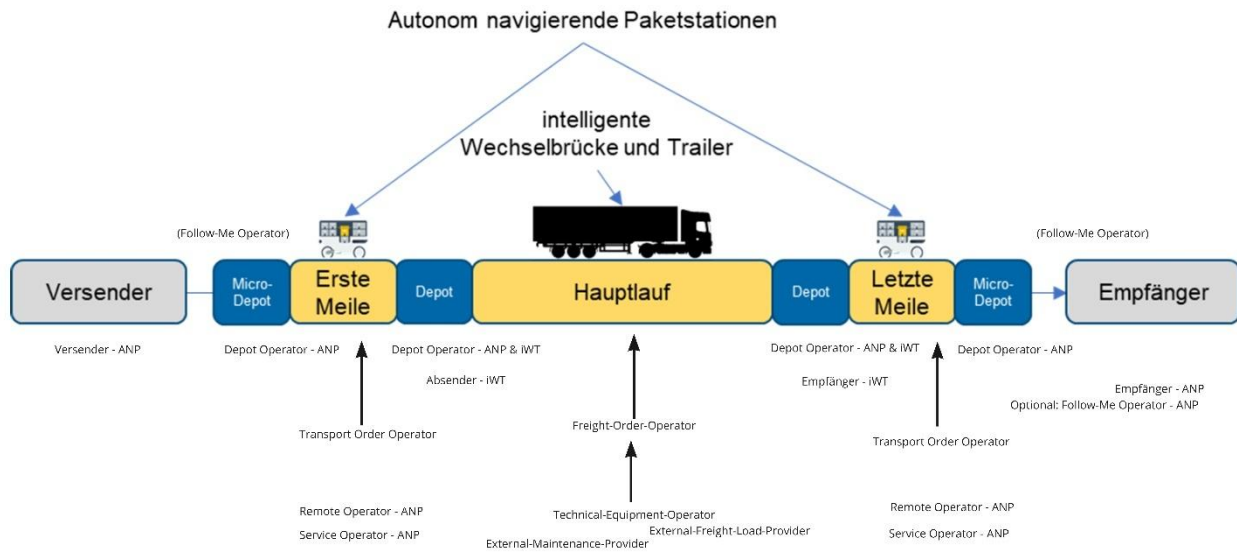


Abbildung 1: Rollen im Use Case 2

### 2.1.2.2 User Stories

Zur Implementierung der notwendigen Funktionalitäten und Prozesse je identifizierter Rolle wurden umfangreiche User Stories erstellt. Als Beispielumfang nachfolgend die User Story der Rolle „Versender“.

Rolle	Versender
Aufgabe	Paket(e) versenden
Mögliche Varianten	1. Paket 2. Retoure 3. Entsorgung
(Mögliches) Ziel / Kriterien:	4. <b>Einfach im Handling / Automatisiert:</b> Z.B. keine Registrierung, einfacher Log-In, wenige Eingaben, vorgefertigte Auswahl,... 5. <b>Schnell:</b> Der Versand soll möglichst schnell gehen. 6. <b>Günstig:</b> Der Versand soll möglichst günstig sein. 7. <b>Klimafreundlich:</b> Möglichst geringer CO2-Austausch, z.B. durch Nutzung freier Zeitfenster, Bündelung, optimale Route, Transportmittel Hauptlauf... 8. <b>Zeitfenster für Zustellung und Aufgabe:</b> Für die Zustellung und Aufgabe des Pakets kann ein Zeitfenster gewählt werden. 9. <b>Zuverlässig / Transparent:</b> Der Versender kann den Standort der Paketstation und des Paketes transparent nachverfolgen, wird über Zustellung und Zeitfenster informiert, ETA werden eingehalten, Paket wird sicher zugestellt, zuverlässige Zugangskontrolle...

	<p>10. <b>Bündelung:</b> Mehrere Versandaufträge an verschiedene Empfänger können in einem Auftrag/Abholung gebündelt werden, mehre Pakete an einen Empfänger durch einen Versender können beim Empfänger gebündelt werden</p> <p>11. <b>Barrierefrei:</b> Die Aufgabe und Zustellung kann barrierefrei erfolgen. Z.B. Sicherstellung, dass Paketstation an einem Ort ohne Stufen, Bordstein usw. hält</p> <p>12. <b>Zustelloptionen:</b> Der Versender kann verschiedene Optionen wie z.B. Einschreiben, Nachnahme, Vollmachten... wählen</p> <p>13. <b>(Kontaktfrei):</b> Die Aufgabe erfolgt ohne persönlichen Kontakt zu einem Delivery Operator. Z.B. relevant in Pandemiezeiten.</p> <p>*Nicht alle Kriterien sind grundsätzlich auswählbar. Hängt zusammen mit Vorgaben des Senders. Retoure ist in der Regel durch den Empfänger definiert. Auch im Online-Handel sind Kriterien häufig vordefiniert.</p> <p>Übergreifend: Zusammenspiel zwischen Versender und Empfänger. Beide Rollen haben unter Voraussetzungen die Möglichkeit zur Auswahl der Kriterien, evtl. durch Aufpreis.</p>
Übergabepunkt und – arten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paketstation zu einem individuellen Abgabepunkt kommen lassen</li> <li>• Paketstation am aktuellen / nächstgelegenen Standpunkt aufsuchen</li> <li>• Abgabe im Depot</li> <li>• Abgabe am geplanten Stopp</li> <li>• Zusteller / Delivery Operator</li> </ul>
Prozess	<p><b>Variante 1: Paketversand (Versender bestimmt selbst die Versandkriterien)</b></p> <p>Option 1: Es liegt eine Bestellung vor.</p> <p>a: Daten können automatisch gehandelt werden.</p> <p>b: Daten müssen manuell gehandelt werden.</p> <p>c: Daten müssen automatisch und manuell gehandelt werden.</p> <p>Option 2: Initial-Versand (Aktionsware, Privatpersonen,...) siehe Option 1: a-c</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrierung mit Adresse, Kontaktinformationen und Bezahlvariante / Anmeldung bei vorheriger Registrierung (einmalig, des Nutzers)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportauftrag erfassen             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Eingabe von Informationen: Auswahl der Zustell- und Abholkriterien, Empfänger, Paketkriterien (Gewicht, Größe, Güterart, (Gefahrstoff)...), ggf. Rück-Lieferoptionen bei Nicht-Zustellung</li> </ul> </li> <li>• Durchführung Paketübergabe</li> <li>• After-Shipping/Transportbegleitende Informationen z.B.: Änderungen des Zustellortes/Zeit, Echtzeit-Tracking, ETA ...</li> </ul> <p><b>Variante 2: Paketversand (Empfänger bestimmt die Versandkriterien)</b></p> <p>Option 1: Es liegt eine Bestellung/Kundenauftrag vor.</p> <p>a: Daten können automatisch gehandelt werden.</p> <p>b: Daten müssen manuell gehandelt werden.</p> <p>c: Daten müssen automatisch und manuell gehandelt werden.</p> <p>Option 2: Retoure; siehe Option 1:</p> <p>a : Rücksendeinformationen liegen vor</p> <p>b : Rücksendeinformationen müssen eingegeben werden</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrierung mit Adresse, Kontaktinformationen und Bezahlvariante</li> <li>• Transportauftrag erfassen             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Eingabe von Informationen: Auswahl der Zustell- und Abholkriterien, Empfänger, Paketkriterien (Gewicht, Größe, Güterart, (Gefahrstoff)...) )</li> </ul> </li> <li>• Durchführung Paketübergabe</li> <li>• After-Shipping (Änderungen, Tracking,...)</li> </ul> <p>Dieser Punkt muss an späterer Stelle noch einmal separat und detaillierter besprochen werden. Heutige Prozesse müssen in der Zukunft nicht mehr gelten.</p>
<p>Informationsflüsse</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Web-App -&gt; Mobilitätsplattform:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Registrierung</li> <li>b. Transportauftrag</li> <li>c. Rendezvous Terminfenster/Ort</li> </ol> </li> <li>2) Mobilitätsplattform-&gt; Web-App             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Preisangebot (inkl. Optionen)</li> <li>b. Emissionen (geschätzt)</li> <li>c. Auftrags-Alternativen (Zeit/Ort/Kosten)</li> <li>d. ETA (Wo befinden sich die Informationen?)</li> <li>e. Tracking (Wo befinden sich die Informationen?)</li> </ol> </li> </ol>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>f. Störungsmeldung</li> <li>g. Label-Informationen (Paket)</li> </ul> <p>3) Mobiles Gerät &lt;-&gt; Web App</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Kamera</li> <li>b. Sprache</li> <li>c. NFC</li> <li>d. GPS</li> <li>e. Bezahlungsfunktionen</li> </ul>
Technologische Hilfsmittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Web-App</li> <li>Kartenschnittstelle</li> <li>Barcodescanner</li> <li>NFC</li> <li>GPS-Ortungssystem (Handy)</li> <li>(Transponder nur beim Fahrzeug)</li> <li>(IDS) Konnektor</li> <li>Kamera-Erfassung für z.B. Geometriedaten etc.</li> <li>Kreditkarten etc.</li> <li>(Emission Tracking evtl. nicht nur beim Versender)</li> <li>„Zeitmeilenkonto“</li> <li>Spracherkennung/Mehrsprachigkeit (Fahrzeug oder Handy)</li> <li>Smart Contracts</li> <li>(Externe Schnittstelle)</li> </ul>

**Tabelle 1: User Story Versender**

### 2.1.2.3 Beschreibung der Teilprozesse

Im folgenden Kapitel werden die zentralen Teilprozesse des Use Cases „Smart Managed Freight Fleet“ beschrieben – von der Erfassung eines Transportauftrags durch den Versender über die operative Durchführung mit autonom navigierenden Paketstationen bis hin zur Zustellung beim Empfänger.

#### Transportauftrag Versender erfassen

Um einen Transportauftrag zu erfassen, benötigt der Versender Zugriff zu der Buchungsplattform. Um einen neuen Transportauftrag zu erfassen, muss der Versender der Buchungsplattform alle nötigen Daten übermitteln.

Die Buchungsplattform validiert die Transportaufträge dahingehend, ob sie durch den hier beschriebenen Prozess abgebildet werden können. Dabei sind sowohl das Vorhandensein der Transportrelationen und ANP Flotten auf den Transportwegen, als auch die jeweiligen Kapazitäten relevant. Die verfügbaren Transportrelationen und ANP Flotten sind in der Buchungsplattform hinterlegt. Die Kapazitäten dieser

Transportrelationen und ANP Flotten empfängt die Buchungsplattform dauerhaft vom Buchungsagenten, welcher diese dauerhaft von allen anderen Agenten übermitteln, bekommt. Kann ein Transportauftrag nicht über den hier beschriebenen Prozess abgebildet werden, wird dies dem Transport Order Operator mitgeteilt, welcher andere Transportmittel nutzt, um den Transportauftrag durchzuführen. Kann der Transportauftrag von dem Prozess abgebildet werden, wird er anhand der hinterlegten Transportrelationen in Vor-, Haupt- und Nachlaufaufträge aufgeteilt. Diese Teilaufträge werden dem Buchungsagenten übermittelt.

Der Buchungsagent sammelt diese Teilaufträge und validiert sie für sich ebenfalls. Danach werden die Teilaufträge vom Buchungsagenten spezifiziert und mit Freigabezeitpunkten versehen.

### **Transportauftrag durchführen (Erste Meile inkl. Rendezvous)**

Der Transportauftrag der ersten Meile startet, sobald der ANP-Agent den entsprechenden Teilauftrag aus seiner Transportliste startet. Der ANP-Agent fragt die Route und die ETA beim Routing und ETA Service an und übermittelt diese an den Buchungsagenten. Der Buchungsagent gibt diese und weitere Statusmeldungen an das Cockpit weiter. Der ANP-Agent gibt die Fahrbefehle an das Fahrzeug weiter. Sobald der ANP-Agent über den Routing Service erfährt, dass er am Ziel angekommen ist, gibt er diese Information über den Buchungsagenten an das Cockpit weiter. Der Versender erhält über das Cockpit die Information, dass eine ANP für ihn bereitsteht. Der Versender authentifiziert sich mittels der Zutrittssteuerung am ANP und legt sein Paket in die für ihn geöffnete Paketbox. Im Anschluss startet die ANP ihren nächsten Fahrauftrag.

### **Warenumschlag ANP zu Depot**

Sobald die ANP durch einen Fahrauftrag an einem Depot ankommt, startet der Warenumschlag von der ANP zum Depot. Dort authentifiziert sich ein Depot Mitarbeiter, damit sich alle relevanten Paketboxen öffnen. Daraufhin entnimmt der Depot Mitarbeiter alle Pakete und schließt die Paketboxen. Die Pakete werden im Depot weiterverarbeitet und für den Hauptlauf vorbereitet.

### **Warenumschlag Depot zu ANP**

Sobald der festgelegte Zeitpunkt erreicht ist, wird die ANP mit allen Paketen auf ihrer Transportauftragsliste beladen. Dafür authentifiziert sich ein Depot Mitarbeiter, damit sich alle relevanten Paketboxen öffnen und belädt die Paketboxen entsprechend. Im Anschluss startet die ANP mit der Abbearbeitung ihrer Transportauftragsliste. Vor dem Start überprüft der ANP-Agent ob die Batterieladung für die anstehende Route ausreicht.

#### **2.1.2.4 Allgemeine Ablaufbeschreibung Rendezvous**

##### **Beschreibung des Rendezvous als Schnittstelle zwischen der autonom navigierenden Paketstation und den Rollen Versender und Empfänger auf der ersten und letzten Meile**

In mehreren Schritten wurde das Rendezvous als Schnittstelle zwischen der autonom navigierenden Paketstation und den Rollen Versender und Empfänger auf der ersten und letzten Meile beschrieben. Der Ablauf dieses Rendezvous ist unter anderem ausschlaggebend für die Funktionsweise der Buchungsplattform und der Auftragssteuerung durch das Multisagentensystem. Die Beschreibung des Rendezvous wurde als erster Entwurf von Arvato Systems vorgelegt und im Anschluss in mehreren Schritten mit dem DFKI ausgestaltet. Das Ergebnis ist eine Beschreibung dieses Prozesses, die als Grundlage für die Entwicklung genutzt werden soll.

Ein Rendezvous besteht immer aus einem Ort, einem Zeitfenster und einer legitimierten Person mit einer zugehörigen Identität. Das Rendezvous bezeichnet den Treffpunkt für Übergaben bzw. Abholungen von Paketsendungen mit einer ANP. Der Ort wird vom Versender oder Empfänger festgelegt und ist, unter Berücksichtigung der vorher aufgezeichneten HD-Karte, vom Versender oder Empfänger frei wählbar. Mit

der Ortsbestimmung werden folglich verfügbare Zeitfenster für eine Begegnung von Versender oder Empfänger mit einer ANP angezeigt, die anschließend frei bestimmt werden können.

Zusätzlich wird die Dauer eines Rendezvous für die zeitliche Planung berücksichtigt. Die Dauer setzt sich aus der Wartezeit und aus der Interaktionszeit zusammen. Die Wartezeit ist die Zeit, die die ANP am vereinbarten Ort wartet, bis sie weiterfährt und das Rendezvous storniert. Die Wartezeit wird vom Flottenbetreiber festgelegt und beginnt bei Eintreffen der ANP am Zielpunkt, frühestens aber ab der unteren Grenze des vereinbarten Zeitfensters, damit kein Nachteil für den Versender oder Empfänger durch ein zu frühes Eintreffen der ANP entsteht. Die Interaktionszeit ist die durchschnittliche Zeit, die ein Versender oder Empfänger zur Abgabe oder Entnahme seiner Sendung inklusive Authentifikation benötigt.

### Initiales Rendezvous

Bei der Buchung eines Transportauftrags schlägt die Buchungsplattform ein initiales Rendezvous für den Versender und für den Empfänger vor. So wird sichergestellt, dass im Anschluss an die Auftragserfassung immer ein Rendezvous geplant werden kann. Das initiale Rendezvous besteht aus dem nächst-möglichen Treffpunkt in der Nähe der Adresse des Senders oder des Empfängers und einem im System festgelegten Zeitfenster. Ausgehend davon kann der Versender oder Empfänger sein Rendezvous individuell anpassen.

### Grobplanung

Mit dem initialen Rendezvous startet die Grobplanung. Während der Grobplanung ordnet sich ein ANP-Agent dem Transportauftrag anhand der jeweiligen Grenzkosten zu. Der ANP-Agent, der sich dem Transportauftrag anhand der Grenzkosten zugeordnet hat, plant den Transportauftrag bereits in seine Transportauftragsliste ein. Der vereinbarte Ort stellt dabei einen Zielpunkt innerhalb einer dynamischen Route dar. Die Route wird vom ANP-Agenten auf Basis der Zielkoordinaten durch einen externen Routing-Service kontinuierlich und dynamisch berechnet. In der Folge übermittelt der ANP-Agent schrittweise die nächste Zielposition in Form von GPS-Koordination als „Fahrauftrag an die ANP, damit diese anhand der vorliegenden HD-Karte automatisiert vom Fahrzeug angefahren werden kann. Während der Grobplanung kann der Versender oder Empfänger sein Rendezvous beliebig ändern. Ändert der Versender oder Empfänger den Ort des Rendezvous sortiert der zugeordnete ANP-Agent den Transportauftrag neu in seiner Transportauftragsliste ein, oder gibt ihn ab und ein neuer ANP-Agent ordnet sich diesem Transportauftrag zu. Nach der Änderung des Ortes werden dem Versender oder Empfänger erneut die verfügbaren Zeitfenster angezeigt, von denen er eines frei wählen kann. Ändert der Versender oder Empfänger sein Zeitfenster am gleichbleibenden Ort, werden ihm die verfügbaren Zeitfenster des aktuell zugeordneten ANP-Agenten angezeigt. Die Grobplanung endet in dem Moment in dem die ANP, deren ANP-Agent sich dem Transportauftrag zugeordnet hat, mit der Abarbeitung der Transportauftragsliste beginnt und dies durch einen entsprechenden Auftragsstatus gesetzt wird.

### Feinplanung

Während der Feinplanung kann das Rendezvous vom Versender oder Empfänger nur noch bedingt geändert werden, ohne dass eine Stornierung des Rendezvous nötig ist.

### Versender

Da der Versender nicht von der Verladung einer Sendung auf die ANP des aktuell zugeordneten ANP-Agenten abhängig ist, kann der Versender sein Rendezvous auch während der Feinplanung analog zur Grobplanung ändern.

### Empfänger

Während der Feinplanung besteht für den Empfänger eine Abhängigkeit zu der ANP des aktuell zugeordneten ANP-Agenten, da die Sendung bereits auf diese ANP verladen wurde.

Der Empfänger kann sein Rendezvous während der Feinplanung nur so ändern, wie es für den aktuell zugeordneten ANP-Agenten abbildbar ist, da seine Sendung bereits auf die ANP dieses ANP-Agenten verladen wurde. Dazu werden ihm die möglichen Orte und Zeitfenster angezeigt. Sollte der Empfänger das Rendezvous über die Möglichkeiten hinaus ändern wollen, muss er dieses stornieren und neu vereinbaren.

Sollte das Rendezvous storniert werden, wird automatisch ein Transportauftrag zur Übergabe der Sendung an ein Depot an den ANP-Agenten für die Rücklieferung an den Versender übermittelt. Der Empfänger kann dann nur ein Zeitfenster wählen, welches nach diesem Rücktransport für einen neuen ANP-Agenten abbildbar ist.

### **Restriktionen**

Sollte ein vom Versender oder Empfänger gewünschtes Rendezvous nicht abbildbar sein, werden ihm Alternativen am selben Ort zu einer anderen Zeit oder zur selben Zeit an einem anderen Ort vorgeschlagen. Ein Rendezvous ist nicht abbildbar, wenn keine Kapazitäten verfügbar sind, der Auftrag nicht den Spezifikationsanforderungen entspricht, oder die Wegstrecke nicht Bestandteil der von der ANP erfassten HD-Karte ist.

### **2.1.2.5 Definition und Beschreibung der Sub Use Cases zur TP übergreifenden Dokumentation und Entwicklung der Services**

In Absprache mit den anderen Partnern aus TP5 und TP4 wurde ein Vorgehen bestimmt, welches eine einheitliche Dokumentation der entwickelten Services aus beiden Use Cases ermöglicht. Darüber hinaus dienen diese Sub Use Cases der Kommunikation gegenüber TP1-3 zur Abstimmung der Anforderungen an die GXFS. Dazu wurden die Use Cases in mehrere Sub Use Cases eingeteilt.

#### **Identifikation und Definition der Sub Use Cases**

Gemeinsam mit den Partnern aus TP5 wurden die Sub Use Cases für den Use Case aus TP5 identifiziert und definiert. Dazu wurde sich aus TP5 heraus an den Services orientiert, die in der VHB beschrieben wurden. In gemeinsamen Terminen der beteiligten Partner wurden diese Sub Use Cases dann einzeln definiert und gegenüber den anderen Sub Use Cases abgegrenzt.

#### **Beschreibung der Sub Use Cases**

Im Anschluss an die Identifikation und Definition der Sub Use Cases wurden diese beschrieben. Dazu wurden die identifizierten Sub Use Cases in das gemeinsame GitLab übertragen und von den Partnern beschrieben. Arvato Systems hat dabei folgende Sub Use Cases vollständig oder gemeinsam mit den Partnern aus TP5 beschrieben. Dabei wurden Referenz-Use Cases, Motivation / EPICs, Stakeholders, Gaia-X-Kriterien, Beschränkungen und Voraussetzungen, Arbeitsablauf, Nachbedingungen und Technische Anforderungen beschrieben.

Das Ergebnis ist eine Beschreibung der Sub Use Cases, welche im gemeinsamen GitLab weiterentwickelt werden sollen und in folgenden Schritten durch User Stories ergänzt wurde.

#### **(01) Buchungsplattform**

Die Erstellung und Anpassung von Versandaufträgen zur Abwicklung einer Sendung von einem Versender zu einem Empfänger ist die wesentliche Aufgabe der Buchungsplattform. Es werden die Informationen von entsprechenden Akteuren aufgenommen, aufbereitet und an andere Akteure, die diese Informationen benötigen, zur Verfügung gestellt. Sie bildet eine Schnittstelle der Endkunden zum Use Case, aber auch der Eingriffsmöglichkeit von Operatoren auf den Lieferprozess. Während die Interaktion und Eingriffsmöglichkeiten von Personen über so genannte Cockpits erfolgt und diese mit der Buchungsplattform verknüpft sind, wird auf der anderen Seite eine Verknüpfung mit den Agenten für die Auftragssteuerung eingegangen.

#### (04) Kapazitätsmanagement

Für die Auftragssteuerung ist eine Kapazitätsplanung aller verfügbarer Ressourcen vorab durchzuführen und währenddessen aufrechtzuerhalten. Dazu sollen die Kapazitätsdaten der einzelnen physischen Objekte (ANP, iWT, Depot) an die jeweiligen Agenten übermittelt und weiterverarbeitet werden. Auf dieser Grundlage sollen Front-end basierte Planungsansichten für die Anwender individuell realisiert werden.

#### (05) ETA-Prognosen

Anhand der Bereitstellung von Geopositionen (z.B. GPS) von einer ANP und einer iWT erfolgt die Berechnung der voraussichtlichen Ankunftszeit (ETA), die den Softwareagenten direkt und den menschlichen Akteuren über spezielle Cockpits (Frontend) bereitgestellt wird. Dadurch soll die Qualität des Transport- und Flottenmanagements (Kapazitätsauslastung, verbundene Prozesse, Servicelevel) für die Betreiber und der faire sowie transparente Austausch der gewonnenen Frachtdaten für die Flottenbesitzer verbessert werden.

#### (06) Routing First & Last Mile

Der Routing First & Last Mile Service wird in der Auftragssteuerung genutzt, sodass eine optimale Streckenführung für ANP realisiert sowie an AnwenderInnen kommuniziert und in Cockpits angezeigt werden können. Dabei soll eine dynamische Routenführung zwischen den Wegpunkten in Bezug auf das dynamische Verkehrsgeschehen verfolgt werden, die eine Streckenführung anhand von Passierpunkten ermöglicht. Die Wegpunkte werden in Form von Fahrbefehlen vom ANP-Agenten an die On-Board-Unit des ANP-Fahrzeugs übermittelt.

#### (07) Cockpit

Die Bereitstellung von Informationen, zugeschnitten auf die ausübende Rolle (z.B. Statusmeldungen, Kennzahlen, etc.), sowie die Schaffung einer intuitiv nutzbaren Interaktions- und Steuerungsoberfläche für die jeweiligen Assets (z.B. Stornierung von Aufträgen) sind die beiden Kerninhalte der Cockpits. Sie bilden das Bindeglied zwischen Menschen und Service.

#### (08) Zutrittssteuerung

Sicherstellung des ordnungsgemäßen Zugangs der jeweiligen Nutzer zu den Paketfächern einer ANP. Prüfung der Identität und Freigabe der berechtigten Paketfächer.

#### (09) Stördienst

Beheben von technischen Störungen im autonomen Betrieb der ANPs. Eingriff bei Fahrzeugbewegungen, die nicht autonom durchgeführt werden können.

### 2.1.2.6 Glossar und Begriffsdefinitionen

Gemeinsam mit den Partnern aus TP5 wurden Begriffe und Abkürzungen aus dem Use Case von TP5 in einem Glossar auf der DLR-Teamsite definiert, mit dem Ziel diese für alle Partner und Teilprojekte zugänglich zu machen. Dabei wurden von Arvato Systems vorrangig die Begriffe und Abkürzungen in Zusammenhang mit der Buchungsplattform, den Cockpits und den Rollen mit einem Fokus auf die erste und letzte Meile beschrieben. Das Glossar liegt zur partnerübergreifenden Bearbeitung auf der geteilten Arbeitsplattform.

Abkürzung	Name	Erläuterung



Finanziert von der Europäischen Union  
NextGenerationEU



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

MVD	Minimal Viable Demonstrator	Am Ende der Projektlaufzeit haben wir das Ziel einen Demonstrator auf die Beine gestellt zu haben, der verschiedene Szenarien der Use Cases veranschaulicht. Mit Hilfe des MVD wollen einzelne Partnerübergreifend Komponenten zusammenbringen und die Machbarkeit unserer Ansätze prüfen (ähnlich zu PoC).
iWT	intelligente Wechselbrückenaufbauten und Trailer	Die Einheit (von Krone), die auf dem Hauptlauf zwischen Städten und ihren Depots unterwegs ist und gesammelt Pakete transportiert. Sie sind zusätzlich mit Telematik-Einheiten ausgerüstet, sodass wir z.B. auf das GPS zugreifen können. Die iWT umfasst nicht die Zugmaschine mit Fahrer; dies ist jedoch in unserem Kontext bislang nicht von starker Bedeutung.
ANP	Autonom Navigierende Paketstation	Man stelle sich DHL-Paketstationen auf einem autonom fahrenden Untergestell vor. Hier werden zu Beginn Pakete aufgegeben und am Ende wieder Entnommen. Sie fahren in einer Vielzahl innerhalb einer urbanen Region zwischen den Kunden auf dynamischen geplanten Routen.
MAS	Multi Agenten System	Das Planungsherzstück, entwickelt vom DFKI. Es gibt unterschiedliche Agenten für die ANPs, iWTs, Depots, etc. und über Kostenfunktionen und den Schnittstellen zu unserer Plattform, wird die Auftragssteuerung und Routenplanung übernommen.
ETA	Expected Time of Arrival	Eine zentrale Information sind sind voraussichtliche Ankunftszeiten der fahrbaren ANP und iWT um die Planung effizient zu gestalten. Dies wird von der TU Dortmund übernommen. Andere Zeitabschätzungen müssen vom MAS oder uns geliefert werden.

KEP-Dienstleister	Kurier-Express-Paket-Dienstleister	
RV	Rendezvous	
FOO	Freight Order Operator	
TOO	Transport Order Operator	
DO	Depot Operator	
SO	Service Operator	
RO	Remote Operator	

Tabelle 2: Glossar und Begriffsdefinitionen Use Case 2

### 2.1.3 Arbeitspaket 5.2 – Interfaces TP1-TP3

Arbeitspaket	Ziel laut VHB	Ergebnis
AP 5.2 – Schnittstellen zu TP1-TP3	- Definition und Abstimmung technischer Schnittstellen - Sicherstellung Interoperabilität mit Diensten aus TP1-TP3	✓ Durchführung mehrerer technischer Abstimmungen ✓ Integration föderierter Identitätsdienste ✓ Anbindung an Multiagentensystem, Routing- und Telemetriekomponenten

In diesem Arbeitspaket entwickelte Arvato Systems ein ganzheitliches Konzept für die benötigten Infrastruktur- und Servicekomponenten. Ausgangspunkt war die Analyse der Anforderungen an die digitale Steuerung eines komplexen Logistiksystems mit dezentralen Akteuren.

Es wurden dedizierte Servicebausteine identifiziert, spezifiziert und miteinander in Beziehung gesetzt. Dazu zählen insbesondere:

- ein **Transportbuchungsservice**,
- eine **Auftragsverwaltungs- und Dispositionskomponente**,
- ein **Depotmanagement-Service** für Lade-, Park- und Wartungsprozesse der ANP

Besonderes Augenmerk galt den Schnittstellen zwischen den einzelnen Services sowie zur physischen Fahrzeugkomponente. Arvato Systems beschrieb hierfür die technischen Anforderungen und die

Kommunikationsmechanismen (REST, MQTT, WebSocket), die eine sichere und interoperable Integration ermöglichen.

Eine Prototypische Entwicklung eines Backends für die Plattform und das Cockpit des Flottenbetreibers sind im Rahmen des MVD erstellt worden. Diese nutzen den IDS-Connector als Bindeglied zum Service des Multi Agenten Systems um einen Datenaustausch zu bezwecken. Ergebnis ist die Positionsübertragung von iWT-Fahrzeugen hin zum Cockpit. Außerdem ist dieser Weg für Fahrzeuge des Use Case 1 getestet worden, um den Gedanken der gemeinsamen Mobilitäts-Domäne aufzunehmen. Das Ergebnis des MVD diene als Referenz für die weitere Backendentwicklung.

Ein rudimentäres User Interface für den Flottenbetreiber ist in diesem Zusammenhang mit aufgezogen worden und dient der Anforderung an die Cockpits.

Für die Buchungsplattform ist die Backend-Entwicklung der Auftragserstellung fortgeschritten, eine Schnittstelle zu den Versender Frontends besteht, sodass sich dem Nutzer die Möglichkeit bietet Orte und Zeitslots für das sogenannte Rendezvous frei auszuwählen. Updates zu den Sendungen werden dem jeweiligen Nutzer bereitgestellt. Eine weitere Schnittstelle zur Auftragsverwaltung über die Multi Agentensysteme ist bereits konzipiert, aber noch nicht implementiert und getestet. Die Weiterleitung von Daten für das Routing und der ETA-Erzeugung ist hierbei von der Buchungsplattform berücksichtigt worden. Die Verwaltungsmöglichkeit von Aufträgen und Rendezvous seitens der Empfänger und Versender ist ebenfalls gestartet.

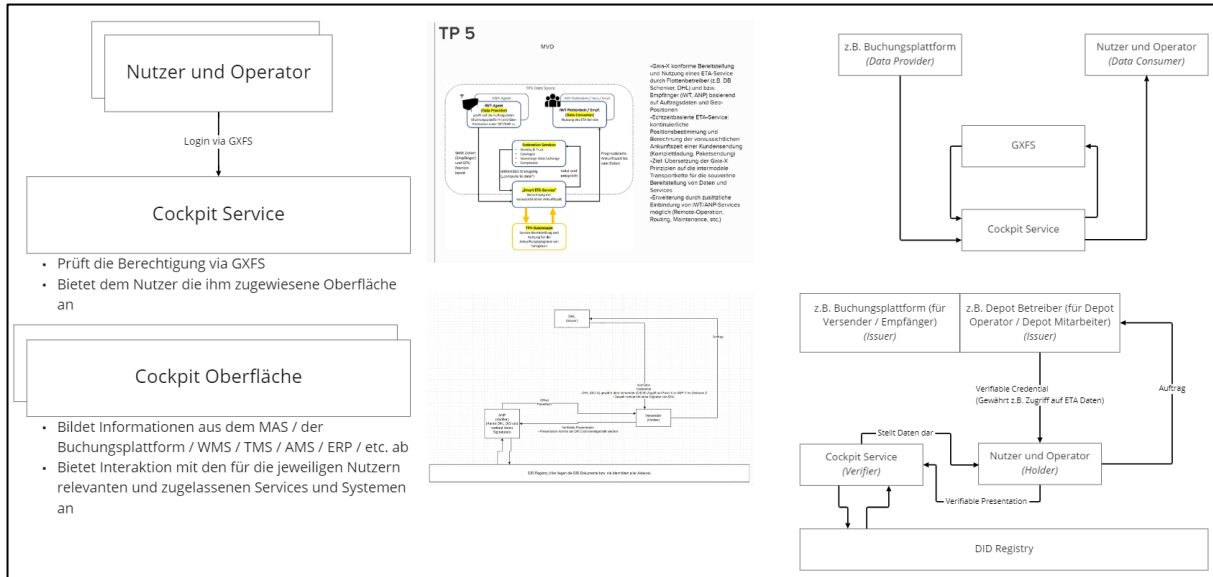
Im späteren Projektverlauf wurde zur weiteren Stärkung der Interoperabilität eine EDC-basierte Kommunikationslösung zwischen Arvato Systems und dem DFKI entwickelt. Diese Lösung wurde im Berichtszeitraum durch Materna bereitgestellt und trägt zur Verknüpfung der Buchungsplattform mit den Flottensteuerungsdiensten bei.

#### 2.1.4 Arbeitspaket 5.3 – Anforderungserhebung

Arbeitspaket	Ziel laut VHB	Ergebnis
AP 5.3 – Anforderungserhebung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Technische und funktionale Anforderungen an alle Plattform- und Servicekomponenten</li> <li>- Definition der Rollen und Datenflüsse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Erarbeitung von Anforderungen an alle Systemkomponenten</li> <li>✓ Definition von Interaktions- und Berechtigungsmodellen</li> <li>✓ Umsetzung in ein konsistentes Rollenmodell für Buchung &amp; Rendezvous</li> </ul>

Basierend auf den vorangegangenen Konzepten konzipierte Arvato Systems die technischen Datenflüsse und Interaktionen der einzelnen Services. Dabei wurde ein verteilter, eventbasierter Architekturansatz gewählt, der eine hohe Skalierbarkeit und Ausfallsicherheit gewährleistet.

### 2.1.4.1 Cockpit



**Abbildung 2: Anforderungserhebung Cockpit**

Das Cockpit ist ein Service in welchem, alle für die Nutzer relevanten Informationen dargestellt werden und die für den Prozess nötigen Interaktionen ermöglicht werden. Die Nutzer greifen auf das Cockpit via GXFS-Authentifizierung zu und erhalten so nur die für sie gedachten Informationen und Interaktionsmöglichkeiten.

Die Nutzer sind absichtlich nicht mit den bisher definierten Rollen gleichgesetzt, da es innerhalb einer Rolle verschiedene Nutzer mit verschiedenen Berechtigungen geben kann.

### 2.1.4.2 Datenflüsse

Der Datenfluss des Use Cases aus TP5 wurde gemeinsam mit den Partnern aus TP5 und leitend von TP2 in weiteren Workshops verfeinert. Dabei wurden von Arvato Systems vorrangig die Prozesse und Datenflüsse in Zusammenhang mit der Buchungsplattform, den Cockpits und den Rollen mit einem Fokus auf die erste und letzte Meile beschrieben.

Für jeden Service wurden die ein- und ausgehenden Datenflüsse dokumentiert und deren semantische Bedeutung in einem Metamodell erfasst. Dies ermöglichte eine systematische Überführung der Konzepte in eine plattformfähige Microservice-Architektur, bei der die Daten zwischen Agenten, Nutzerrollen und Fahrzeugen synchronisiert werden.

### Ausgewählte Darstellung Prozessfluss Happy Path

Die dargestellte Abbildung zeigt eine konsolidierte Modellierung zentraler Teilprozesse im sogenannten Happy Path innerhalb des Use Cases „Smart Managed Freight Fleet“. Der Fokus liegt dabei auf der Verknüpfung von Nutzeraktionen (Versender, Empfänger, Operator), Systemzuständen und Serviceinteraktionen – insbesondere im Zusammenhang mit der autonom navigierenden Paketstation (ANP) und den angebotenen Backend-Systemen.

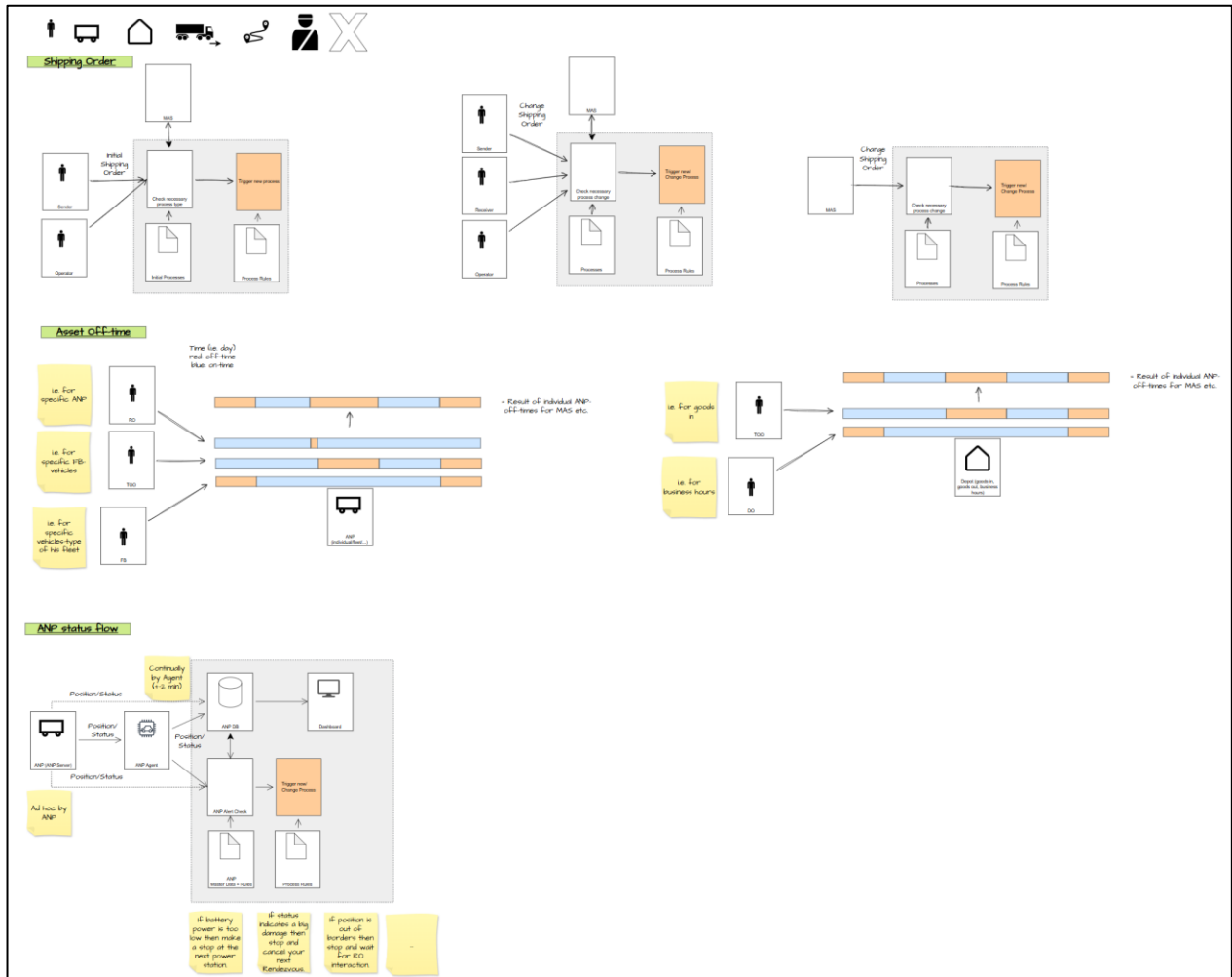


Abbildung 3: Ausgewählte Darstellung Prozessfluss Happy Path

### Shipping Order – Prozessfluss für Versandaufträge

Im oberen linken Bereich ist der Ablauf rund um das Anlegen und Anpassen eines Versandauftrags dargestellt. Der Ablauf beinhaltet folgende Hauptschritte:

- Versender initiiert einen Versandauftrag über das Frontend.
- Der Auftrag wird durch den Operator geprüft und über das System weiterverarbeitet.
- Anschließend wird ein Trigger Point gesetzt, der den Startpunkt für die Abwicklung markiert (z. B. Auftragsannahme, Fahrzeugbereitstellung).
- Der Auftrag durchläuft mehrere Prozessstufen (Verarbeitung, Zeitplanung, Routing).
- Über eine WMS-Schnittstelle können bestehende Aufträge auch nachträglich geändert werden.

Dieser Teil des Happy Paths bildet die Grundlage für die Integration mit der Rendezvous-Logik sowie der Tourplanung über das MAS.

### Asset Off-Time – Verfügbarkeitslogik der ANPs

Der mittlere Abschnitt zeigt, wie individuelle oder gruppierte Off-Zeiten von ANPs (Autonom Navigierende Paketstationen) verwaltet werden. Drei Varianten sind dargestellt:

- Individuelle Konfiguration eines ANP (z. B. für Wartung oder Ladezyklen)

- Gruppierte Off-Times für eine bestimmte Fahrzeugklasse (z. B. für Indoor-ANPs)
- Flottenweite Konfiguration (z. B. bei nächtlicher Stilllegung der gesamten Fahrzeugflotte)

Diese Informationen werden über Operator- oder MS-Rollen in das System eingepflegt und anschließend visualisiert, um verfügbarkeitsbasierte Planungen im Multiagentensystem (MAS) zu ermöglichen. Die resultierenden Verfügbarkeitsfenster beeinflussen direkte Routingentscheidungen und Zeitfensterangebote im Rendezvous-Prozess.

**ANP Status Flow – Statuslogik der Fahrzeuge**

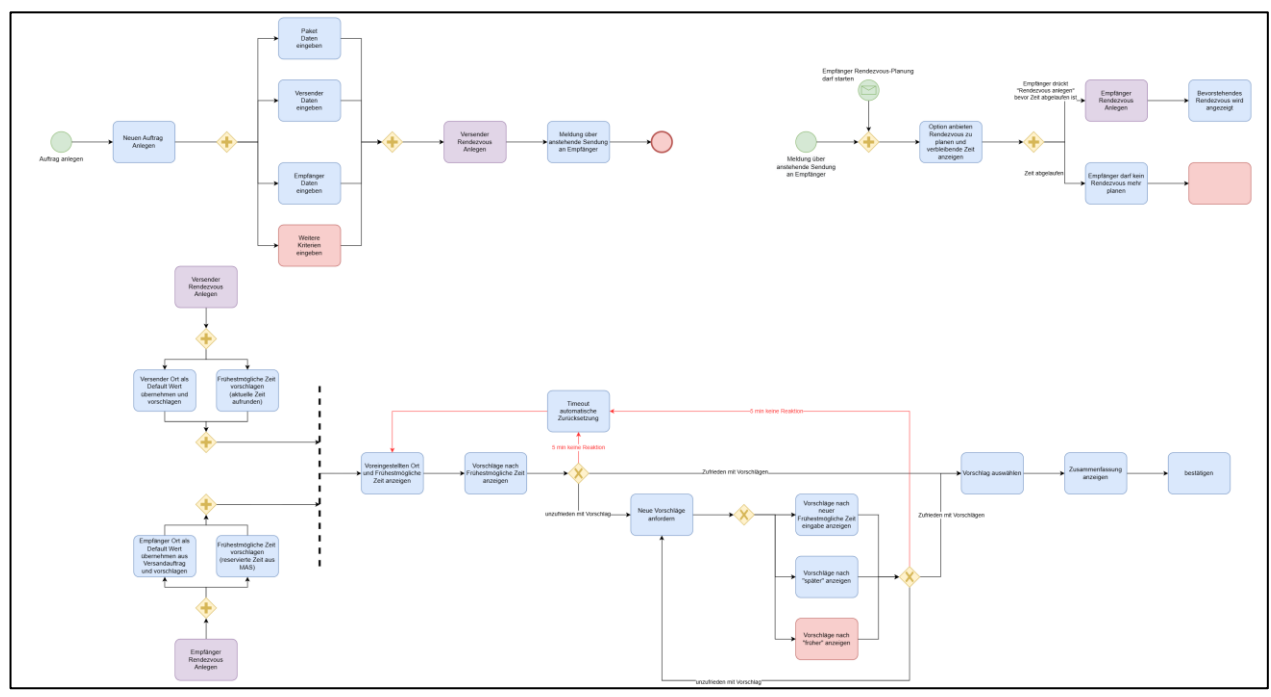
Im unteren Abschnitt der Abbildung wird der Statusfluss eines ANP innerhalb der Systemlandschaft skizziert. Hierbei kommuniziert das Fahrzeug kontinuierlich seinen Status (z. B. Position, Aktivität, Beladung) über den Physical ANP Adapter an das Backend. Dieses führt folgende Aufgaben durch:

- Speicherung des Status im Backend-System
- Weitergabe relevanter Statusinformationen an das MAS und an Operatoren
- Steuerung nachfolgender Prozesse wie Routing, ETA-Berechnung, Depotsteuerung

Besondere Zustände wie „Idle“, „On Mission“, „Charging“, „Loading“ oder „Maintenance“ werden differenziert verarbeitet. Diese Statusinformation ist essenziell, um Rendezvous-Verfügbarkeit und dynamische Touranpassungen im laufenden Betrieb zu ermöglichen. Ergänzt wird diese Logik durch definierte Aktionen, die durch Nutzer oder Systemen ausgelöst werden (z. B. Position manuell zurücksetzen, Fehlerstatus melden, Fahrzeug deaktivieren).

Diese Abbildung stellt eine komprimierte Visualisierung der **End-to-End-Prozesse** dar, die im Happy Flow des Demonstrators umgesetzt wurden. Sie zeigt exemplarisch, wie Nutzeraktionen, Systemlogiken und Fahrzeugstatus ineinandergreifen, um eine reale und verlässliche autonome Zustellung zu ermöglichen. Die Kombination aus **Auftragslogik**, **Verfügbarkeitssteuerung** und **Statusfluss** bildet die Basis für den erfolgreichen Betrieb einer dezentral gesteuerten Paketflotte im Kontext eines Gaia-X-Datenraums.

**Ausgewählte Darstellung Konzept Rendezvous und Versandauftrag**



**Abbildung 4: Ausgewählte Darstellung Konzept Rendezvous und Versandauftrag**

Die dargestellte Prozessgrafik illustriert den gesamten Ablauf von der **Anlage eines Versandauftrags** über die Planung und Auswahl eines Rendezvous bis hin zur Bestätigung durch die beteiligten Nutzerrollen. Im Zentrum stehen die beiden Kernrollen **Versender** und **Empfänger**, deren Interaktion über das System orchestriert wird, um ein **koordiniertes, digitales Rendezvous** mit einem autonomen Fahrzeug (ANP) zu ermöglichen.

### Auftragserstellung durch Versender

Der Prozess beginnt mit der Aktion „**Neuen Auftrag anlegen**“ durch den Versender. Es folgen Eingaben zu:

- Paketdetails (Art, Gewicht, Besonderheiten)
- Ort und Zeit des Versands
- Empfängerinformationen

Nach Abschluss dieser Eingaben sendet das System automatisch eine **Mitteilung an den Empfänger**, um diesen über den geplanten Versand zu informieren und ihn zur Auswahl eines Rendezvous-Zeitpunkts aufzufordern.

### Empfänger-Rendezvousplanung

Der Empfänger erhält daraufhin die Option, auf Basis der vom Versender übermittelten Informationen ein passendes **Rendezvous-Zeitfenster** auszuwählen. Dabei stehen dem Empfänger verschiedene **frei verfügbare Slots** zur Auswahl, die entweder manuell oder automatisiert über das MAS (Multiagentensystem) generiert wurden. Der Empfänger kann nun:

- Ein bevorzugtes Zeitfenster auswählen
- Alternativen anfordern, falls kein Slot passt
- Eine Annahme verweigern (z. B. bei Unzustellbarkeit)

Wird ein Vorschlag akzeptiert, erfolgt die systemseitige Buchung und Reservierung des Zeitfensters.

### Slot-Vorschlagslogik & Zeitauswahl

Ein zentraler Bestandteil des Rendezvous-Konzepts ist die **dynamische Vorschlagslogik** für Zeitfenster:

- Vorschläge werden nach „früh“, „spät“ oder „idealer Slot“ sortiert angezeigt
- Bei Bedarf kann der Nutzer über eine entsprechende Option neue Vorschläge anfordern
- Sollte keine Rückmeldung innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens erfolgen, greift eine definierte Timeout-Logik zur Absicherung des Prozesses

Diese Struktur sorgt für ein **optimiertes Slot-Matching** zwischen Versender und Empfänger und stellt sicher, dass Kapazitäten des ANP sowie Standortfaktoren berücksichtigt werden.

Nach Auswahl eines Vorschlags durch den Empfänger generiert das System eine **Zusammenfassung aller Eckdaten** (Paket, Ort, Zeit, Fahrzeug, Empfänger) und stellt diese zur finalen Prüfung bereit. Mit der **Bestätigung des Rendezvous** ist der Buchungsvorgang abgeschlossen und wird an das MAS zur Planung und Ausführung übergeben.

Diese Abbildung visualisiert anschaulich die End-to-End-Interaktion zwischen Versender, Empfänger und System. Der dargestellte Ablauf bildet den logischen und funktionalen Kern des TP5-Use Cases „Smart Managed Freight Fleet“. Durch die klare Trennung und Verzahnung der Rollen sowie eine adaptive Slotplanung gelingt es, eine intelligente Rendezvous-Lösung zur autonomen Zustellung auf Basis von GAIA-X-konformen Datenstrukturen zu etablieren.

Zudem wurde ein Messaging-System spezifiziert, das sowohl synchrone als auch asynchrone Kommunikation erlaubt. In enger Abstimmung mit TP3 und DFKI wurden diese Konzepte in die föderierte GAIA-X Infrastruktur eingebettet.

### 2.1.5 Arbeitspaket 5.4 – Technisches Konzept

Arbeitspaket	Ziel laut VHB	Ergebnis
AP 5.4 – Technisches Konzept	- Technisches Gesamtkonzept für die Lieferkette mit ANP - Einbindung der zentralen Dienste (MAS, Routing, Buchung) - Design der Referenzarchitektur	✓ Entwicklung eines modularen, datenraumfähigen Systemdesigns ✓ GAIA-X-konforme Referenzarchitektur mit föderiertem Zugriff ✓ Integration von Routingservice, MAS und Buchungslogik in kohärentes Steuerungskonzept

#### 2.1.5.1 Technisches Gesamtkonzept

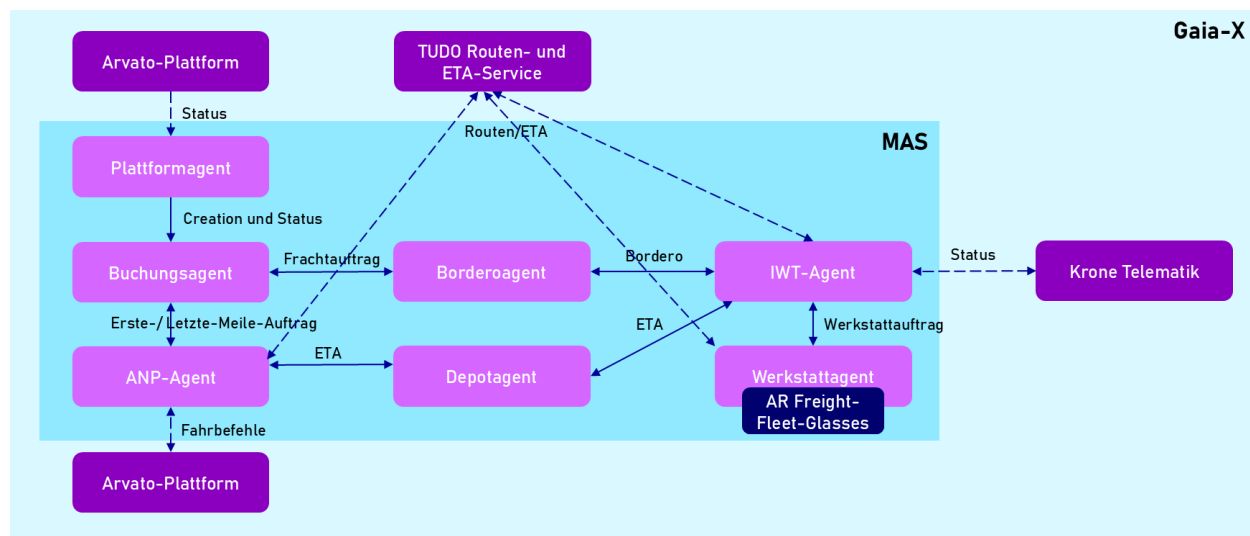


Abbildung 5: Gesamtarchitektur Use Case 2

Die gezeigte Abbildung veranschaulicht die technische Systemarchitektur für den Use Case „Smart Managed Freight Fleet“ aus Sicht von Arvato Systems. Im Zentrum steht ein agentenbasiertes Multiagentensystem (MAS), das als Koordinations- und Ausführungsinstanz sämtliche beteiligten Dienste, Plattformen und logistischen Entitäten orchestriert. Das technische Konzept zielt auf eine datenraumkonforme, modular erweiterbare Struktur, die sich nahtlos in das föderierte GAIA-X-Ökosystem einfügt.

Die Arvato-Plattform ist sowohl Ausgangs- als auch Rückkehrpunkt für alle Prozessinteraktionen mit dem MAS. Sie kommuniziert mit den nachgelagerten Agenten zur Erstellung, Ausführung und Rückmeldung logistischer Aufträge. Die Kommunikation erfolgt über standardisierte, datenschutzkonforme GAIA-X-Schnittstellen.

Zentrale Kommunikationsflüsse im Detail:

### **Plattformagent**

Erhält von der Arvato-Plattform Statusmeldungen und gibt diese an das MAS weiter. Ist zudem für die Erstellung und Nachverfolgung von Transportaufträgen zuständig.

### **Buchungsagent**

Koordiniert Buchungen und orchestriert die Übergabe von Erste-/Letzte-Meile-Aufträgen an den ANP-Agent. Empfangene Buchungen (z. B. durch Nutzeraktionen in der Rendezvous-App) werden an das MAS überführt und mit ETA-Informationen angereichert.

### **ANP-Agent**

Vermittelt zwischen MAS und physischer ANP. Übernimmt empfangene Aufträge (inkl. Zeitslot und Ort) und generiert daraus konkrete Fahrbefehle, die über das Backend an die reale Paketstation übermittelt werden.

### **Depotagent**

Verarbeitet ETA-Daten vom TUDO-Routingservice und steuert die Lagerlogik im Depot. Informiert andere Agenten über Verfügbarkeiten, Ladezustände und Bewegungen innerhalb der Lagerfläche.

### **Borderoagent**

Stellt die Übergabe von Frachtaufträgen sicher, erzeugt Borderos zur physischen Verladung und meldet diese an IWT-Systeme. Die Integration in das MAS erfolgt hierbei vollständig automatisiert und nachvollziehbar.

### **IWT-Agent & Werkstattagent**

Steuern gemeinsam die Kommunikation und Statusrückmeldung von intelligenten Wechselbrücken (iWTs). Der Werkstattagent sendet im Bedarfsfall Wartungsaufträge an das angeschlossene AR-System („AR Freight-Fleet-Glasses“) für Instandhaltungsszenarien.

Für Arvato Systems zeigt diese Architektur eine vollständig integrierte und GAIA-X-kompatible End-to-End-Lösung, bei der Plattform-Frontend, Agentenlogik und physische Transportmittel in einem verteilten, datensouveränen Framework zusammenarbeiten. Durch die agentenbasierte Auflösung komplexer Logistikprozesse ist es möglich, flexibel auf Änderungen zu reagieren, Aufträge effizient zu planen und dezentral zwischen Plattform, Fahrzeugen und Partnern zu vermitteln.

Diese Systemarchitektur bildet somit die technische Grundlage für die Umsetzung des Smart Managed Freight Fleet Use Cases und stellt einen übertragbaren Bauplan für zukünftige Plattformarchitekturen im Mobilitätsdatenraum dar.

#### **2.1.5.2 Frontend-Backend Kommunikation**

Es wurde eine detaillierte Modellierung der Frontend- und Backend-Kommunikation vorgenommen. Ziel war es, eine klare und strukturierte Abbildung der Interaktionslogik zwischen den Nutzeroberflächen (insb. für Versender und Empfänger) und den zugrundeliegenden Backend-Services zu erstellen. Die erarbeitete Abbildung dokumentiert auf struktureller Ebene sämtliche Datenflüsse, Fehlerzustände sowie Entscheidungslogiken, die innerhalb der Nutzerprozesse eine Rolle spielen.

Die Architektur teilt sich in mehrere Hauptszenarien auf:

#### **Entwurfsscreen**

Hier beginnt der Prozess mit der Eingabe eines geplanten Rendezvous durch den Versender. Die eingegebenen Daten werden durch das Frontend validiert und anschließend an das Backend übergeben.

Bereits in dieser frühen Phase sind Fehlerpfade modelliert, beispielsweise für ungültige oder unvollständige Eingaben. Das Backend übernimmt daraufhin die Vorverarbeitung und Speicherung der Entwurfsdaten.

### **RV-Anlegen-Screen**

Dieser Schritt stellt die Verfeinerung und Festlegung eines Rendezvous-Zeitfensters dar. Nach erfolgreicher Eingabe im Frontend erfolgt eine Kommunikation mit dem Backend zur Prüfung der Verfügbarkeit und zur Berechnung möglicher Slotalternativen. In dieser Phase greift das System auf Dienste zur ETA-Berechnung sowie Slotplanung zu. Fehlerzustände, wie z. B. Kollisionen oder nicht verfügbare Slots, werden strukturiert abgefangen und an das Frontend übermittelt.

### **RV-Verwalten-Screen**

Der dritte zentrale Prozess umfasst die Verwaltung und Anpassung bereits geplanter Rendezvous. Der Nutzer hat hier die Möglichkeit zur zeitlichen oder inhaltlichen Anpassung sowie zur Stornierung. Die Kommunikation mit dem Backend erfolgt bidirektional: einerseits werden Benutzeraktionen verarbeitet, andererseits werden Statusaktualisierungen und Planänderungen durch das Backend in Echtzeit zurückgespielt. Dabei kommt ein Push-Mechanismus zum Einsatz, der auf Basis von Subscription-Logik neue Statusmeldungen direkt in die UI überträgt.

### **Fehlerbehandlung & Rückkanäle**

Ein zentrales Merkmal der Modellierung ist die detaillierte Fehlerlogik: Für alle Interaktionspunkte sind mögliche Rückmeldungen des Backends (wie z. B. „Invalid Request“, „Time Slot unavailable“, „Internal Server Error“) identifiziert und als eigene Verzweigungen dargestellt. Damit wurde sichergestellt, dass in der Implementierung jede mögliche Fehlerquelle antizipiert, dem Nutzer erklärt und technisch abgefangen wird.

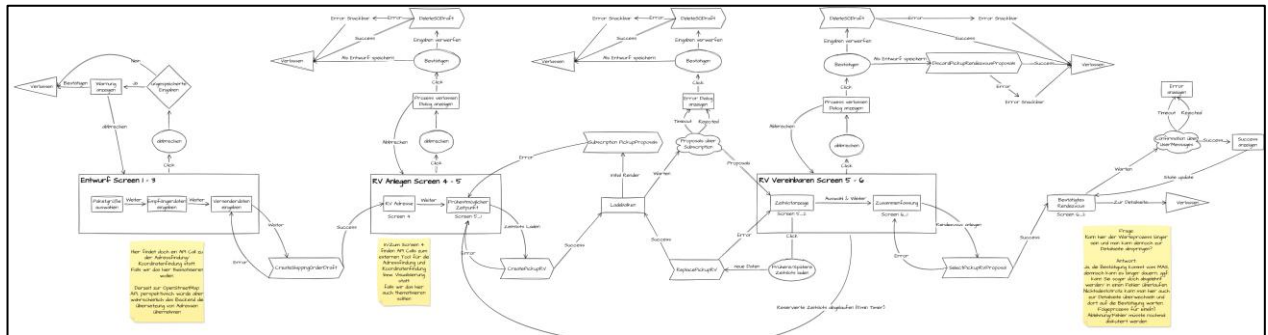
### **Backend-Funktionalitäten**

Im Backend wurden auf dieser Grundlage mehrere Service-Endpunkte spezifiziert:

- Rendezvous-Planung & -Verwaltung
- Validierung von Zeitfenstern
- Integration mit ETA-/Routing-Services
- Verwaltung von Nutzerstatus & Systemantworten

Diese Endpunkte unterstützen die Interaktion mit verschiedenen Frontend-Screens über klar definierte REST- bzw. eventbasierte Schnittstellen. Zudem wurde bereits zu diesem frühen Zeitpunkt die geplante Integration der Datenräume sowie die Authentifizierung via Gaia-X Identity Management mitgedacht.

Die grafische Modellierung der Frontend-Backend-Kommunikation diente als essenzieller Bestandteil der Anforderungserhebung. Sie bildete die Grundlage für die nachfolgende technische Spezifikation, diente als Referenz für das Entwicklungsteam und half dabei, interdisziplinäre Abstimmungen zwischen Backend- und Frontend-Entwicklung effizient zu gestalten. Durch diese präzise Erhebung konnten redundante Entwicklungsschleifen reduziert und ein konsistentes Nutzererlebnis über alle Rollen hinweg sichergestellt werden.



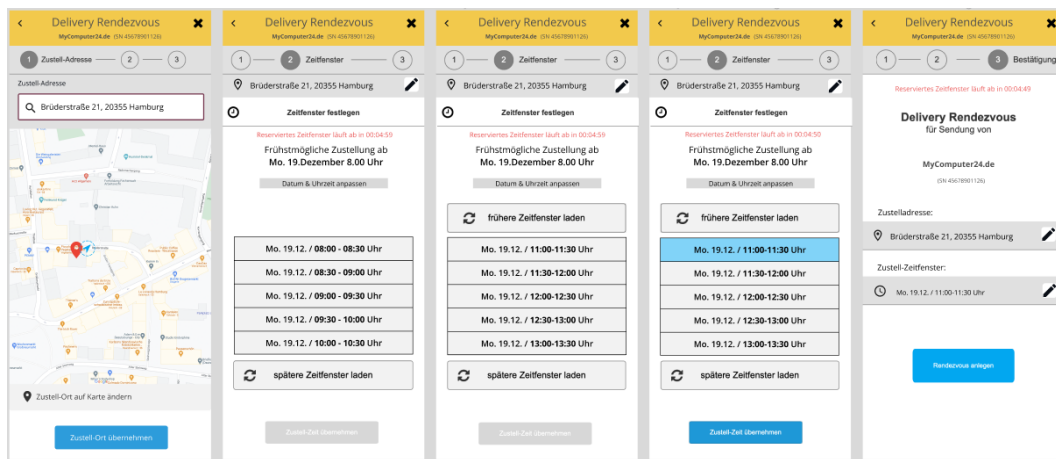
**Abbildung 6: Prozessfluss Frontend-Backend Kommunikation**

Um die entwickelten Konzepte technisch umzusetzen, dokumentierte Arvato Systems detaillierte funktionale und nicht-funktionale Anforderungen an das Gesamtsystem. Hierzu wurden sogenannte **User Stories** für jede identifizierte Rolle erstellt, die den konkreten Systemnutzen aus Perspektive der Nutzer beschreiben.

### 2.1.5.3 Entwicklung der User Interfaces für die Nutzer Versender und Empfänger

Parallel zu der Entwicklung einer Backend Architektur wurden für die Rollen Versender und Empfänger die User Interfaces entwickelt. Dabei wurden nach agilen Methoden zuerst User Stories geschrieben, die die Anforderungen der jeweiligen Rollen beschreiben und im Anschluss auf Grundlage dieser User Stories Wireframes als erste grafische Elemente erstellt, die die konzeptionelle Grundlage für die Entwicklung der User Interfaces darstellen.

Aus den formulierten User Stories wurden in weiteren Schritten Wireframes als konzeptionelle Grundlage für die User Interfaces erstellt.



**Abbildung 7: Wireframes - Feature Rendezvousvereinbarung**

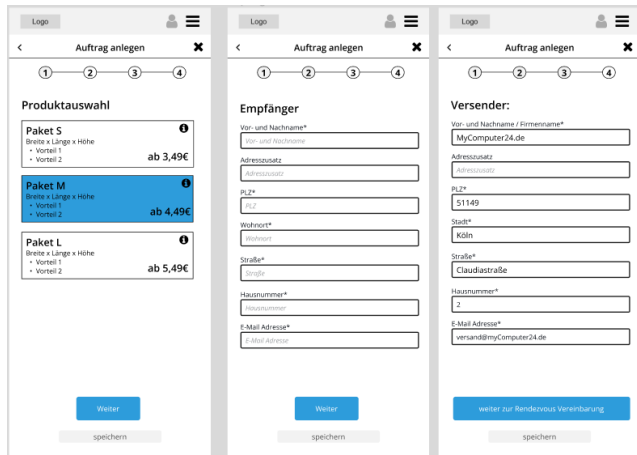


Abbildung 8 Wireframes - Versandauftrag anlegen

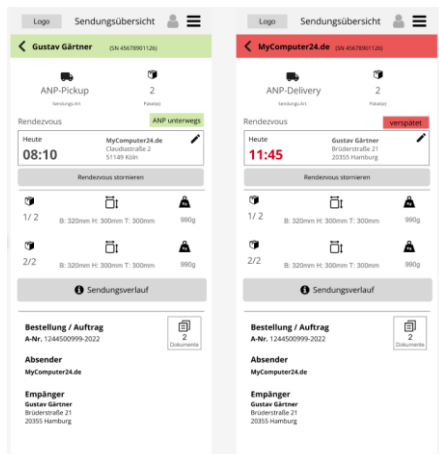


Abbildung 9: Wireframe - Sendungsdetails

## Mobile Web-Anwendung

Auf Grundlage der Wireframes wurde die Entwicklung der User Interfaces für die Nutzer Versender und Empfänger als mobile Web-Anwendung gestartet.

Parallel dazu wurden **Nutzeroberflächen** entworfen, die speziell auf die jeweiligen Rollen zugeschnitten sind. So wurden für den Empfänger z. B. intuitive Interfaces zur Verwaltung von Zustellzeitfenstern und Zustimmungsprozessen konzipiert, während Flottenbetreiber ein Echtzeit-Dashboard zur Überwachung von Fahrzeugen und Transportaufträgen erhielten.

Die Oberflächen wurden zunächst in Form von Wireframes modelliert und in iterativen Design-Sprints mit den Projektpartnern verfeinert. Usability- und Barrierefreiheitsanforderungen wurden dabei von Beginn an berücksichtigt.

### 2.1.6 Arbeitspaket 5.5 – Implementierung

Arbeitspaket	Ziel laut VHB	Ergebnis
AP 5.5 – Implementierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufbau der Softwareplattform mit Buchung, Planung, Optimierung</li> <li>- Integration physischer Systeme (ANP, iWT)</li> <li>- Aufbau DevOps-Umgebung</li> <li>- Tests, QA und Monitoring</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Entwicklung sämtlicher Softwaremodule inkl. Web-UIs, Microservices und APIs</li> <li>✓ Integration der ANP in das operative System</li> <li>✓ Bereitstellung DevOps-Umgebung und Deployment-Pipeline</li> <li>✓ Durchführung systematischer Funktionstests &amp; QA-Verfahren</li> </ul>

Im Zentrum der technischen Umsetzung stand die Realisierung der modularen Buchungs- und Steuerungsplattform. Arvato Systems implementierte eine produktionsnahe Lösung, bestehend aus:

- einer **Backend-Komponente**, in der sämtliche Services containerisiert über Microservices realisiert wurden,
- einer **Frontend-Lösung**, in der alle Benutzerrollen ihre Interaktionen vornehmen konnten,
- sowie einer **Plattformlogik**, die sämtliche Interaktionen orchestriert.

Zusätzlich wurde ein „**Physical ANP Adapter**“ entwickelt, der die physikalische Paketstation mit der digitalen Buchungsplattform verknüpft. Dadurch war eine bidirektionale Kommunikation zwischen der Plattform und der realen Fahrzeughardware möglich. Der Adapter wurde so gestaltet, dass verschiedene Protokolle und Kommunikationskanäle unterstützt werden (z. B. Peer-to-Peer, REST über Gateway).

Zur Steuerung von Wartungs-, Lade- und Übergabeprozessen wurde außerdem ein **Depot-Service** implementiert, der eng mit dem Dispositionsmodul zusammenarbeitet. Das Rendezvous-Konzept, das die Interaktion zwischen ANP, Versender und Empfänger regelt, wurde technisch als eigenständiger Service mit Zustandsverwaltung umgesetzt.

Folgend sind weiterführende Implementierungen und Tests zu den nachfolgenden Aufgaben durchgeführt worden:

- Implementierung der Schnittstellen zur Transportbuchungsplattform: Es wurden Funktionen entwickelt, um eine nahtlose Kommunikation zwischen der Transportbuchungsplattform und anderen Systemen zu ermöglichen.
- Implementierung von Stornierungsfunktionen der Transportbedarfsbuchungen: Es wurde eine Funktion implementiert, um Buchungen zu stornieren und die entsprechenden Änderungen im System zu verarbeiten.
- Zusammenspiel zwischen autonomer und zentraler Auftragssteuerung: Es wurde ein Mechanismus entwickelt, um die autonome Auftragssteuerung mit der zentralen Auftragssteuerung zu koordinieren und sicherzustellen, dass alle Aufträge korrekt bearbeitet werden.
- Implementierung der Auftragserfassung: Es wurden Funktionen entwickelt, um neue Aufträge in das System einzugeben und alle erforderlichen Informationen zu erfassen.
- Implementierung der Auftragsverwaltung und -statusverfolgung: Es wurden Funktionen entwickelt, um Aufträge im System zu verwalten und den aktuellen Status der Aufträge zu verfolgen.
- Aufbau von DevOps Umgebungen zur kontinuierlichen Weiterentwicklung und Versionierung: Es wurden Umgebungen eingerichtet, um eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Software zu ermöglichen und verschiedene Versionen des Systems zu verwalten.
- Adaption der Microservices: Die bestehenden Microservices wurden an die spezifischen Anforderungen und Standards angepasst, um eine optimale Leistung und Funktionalität zu gewährleisten.

#### 2.1.6.1 Entwicklung der Nutzeroberflächen der Nutzer Flottenbetreiber und Transport Order Operator

Es wurden zentrale Entwicklungs- und Konzeptionstätigkeiten zur Realisierung der Nutzeroberflächen für die Rollen Flottenbetreiber und Transport Order Operator (TOO) durchgeführt. Ziel war es, funktionale Cockpits zu entwickeln, die eine effektive Steuerung, Überwachung und Interaktion mit den autonomen Systemen und Buchungsprozessen ermöglichen. Die Arbeiten umfassten sowohl technische Grundlagen als auch rollenbasierte Funktionserweiterungen.

##### Allgemeine Systemgrundlagen

Zur Unterstützung der Operator-Rollen wurde zunächst die notwendige Infrastruktur für die Cockpits aufgebaut. Diese basiert auf einer skalierbaren, containerisierten Architektur, die eine performante Ausführung auch bei zunehmender Nutzer- und Datenlast sicherstellt. Ergänzend wurde ein Zugriffs- und Berechtigungsmanagement implementiert, das die Provisionierung und Authentifizierung der Nutzer innerhalb der Cockpits regelbasiert steuert.

Zur Sicherstellung einer konsistenten Datenhaltung wurden die bestehenden Datenbanksysteme gezielt angepasst, um den domänenspezifischen Anforderungen der Operatoren gerecht zu werden. Insbesondere wurde die Datenmodellierung erweitert, um Informationen zu Fahrzeugen, Aufträgen, Ladezyklen und Wartungsstatus effizient speichern und abfragen zu können. Gleichzeitig wurde eine robuste Synchronisationslogik für den Datentransfer zwischen Frontend, Backend und angebotenen Services realisiert, um eine durchgängige Aktualität aller systemrelevanten Informationen zu gewährleisten.

##### Nutzeroberfläche Flottenbetreiber

Für die Rolle des Flottenbetreibers wurde ein dediziertes Cockpit entwickelt, das die Verwaltung autonomer Fahrzeuge innerhalb der Flotte ermöglicht. Hierzu gehören:

- Anlegen und Bearbeiten von Fahrzeugprofilen, inklusive technischer Parameter, Standortdaten und Fahrzeugstatus
- Planung und Steuerung von Ladeaufträgen, um den Ladezustand der ANPs anhand geplanter Touren und verfügbarer Ladeinfrastruktur vorausschauend zu optimieren
- Verwaltung von Wartungsaufträgen, inklusive Statusverfolgung, Terminplanung und Zuordnung zu Servicepersonal oder Werkstattressourcen

Das Cockpit erlaubt so eine proaktive Steuerung der gesamten ANP-Flotte unter Berücksichtigung operativer, technischer und logistischer Rahmenbedingungen.

### **Nutzeroberfläche Transport Order Operator**

Für die Rolle des Transport Order Operators wurde eine Nutzeroberfläche implementiert, die insbesondere die Schnittstelle zur Buchungsplattform abbildet. Die zentrale Funktion besteht in der Erfassung, Prüfung und Weiterleitung eingehender Transportaufträge, die durch Nutzerbuchungen im System ausgelöst werden. Der Operator kann dabei:

- Aufträge klassifizieren und priorisieren
- Zielorte, Zeitfenster und beteiligte Akteure prüfen
- Folgeprozesse wie Fahrzeugzuweisung oder Rendezvous-Zeitplanung initialisieren

Die Anwendung unterstützt den Operator durch Echtzeitstatus, Warnmeldungen bei Konflikten sowie automatisierte Vorschlagslogik zur Zuweisung freier Ressourcen.

#### **2.1.6.2 Entwicklung der User Interfaces für die Nutzer Versender und Empfänger**

Parallel zur Backend-Entwicklung wurde im Rahmen des Teilpakets 5 eine umfassende User-Interface-Strategie für die Rollen Versender und Empfänger umgesetzt. Ziel war es, nutzerzentrierte Anwendungen zu schaffen, die den Anforderungen realer logistischer Akteure gerecht werden und dabei die Interaktion mit autonomen Systemen wie der ANP effizient ermöglichen.

Zu Beginn wurden nach agilen Methoden User Stories formuliert, die die spezifischen Bedürfnisse und Aufgaben der jeweiligen Nutzergruppen detailliert beschrieben. Diese Stories bildeten die Grundlage für die Erstellung von Wireframes und Mockups, die das visuelle und funktionale Design der Anwendung prototypisch abbildeten. Diese ersten grafischen Entwürfe dienten als Blaupause für die anschließende technische Implementierung.

Im Rahmen der Vorbereitungen zur Hannover Messe 2024 und der Integration mit dem Multiagentensystem (MAS) wurden umfangreiche Tests durchgeführt, um Stabilität und Funktionalität der Software sicherzustellen. Dabei kamen sowohl automatisierte als auch manuelle Testverfahren zum Einsatz. Während der Testphasen wurden verschiedene Fehlerbilder identifiziert – darunter visuelle Darstellungsprobleme, inkonsistente Benutzerführung sowie logische Inkohärenzen in der Ausführung komplexer Prozesse. Alle Fehler wurden systematisch dokumentiert, analysiert und in iterativen Sprints behoben. Anschließend erfolgte eine strukturierte Nachtstung, um Regressionen auszuschließen und die Qualität nachhaltig zu sichern.

Ein besonderer Schwerpunkt lag auf der Verknüpfung der Benutzeroberflächen mit dem Depotservice sowie der Logik des Depotagenten. Hierzu wurden mehrere Prototypen und Proof-of-Concepts umgesetzt, die das Zusammenspiel zwischen Versender, Empfänger, Fahrzeug und Depot detailliert abbildeten. Diese Arbeiten zielten darauf ab, den definierten Happy Flow vollumfänglich auch in der Frontend-Logik abzubilden.

Für die mobile Anwendung der Nutzerrollen Empfänger und Versender wurde ein vollständig neuer Rendezvous-Execution-Dialog entwickelt. Dieser erlaubt es Nutzern, den gesamten Rendezvous-Prozess –

von der Auswahl über die Bestätigung bis zur Live-Verfolgung – intuitiv und zuverlässig zu steuern. Der Dialog berücksichtigt sowohl geplante Zeitfenster als auch spontane Slotverschiebungen und stellt so die kontinuierliche Abstimmung zwischen Mensch und Maschine sicher.

Parallel dazu wurden in der Operator UI wesentliche Erweiterungen vorgenommen, um die operative Steuerung durch das Logistikpersonal zu verbessern. Zu den neu entwickelten Modulen gehören:

- Depot Detail Page: Anzeige aller aktuellen Depotaktivitäten inklusive Fahrzeugstatus und Ladepositionen.
- Vehicle Parcel Loading Overview: Visualisierung der Ladezustände einzelner Fahrzeuge in Echtzeit.
- Depot Ramps Timetable: Zeitplanübersicht zur Nutzung der Lade- und Entladerampen.
- Depot Arrival Table: Managementübersicht zu eintreffenden Fahrzeugen inklusive Live-Status.
- Tour Detail Page: Anzeige aller Informationen zu laufenden, geplanten oder abgeschlossenen Touren.
- Lade-/Entladeverwaltung: Komponente zur Steuerung und Überwachung der Fahrzeugabfertigung im Depot.

Alle Komponenten wurden iterativ getestet und in mehreren Demoszenarien validiert, um ihre Eignung für reale Anwendungsbedingungen zu evaluieren. Die Demo-Vorbereitungen bildeten dabei einen zentralen Meilenstein der Produktreife. Besonderes Augenmerk wurde auf eine optimierte Nutzerführung, minimale Reaktionszeiten und konsistente Zustandslogik gelegt, um die Akzeptanz bei den zukünftigen Nutzergruppen zu sichern.

Die Arbeiten bildeten eine tragfähige Grundlage für die Integration der Versender- und Empfänger-Anwendungen in den Gesamtdemonstrator des Projekts. Sie zeigen exemplarisch, wie nutzerzentrierte digitale Logistikprozesse in einem GAIA-X-konformen Datenraum realisiert und operationalisiert werden können.

### 2.1.6.3 Entwicklung einer Backend Architektur für die Services Buchungsplattform und Cockpit

Im Rahmen des Teilpakets 5 „Smart Managed Freight Fleet“ wurde eine prototypische Backend-Architektur für die Buchungsplattform sowie das Cockpit des Flottenbetreibers entwickelt. Ziel war es, die vielfältigen Systemkomponenten – insbesondere das Multiagentensystem, die Fahrzeuglogik und nutzerbezogene Frontends – in einer konsistenten, skalierbaren Architektur zusammenzuführen.

Die entwickelten Backend-Komponenten nutzen den IDS-Connector als zentrales Bindeglied zum Multiagentensystem, um einen GAIA-X-konformen Datenaustausch sicherzustellen. Im Zuge der Umsetzung wurde ein durchgängiger Informationsfluss zwischen den intelligenten Wechselbrücken (iWT) und dem Flotten-Cockpit realisiert. Damit war die Positionsübertragung von iWT-Fahrzeugen zum Cockpit erfolgreich implementiert. Zusätzlich wurde diese Kommunikationslogik auch für Fahrzeuge aus Use Case 1 getestet, um das Konzept einer gemeinsamen Mobilitätsdomäne über mehrere Teilprojekte hinweg zu evaluieren. Die daraus resultierenden Erkenntnisse wurden in die Weiterentwicklung des Referenzbackends überführt.

Parallel dazu entstand ein erstes rudimentäres User Interface für den Flottenbetreiber. Dieses diente sowohl als Testumgebung für Anforderungen an die künftigen Cockpitfunktionen als auch als Grundlage für die Integration in Demonstratoren und Messeanwendungen.

Im Bereich der Buchungsplattform wurde die Backend-Entwicklung gezielt vorangetrieben. Besonders hervorzuheben ist die Realisierung der Auftragserstellung: Eine erste funktionale Schnittstelle zum Frontend für Versender erlaubt bereits die freie Auswahl von Rendezvous-Ort und -Zeit durch den Nutzer. Darüber hinaus werden Status-Updates zur Sendung kontinuierlich an die jeweilige Nutzerrolle

übermittelt. Die Integration in die Agentenlogik des Multiagentensystems ist konzeptionell ausgearbeitet; die Implementierung und der Test dieser Funktionalität stehen jedoch noch aus. Bereits berücksichtigt wurde in diesem Zusammenhang die Weiterleitung von Auftragsdaten an den Routingsservice sowie die Einbindung in die ETA-Erzeugung. Auch erste Verwaltungsmöglichkeiten für Aufträge und Rendezvous durch Versender und Empfänger wurden initiiert.

Ein technologischer Meilenstein in der Systemarchitektur war die Einführung von Schema Stitching sowie die Nutzung von Feature Flags. Beide Technologien ermöglichen eine modulare und flexible Systemarchitektur, indem sie dynamisch einzelne Funktionen aktivieren oder deaktivieren und so eine agile Erweiterung bzw. Anpassung der Plattform erleichtern.

Zur effizienten Steuerung der autonom navigierenden Paketstation (ANP) wurde der Depot Service entwickelt. Dieser verwaltet ANPs innerhalb des Depots und orchestriert Lade-, Wartungs- und Abfertigungsprozesse. Im Zentrum steht dabei die Tour Communication Logic, welche eine strukturierte Kommunikation zwischen verschiedenen logistischen Knotenpunkten – darunter Rendezvous-Punkte, Idle-Standorte, Wartungs- und Ladebereiche – ermöglicht.

Ein wesentlicher Fortschritt war die Entwicklung eines Physical ANP Adapters, der die standardisierte Anbindung realer Fahrzeughardware an die Buchungsplattform gewährleistet. Dies sorgt für eine reibungslose Integration physischer ANPs in die operativen Backend-Prozesse. Ergänzend wurde die Depot Turnover Logik optimiert, um Auslastung und Ressourcennutzung innerhalb der Depotinfrastruktur weiter zu verbessern.

Im Bereich der Sensordatenverarbeitung wurde ein GPS <-> LIDAR Translator für die ANP entwickelt. Dieser ermöglicht die zuverlässige Übersetzung von LIDAR-basierten Positionsdaten in GPS-Koordinaten und unterstützt damit die präzise Navigation der Fahrzeuge im Gelände.

Um auf die spezifischen Anforderungen der Demonstrationsumgebungen einzugehen, wurden regionale Konfigurationen für die Standorte Osnabrück und Gütersloh implementiert. Dies erlaubt eine lokationsabhängige Steuerung der ANP und erhöht die Robustheit des Systems unter realen Bedingungen.

Ein zentraler Bestandteil des Arbeitspakets war die Vorbereitung und Validierung der Backend-Architektur für die finale Demonstration. Die Funktionalität der entwickelten Komponenten wurde in umfassenden Tests überprüft, um die Interoperabilität mit anderen Teilsystemen – insbesondere dem Multiagentensystem des DFKI – sicherzustellen. Ziel dieser Arbeiten war es, die ANP nahtlos in den geplanten Happy Flow zu integrieren und alle logistischen und technischen Abläufe synchronisiert im Demonstrationsbetrieb abbilden zu können.

In Summe konnte zum Demonstrator ein deutlicher Reifegrad in der technischen Umsetzung und Integration der Backend-Architektur erreicht werden. Die entwickelten Module bilden die Grundlage für ein erweiterbares, domänenfähiges Systemdesign und sind zugleich ein wichtiger Beitrag zur operativen und förderierten Umsetzung von GAIA-X-Datenräumen im Mobilitätskontext.

#### **2.1.6.4 Arbeiten in Richtung der autonom navigierenden Paketstation**

Aufgrund der erwarteten Lieferung der autonom navigierenden Paketstation im Januar 2024 wurden vorbereitende Aktivitäten für den Fahrzeugbetrieb durchgeführt. Diese umfassen organisatorische und konzeptionelle Arbeiten. Für die Unterbringung und den Betrieb des Fahrzeuges zu Testzwecken mussten erforderliche Standortfreigaben eingeholt werden.



Finanziert von der  
Europäischen Union  
NextGenerationEU

Gefördert durch:  
Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



**Figure 1 – Autonom navigierende Paketstation am Standort Gütersloh**

Zuvor getätigte Annahmen, Konzepte und Anforderungen, sind gegen den IST-Zustand des gelieferten Fahrzeugs gegengehalten worden. Daraufhin sind neue Anforderungen seitens der autonom navigierenden Paketstation an die Softwareschnittstellen aufgekommen. Zugehörige Konzepte mussten überarbeitet und neue Konzepte erstellt werden. Diese umfassen nachfolgende Punkte.

### **Fahrzeugintegration**

Das Fahrzeug lässt drei verschiedene Kommunikationskanäle zu. Jeder Kanal wird für eigene Datenaustausche verwendet und lässt wahlweise den Datenempfang oder den Datenversand zu.

Die drei Kanäle, namentlich Web Socket- und REST-Schnittstelle über einen zwischengeschalteten Server sowie einer Peer-to-Peer Verbindung unmittelbar zum Fahrzeug, sind über eine eigens entwickelte Middleware, unseren sogenannten Fahrzeugservice, verwaltet bzw. vereint worden.

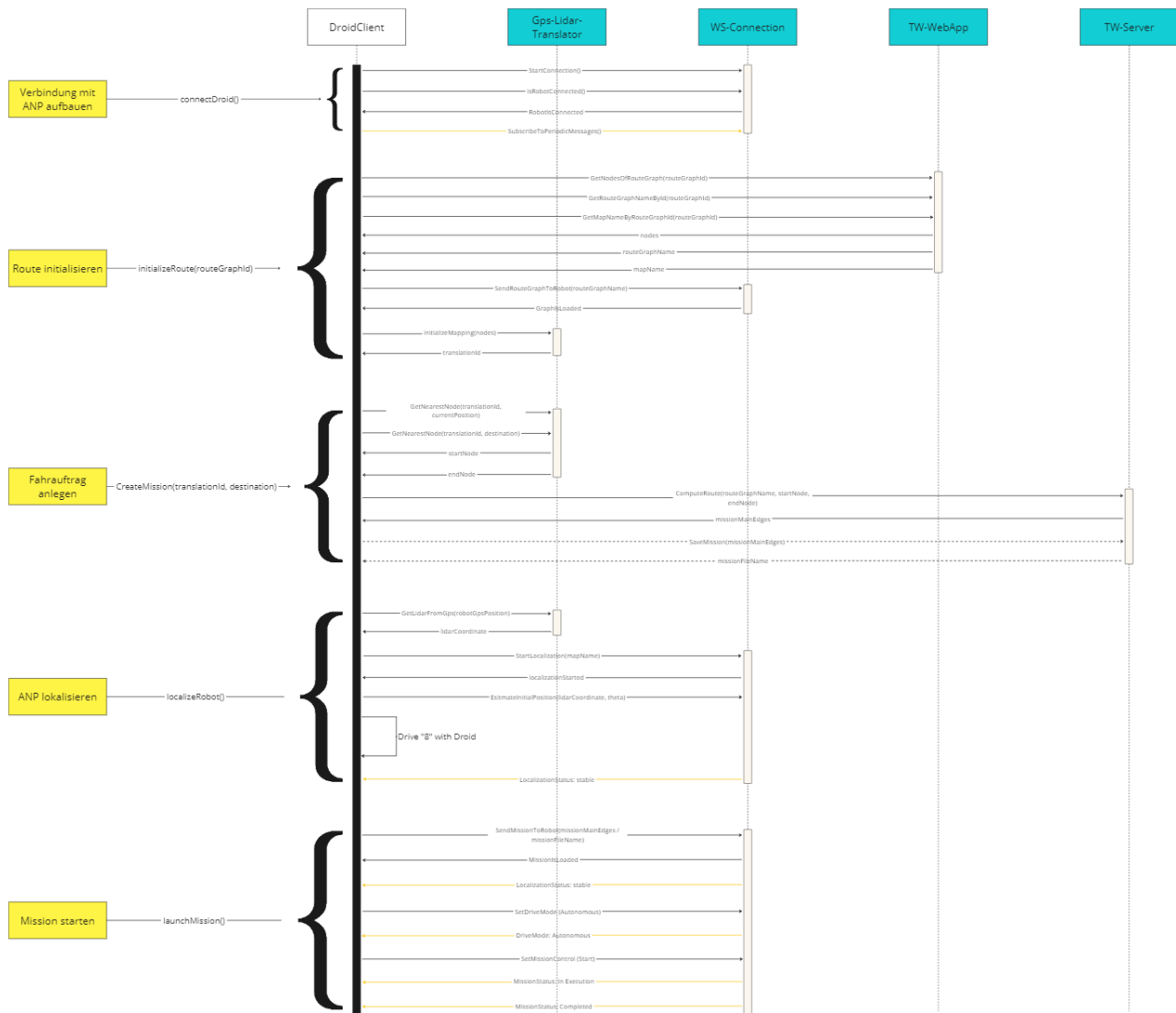


Abbildung 10: Sequenzdiagramm zur Fahrauftragsdurchführung

### Fahrzeugsteuerung

Die Durchführung autonomer Fahrten ist nicht nativ über externe Softwaresysteme möglich. Hierzu ist ein iteratives Konzept erstellt worden, welches die manuelle Konfiguration autonomer Fahrten weitestgehend automatisiert.

### Kartenaufzeichnung

Ein manueller Schritt ist die vorherige Aufzeichnung der Karten über das Fahrzeugeigene Lidarsystem, hierzu werden die Gebiete, die von dem Fahrzeug befahren werden sollen, mehrfach in Begleitung abgescannt. Im Anschluss müssen die passierbaren Wege explizit eingebaut werden, auf dessen Basis die Buchungsplattform im Nachgang Rendezvous zulassen kann.

### Positionstransformation

Das Fahrzeug besitzt nicht die Möglichkeit die Übersetzung von GPS-Koordinaten in das eigene Kartensystem zur Steuerung zu übernehmen, hierzu sind in den Testgebieten empirische Analysen notwendig, aus denen eine entsprechende Transformationsfunktion entwickelt wird.

### Paketfachsteuerung

Die Fahrzeug-Herstellereigene Software zur Paketfachöffnung ist nicht mit unserem Use Case kompatibel gewesen, sodass eine neue Schnittstelle bereitgestellt worden ist. Diese ist in einem eigenen Service zur Überwachung der und Ansteuerung der Paketfächer gegangen um sie in unseren Prozess um die Rendezvous integrieren zu können.

Neben der Berücksichtigung der Inbetriebnahme des einen physischen Fahrzeugs, sind für die verschiedenen Systeme Wechselwirkungen mit mehreren Fahrzeugen notwendig. Um dies zu gewährleisten ist eine Mischung aus physischen und digitalen Fahrzeugen konzipiert und teilweise simuliert. Auch ist der dauerhafte Betrieb der spezifischen autonom navigierenden Paketstation nicht möglich, sodass ein Mechanismus konzipiert wurde, der es uns erlauben soll, diese temporär in eine digitale Repräsentation zu überführen. Dies führt zu deutlich reduzierten Entwicklungsaufwenden.

### 2.1.6.5 App-Nachrichtenmanager - Entwicklung der Nutzeroberflächen der Endnutzer

#### Buchungs-App inkl. Zeitfenstermanagement

Es wurde eine Buchungs-App inkl. Zeitfenstermanagement konzipiert und entwickelt, welche den Endnutzern (Versender & Empfänger) die Möglichkeit bietet ein Rendezvous zu vereinbaren und dabei sowohl den zeitlichen und örtlichen Wunsch des Endnutzers als auch die freien Kapazitäten in Form von Zeitfenstern zu berücksichtigen.

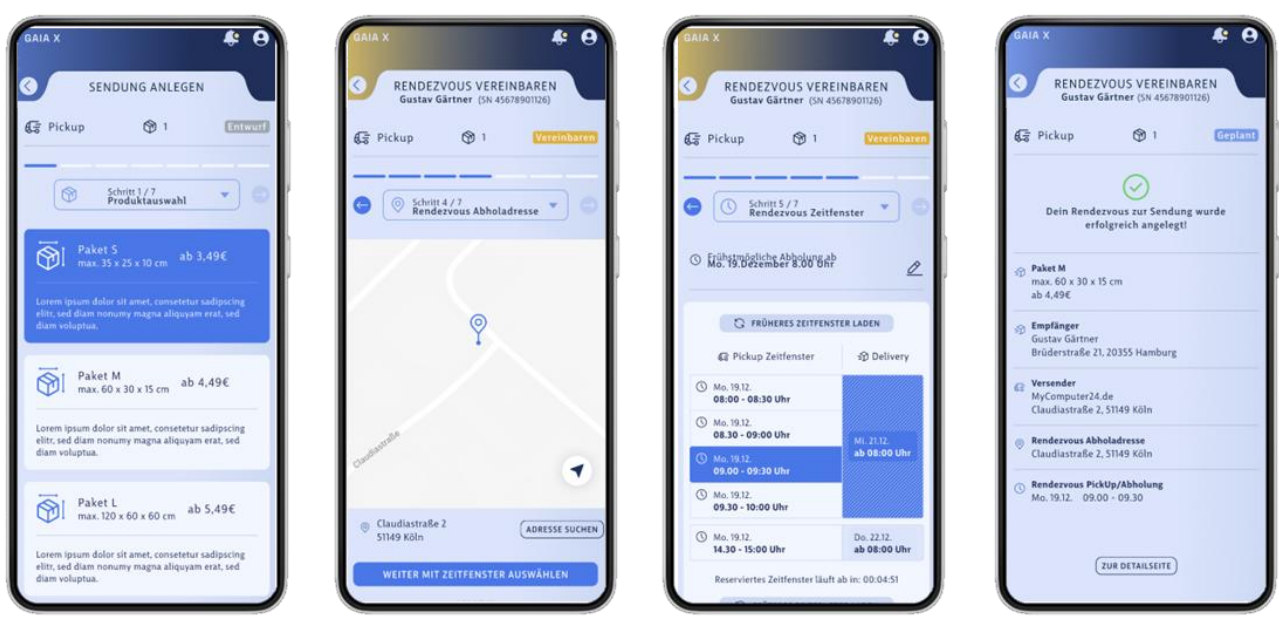


Abbildung 11: Buchungs-App inkl. Zeitfenstermanagement

Es wurde ein App-Nachrichtenmanager konzipiert und entwickelt, welcher den Endnutzern (Versender & Empfänger) zu jeder Zeit Informationen über ETA-Daten zu den vereinbarten Rendezvous mitteilt und die Endnutzer gegebenenfalls über Störungen informiert.

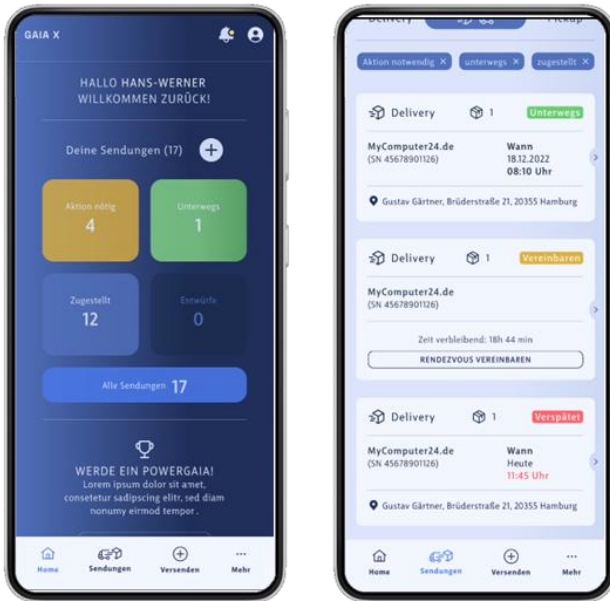


Abbildung 12: App-Nachrichtenmanager

### Service zur zentralen Zutrittssteuerung einer ANP

Es wurde ein Service zur zentralen Zutrittssteuerung einer ANP konzipiert, welcher den Endnutzern (Versender & Empfänger) die Möglichkeit bietet ein vereinbartes Rendezvous nach Eintreffen der ANP selbstständig durchzuführen und Zugriff auf das für sie freigegebene Paketfach zu erhalten.

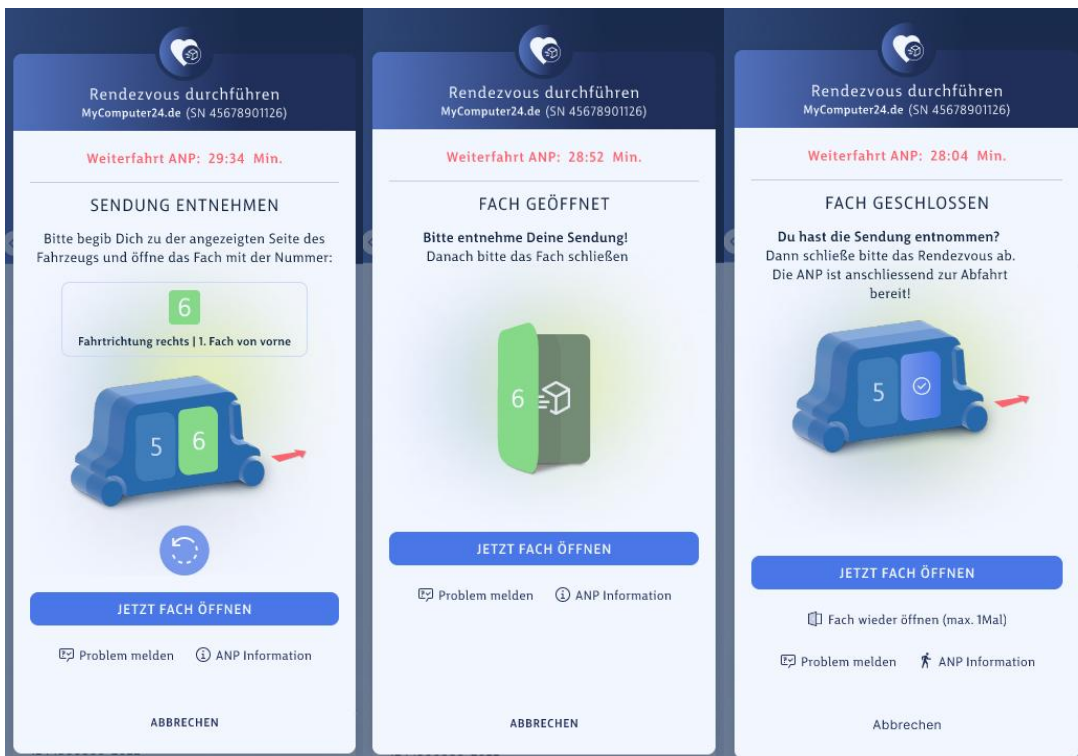


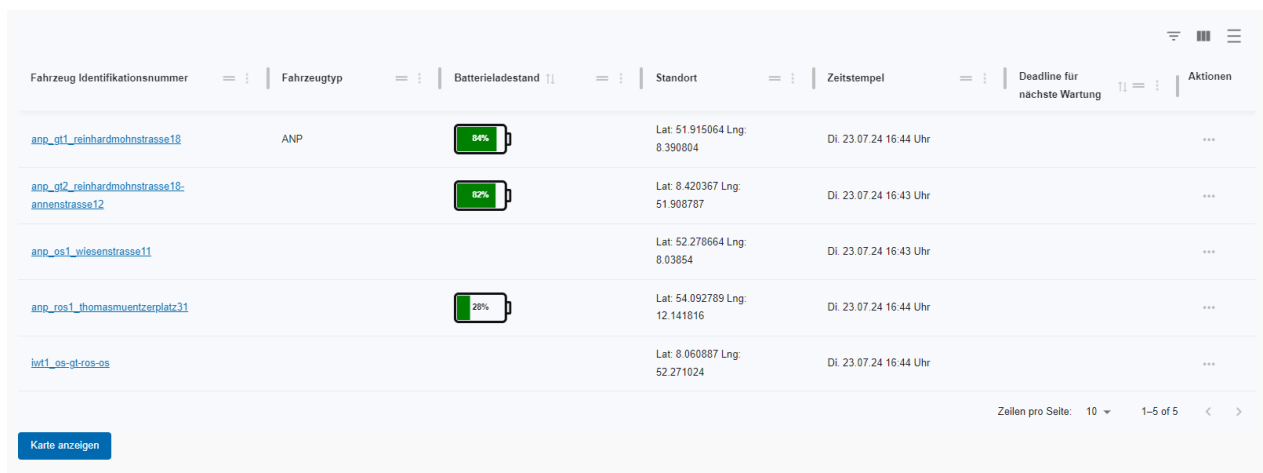
Abbildung 13: Konzeption des Service zur zentralen Zutrittssteuerung einer ANP




### 2.1.6.6 Entwicklung der Nutzeroberflächen der Nutzer Flottenbetreiber und Transport Order Operator

Im Berichtszeitraum wurden Entwicklungs- und Konzeptionstätigkeiten zu den Operatoren durchgeführt. Dabei lag der Fokus im Berichtszeitraum auf dem Flottenbetreiber und dem Transport Order Operator. Folgende Funktionen wurden im Berichtszeitraum konzipiert und entwickelt.

#### Übersicht zu Zuständen aller vernetzten Fahrzeuge

Es wurde eine Übersicht zu Zuständen aller vernetzten Fahrzeuge konzipiert und entwickelt, welches dem Flottenbetreiber die Möglichkeit bietet den aktuellen Zustand und die Position jedes vernetzten Fahrzeugs (aktueller Fokus auf ANPs) zu sehen.



Fahrzeug Identifikationsnummer	Fahrzeugtyp	Batterieladestand	Standort	Zeitstempel	Deadline für nächste Wartung	Aktionen
<a href="#">anp_gt1_reinhardmohnstrasse18</a>	ANP		Lat: 51.915064 Lng: 8.390804	Di. 23.07.24 16:44 Uhr		...
<a href="#">anp_gt2_reinhardmohnstrasse18-annenstrasse12</a>			Lat: 8.420367 Lng: 51.908787	Di. 23.07.24 16:43 Uhr		...
<a href="#">anp_os1_wissenstrasse11</a>			Lat: 52.278664 Lng: 8.03854	Di. 23.07.24 16:43 Uhr		...
<a href="#">anp_ros1_thomasmuentzerplatz31</a>			Lat: 54.092789 Lng: 12.141816	Di. 23.07.24 16:44 Uhr		...
<a href="#">hw1_os-gtros-os</a>			Lat: 8.060887 Lng: 52.271024	Di. 23.07.24 16:44 Uhr		...

Zellen pro Seite: 10 1-5 of 5

[Karte anzeigen](#)

Abbildung 14: Übersicht zu Zuständen aller vernetzten Fahrzeuge

#### Dashboard zur Überwachung der Auftragssteuerung

Es wurde ein Dashboard zur Überwachung der Auftragssteuerung konzipiert und entwickelt, welches dem Transport Order Operator die Möglichkeit bietet den aktuellen Status zu allen Transportaufträgen zu überwachen, um gegebenenfalls in die Auftragssteuerung eingreifen zu können.

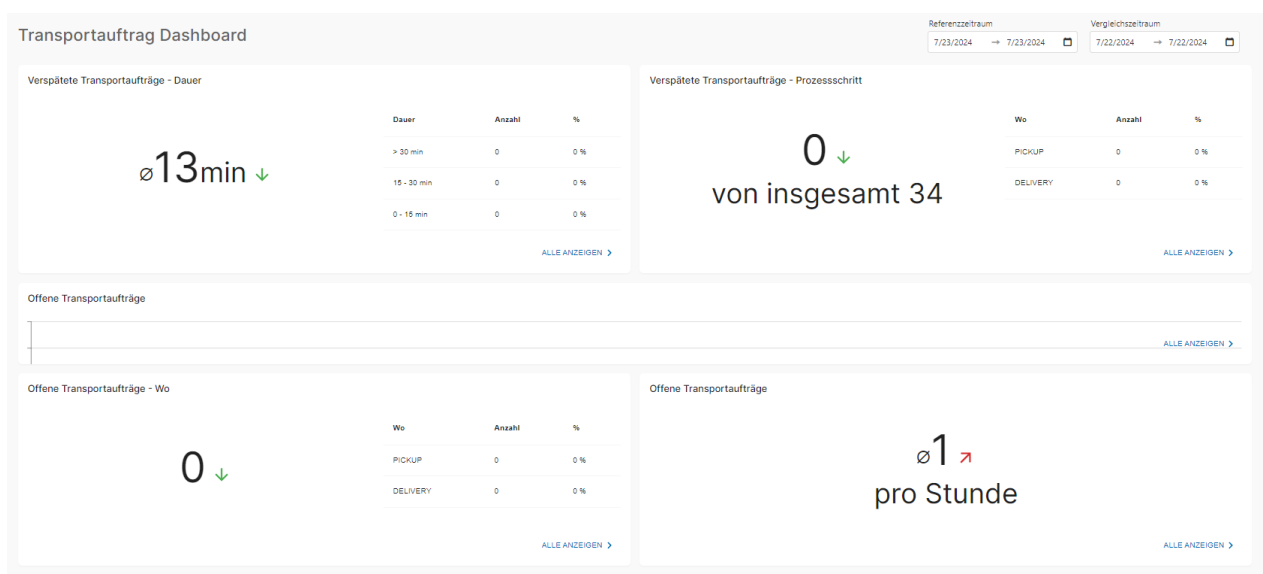


Abbildung 15: Dashboard zur Überwachung der Auftragssteuerung

**2.1.6.7 Arbeitspaket 5.6 – Evaluation**

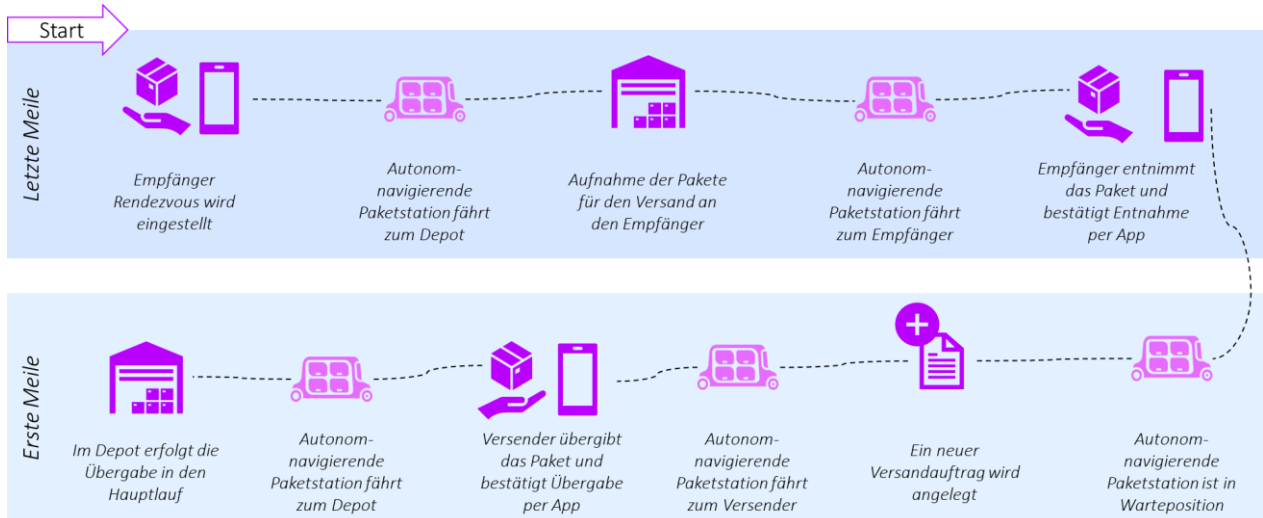
AP 5.6 – Evaluation & Demonstration	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definition von Testfällen</li> <li>- Durchführung von Systemtests</li> <li>- Messe-Demo (Hannover Messe)</li> <li>- Abschlussdemo (Osnabrück)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Konzeption und Durchführung automatisierter sowie manueller Tests</li> <li>✓ Implementierung eines Messedemonstrators für Future Mobility Stand</li> <li>✓ Erfolgreiche Abschlussdemonstration am 13.11.2024 mit realer ANP, Plattformintegration &amp; Dashboards</li> </ul>
-------------------------------------	---	--

Das Arbeitspaket 5.6 bildete den praxisorientierten Höhepunkt des Teilprojekts „Smart Managed Freight Fleet“ und bündelte alle Maßnahmen zur Demonstrationsfähigkeit, Systemverifikation sowie zur öffentlichen Präsentation der Projektergebnisse.

**Demonstrator und Abschlussdemonstration in Osnabrück**

Im Mittelpunkt stand die Entwicklung eines voll funktionsfähigen Demonstrators, der alle im Projekt erarbeiteten technischen, prozessualen und organisatorischen Komponenten vereinte. Dieser Demonstrator wurde im Rahmen der Live-Demonstration am 13. November 2024 auf dem Gelände des Museums Industriekultur Osnabrück („MIK“) erfolgreich der Öffentlichkeit präsentiert. Gezeigt wurde ein durchgängiger Paketlauf unter Einsatz einer realen autonom navigierenden Paketstation (ANP), kombiniert mit den digitalen Backends der Buchungsplattform, verschiedenen Operatoren-Cockpits und einer mobilen Rendezvous-App.

Die Planung der Abschlussdemonstration wurde im Vorfeld intensiv mit den Use-Case-Verantwortlichen und der Projektleitung abgestimmt. Nach einer Evaluierungsphase wurden die Standorte Osnabrück (TP5) und Hamburg (TP4) als Austragungsorte festgelegt. Der Ablauf der Demonstration wurde in Grob- und Feinplanung definiert, wobei die finale Abstimmung einzelner Sequenzen in enger Verzahnung mit den realen Eigenschaften des ANP-Fahrzeugs erfolgte. Im Fokus stand dabei ein fehlerfreier Ablauf („Happy Flow“) sowie die Interaktion der realen Fahrzeughardware mit den Backend-Services in Echtzeit.



**Abbildung 16: Ablaufkonzept Live-Demo Osnabrück**

Am zweiten Demonstrationstag in Hamburg hat Arvato Systems in seiner Rolle als Konsortialführer ebenfalls Präsentationsinhalte verantwortet.

### **Testphase & Systemverifikation**

Vor der öffentlichen Vorführung erfolgten umfangreiche manuelle und automatisierte Tests sämtlicher Systemkomponenten. Dies umfasste die kontinuierliche Identifikation, Dokumentation und Behebung von Bugs, Performance-Engpässen und Integrationsschwächen. Zentrale technische Herausforderung war die präzise Umgebungsmodellierung für die Navigation des ANP. Hierzu wurde eine digitale Karte erstellt, die auf Sensorfusion aus LIDAR-, GPS- und Infrastrukturdaten basierte. Dadurch war es möglich, Navigationspunkte exakt anzufahren, Rendezvous-Zeitfenster zu berücksichtigen und dynamische Umweltänderungen zu berücksichtigen.

Wesentliche Elemente der Tests umfassten:

- stabile Kommunikation zwischen ANP und Buchungsplattform
- präzise Durchführung von Pick-up und Delivery-Prozessen
- Reaktion auf Nutzerinteraktionen über mobile UIs
- Rollenspezifische Systemzustände in Operatoren-Cockpits
- Prüfung der Datenflussintegrität zwischen MAS, iWT, Plattform und App

Diese Tests legten die Grundlage für eine stabile Demonstrationsumgebung und erlaubten das frühzeitige Schließen technischer Lücken vor der Veranstaltung.

### **Messepräsentation: Hannover Messe 2024**

Parallel zur Demonstrationsvorbereitung wurde ein Messedemonstrator für die Hannover Messe 2024 erarbeitet. Im Rahmen des Future Mobility Gemeinschaftsstands wurde der Use Case „Smart Managed Freight Fleet“ in einer simulierten Umgebung präsentiert. Dafür wurden nicht physisch verfügbare Systeme (z. B. reale ANP) durch simulierte Komponenten ersetzt und über eine eigens bereitgestellte Infrastruktur mit Mock-Diensten in Betrieb genommen. Dabei kamen Visualisierungen von Sendungsflüssen, Routingprozessen, Agenteninteraktionen und Telemetriedaten zum Einsatz.

Diese Messepräsentation ermöglichte es, eine erste Verprobung des Use Cases durchzuführen.

### **Organisation der Abschlussveranstaltungen**

Neben der technischen Vorbereitung fiel Arvato Systems auch die Verantwortung für die Organisation der Abschlussveranstaltung in Osnabrück zu. Diese umfasste:

- Koordination des Veranstaltungsortes inklusive technischer Infrastruktur
- Erstellung und Abstimmung der Agenda
- Einladung relevanter Stakeholder aus Wirtschaft, Forschung und Politik
- Kommunikationsmaßnahmen (z. B. Event-Branding, Pressematerialien)
- Ablaufmanagement vor Ort

Die Veranstaltung bildete den krönenden Abschluss des Teilprojekts und unterstrich die Demonstrationsfähigkeit des gesamten Systems im Livebetrieb.

### 2.1.6.8 TP 6 - Austausch innerhalb der Projektfamilie GAIA-X 4 Future Mobility, Zusammenarbeit mit weiteren Initiativen/Projekten und Projektmanagement

<p>TP6 – Projektkoordination, Dissemination &amp; Konsortialführung</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Koordination des Projektmanagement Offices (PMO)</li> <li>- Vorbereitung und Moderation von Projekttreffen</li> <li>- Organisation von Konsortial- und Abschlusstreffen</li> <li>- Abstimmung mit Projektträger</li> <li>- Projektverlängerung koordinieren</li> <li>- Dissemination und Veröffentlichung der Projektergebnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Steuerung der externen PMO-Ausschreibung und - Begleitung</li> <li>✓ Durchführung, Moderation und Dokumentation mehrerer Konsortialtreffen</li> <li>✓ Enge Abstimmung mit Projektträger zur VHB-Anpassung und Mittelumschichtung</li> <li>✓ Federführende Koordination der Projektverlängerung bis 28.02.2025</li> <li>✓ Organisation der Abschlussveranstaltung in Osnabrück</li> <li>✓ Veröffentlichung zweier wissenschaftlicher Beiträge mit DFKI und ZU</li> <li>✓ Pressearbeit und Messeauftritte zur Sichtbarkeit des Projekts</li> </ul>
---	---	---

Im Rahmen von TP6 übernahm Arvato Systems zentrale Aufgaben der Konsortialführung und Projektkoordination im Projekt GAIA-X 4 ROMS. Als koordinierender Partner leistete Arvato Systems einen wesentlichen Beitrag zur erfolgreichen Steuerung des Gesamtprojekts, insbesondere in Hinblick auf projektübergreifende organisatorische Aufgaben, Abstimmungen mit dem Projektträger sowie die Begleitung strategischer und struktureller Entscheidungen innerhalb des Konsortiums.

#### Projektmanagement und Koordination

Eine zentrale Rolle bestand in der Koordination der Ausschreibung und der Begleitung des externen Project Management Office (PMO), das über einen großen Teil der Projektlaufzeit hinweg unterstützende Aufgaben im operativen Projektmanagement wahrnahm. Vor dem Start der Beauftragung und mit dem Ende der Beauftragung des PMOs zum 30.11.2024 übernahm Arvato Systems zusätzlich die Steuerung projektweiter Aufgaben- und Terminpläne und stellte so den geordneten Projektverlauf bis zum Projektende sicher.

Durch die kontinuierliche Teilnahme an Projektmeetings sowie die enge Abstimmung mit dem Projektträger konnten sowohl operative als auch strategische Themen frühzeitig erkannt und gemeinsam gelöst werden. Regelmäßige Konsortialtreffen – unter anderem im Februar 2024 in Gütersloh bei Arvato Systems und im September 2024 in Saarbrücken bei der HTW Saar – wurden inhaltlich und organisatorisch vorbereitet, moderiert und dokumentiert.

Darüber hinaus wurde im Rahmen eines Konsortialtreffens im September 2023 ein strukturierter Austausch zu Meilenstein 2 durchgeführt, bei dem auch mehrere projektübergreifende Arbeitsgruppen zu thematischen Schwerpunkten initiiert wurden.

### **Vorhabensanpassungen und organisatorische Verantwortung**

Ein besonderer Koordinationsaufwand ergab sich durch den Rückzug der IOTA-Stiftung und der Firma Ducktrain aus dem Projekt. Arvato Systems übernahm in diesem Kontext gemeinsam mit den Teilprojektleitungen die Abstimmung und Umsetzung der notwendigen Anpassungen an der Vorhabensbeschreibung (VHB). Diese wurden konsortial abgestimmt, überarbeitet und mündeten in der Einreichung der aktualisierten VHB-Version 1.05 beim Projektträger.

Zudem wurden Anträge zur Entsperrung von Mitteln aus Position 0850 für notwendige Hardwarekomponenten erfolgreich vorbereitet und eingereicht. Darüber hinaus wurde eine Umwidmung der Mittel aus dem GUA „Ducktrain“ zur Beschaffung der real eingesetzten autonom navigierenden Paketstation des Herstellers „TwinswHeel“ angestoßen, koordiniert und mit dem Projektträger abgestimmt.

Im weiteren Verlauf des Projekts übernahm Arvato Systems die Verantwortung für die übergreifende Koordination der Antragstellung zur Projektverlängerung. Nach umfangreicher Evaluation und Abstimmung innerhalb des Konsortiums wurde ein einheitlicher Konsens erzielt. Eine gemeinsame Verlängerungsbegründung – insbesondere mit Blick auf die verspätete Bereitstellung der Gaia-X Federation Services sowie der physischen ANP – wurde erstellt und beim Projektträger eingereicht. Die Verlängerung bis zum 28.02.2025 wurde bewilligt und entsprechend in den Projektplan implementiert.

### **Veranstaltungen, Dissemination und Öffentlichkeitsarbeit**

Ein besonderer Fokus lag im Verlauf der Projektlaufzeit auf der Organisation und Durchführung zentraler Projektveranstaltungen. Arvato Systems übernahm die Verantwortung für die Planung, Durchführung und Moderation des Projekttreffens im September 2023 sowie der Abschlussveranstaltung in Osnabrück am 13.11.2024. Die inhaltliche und organisatorische Ausgestaltung umfasste das Einladungsmanagement, die Koordination der Agenda, die Einrichtung technischer Infrastruktur sowie die Dokumentation der Ergebnisse.

Die Abschlussveranstaltung in Osnabrück wurde als zentrales Schaufenster des Projekts ROMS konzipiert, bei dem insbesondere der Use Case aus TP5 im Fokus stand. Vor Ort wurde ein durchgängiger Paketlauf mit realer autonomer Fahrzeugtechnik, GAIA-X-konformer Datenraumarchitektur und nutzerzentrierter Bedienoberfläche demonstriert. Eine begleitende Pressemitteilung durch das Arvato Systems Marketing sorgte für eine gezielte öffentliche Wahrnehmung der Projektergebnisse.

Darüber hinaus war Arvato Systems auf der Hannover Messe 2024 aktiv beteiligt und stellte gemeinsam mit anderen Partnern aus der Projektfamilie „Future Mobility“ die Zwischenergebnisse von GAIA-X 4 ROMS auf dem Gemeinschaftsstand vor. Die Messepräsentation wurde durch eine eigene Simulationsumgebung unterstützt, um auch noch nicht vollständig realisierte Komponenten zugänglich und erlebbar zu machen.

Ein weiteres zentrales Disseminationsformat war die aktive Teilnahme an den Domänen des Gaia-X Hubs Deutschland, insbesondere an der Ende 2023 neu geschaffenen Domäne Logistik. Die Einbindung dieser Ergebnisse und Diskussionen ermöglichte nicht nur eine Vertiefung des Domänenwissens innerhalb des Konsortiums, sondern auch eine kontextualisierte Einordnung des eigenen Use Cases in den entstehenden europäischen Datenraum.

### **Wissenschaftliche Veröffentlichungen**

Im Zuge des Teilprojekts TP6 wurden auch zwei wissenschaftliche Veröffentlichungen mitgestaltet und publiziert bzw. eingereicht:

- „Rendezvous mit einer autonom navigierenden Paketstation — Ein innovatives Geschäftsmodell für die letzte Meile Logistik mit Gaia-X“ (gemeinsam mit DFKI und Zeppelin Universität, veröffentlicht in *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 07/2024)
- „A Parcel Agent for Autonomous Parcel Management in Logistics Networks“ (eingereicht in *Transportation Research Part C*, gemeinsam mit dem DFKI)

Beide Beiträge trugen dazu bei, die in TP5 und TP6 entwickelten Konzepte wissenschaftlich zu reflektieren und in die Community der Logistik- und IT-Forschung zu transferieren.

## 2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Mittelverwendung erfolgte im Wesentlichen für Personalaufwände im Backend-/Frontend-Development, Konzeptentwicklung, Konsortialkoordination und Demonstrationsbetrieb sowie für Unteraufträge (z. B. Entwicklungspakete ANP-Schnittstelle). Eine detaillierte Aufschlüsselung erfolgt im zahlenmäßigen Nachweis.

Die wesentlichen Positionen des zahlenmäßigen Nachweises betreffen Personalaufwände für Backend-/Frontend-Entwicklung, Konzeptentwicklung, Systemarchitektur und Projektleitung (Konsortialkoordination). Darüber hinaus erfolgte eine Hardwarebeschaffung durch die Beschaffung einer autonom-navigierenden Paketstation für die Entwicklung der technologischen Komponenten, mit dem Ziel zur Demonstration des Use Cases 2 mit der ANP-Lösung.

Alle Ausgaben lagen unterhalb der kalkulierten Höchstbeträge, Umwidmungen wurden mit dem Projektträger abgestimmt. Die Mittelverwendung wurde durch die angezeigte Aufteilung zwischen den Legal Entities von Arvato Systems, der Arvato Systems GmbH und der Arvato Systems Digital GmbH, angepasst.

## 2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die im Projektverlauf erbrachten Arbeiten waren in Art und Umfang zwingend notwendig, um den ambitionierten Zielen des Use Cases „Smart Managed Freight Fleet“ gerecht zu werden. Angesichts der technologischen Neuartigkeit, der hohen Komplexität der Systemlandschaft sowie der strengen Anforderungen an Interoperabilität, Echtzeitfähigkeit und GAIA-X-Konformität konnte die angestrebte Ergebnisqualität nur durch ein tiefes Maß an Entwicklungs-, Koordinations- und Integrationsarbeit erreicht werden.

### Technologische Komplexität und Innovationscharakter

Ein zentrales Alleinstellungsmerkmal des Projekts war die prototypische Erprobung autonom navigierender Paketstationen (ANP) im realitätsnahen Logistikbetrieb. Diese Innovation erforderte nicht nur die Integration von Hardwarekomponenten, sondern auch die Entwicklung und Orchestrierung neuartiger Steuerungslogiken, Kommunikationsinfrastrukturen sowie nutzerzentrierter Cockpits. Die dafür erforderlichen Aufwände umfassten unter anderem:

- Aufbau eines hochgradig modularen Backend-Systems, das verschiedene Rollenmodelle und Betriebszustände abbilden kann
- Entwicklung und kontinuierliche Verbesserung eines mehrdimensionalen Rendezvous-Konzepts
- Implementierung eines dynamischen Buchungssystems inklusive Interaktion mit einem Multiagentensystem
- Entwicklung mehrerer domänenspezifischer User Interfaces für Operatoren, Versender und Empfänger

- Integration realer autonomer Fahrzeuge in digitale Steuerungssysteme – inklusive Entwicklung eines Physical ANP Adapters und zugehöriger Routing- und ETA-Logiken

Diese Arbeiten sind nicht als additive Tätigkeiten zu verstehen, sondern als notwendig verzahnte Bestandteile eines komplexen, förderierten Mobilitätsökosystems. Ein reduzierter Arbeitsumfang hätte unweigerlich zu funktionalen Lücken und fehlender Demonstrationsfähigkeit geführt.

### **Interdisziplinäre Zusammenarbeit und Koordination**

Der Use Case setzte eine enge Abstimmung zwischen verschiedenen Partnern und Fachdisziplinen voraus – darunter Systemarchitekten, Softwareentwickler, Logistikplaner, Fahrzeughersteller und UX-Designer. Der hohe Koordinations- und Kommunikationsaufwand war insbesondere in folgenden Bereichen gerechtfertigt:

- Abstimmung technischer Schnittstellen zwischen Plattform, MAS, Fahrzeugen und Backends
- Konsolidierung von Partnerentwicklungen im Rahmen gemeinsamer Infrastruktur (z. B. CRISP, GXFS)
- Synchronisation von funktionalen Abhängigkeiten, z. B. zwischen Buchungsplattform, Depotservice und Routinglogik
- Durchführung gemeinsamer Testszenarien und Demo-Vorbereitungen über Systemgrenzen hinweg

Ohne diese projektbegleitende Abstimmung wäre die End-to-End-Funktionalität des Demonstrators – als wesentliches Ziel im Rahmen der Fördermaßnahme – nicht gewährleistet gewesen.

### **Notwendigkeit des Projektmanagements**

Vor dem Hintergrund der Vielzahl von Teilprojekten, technischen Abhängigkeiten und Fristen war ein kontinuierliches Projektmanagement essenziell. Die Aufgaben umfassten:

- Planung, Steuerung und Nachverfolgung der Arbeitspakete
- Unterstützung der übergreifenden Kommunikation im Konsortium
- Dokumentation und Konsolidierung der technischen Ergebnisse
- Qualitätssicherung und Koordination der Meilensteinplanung
- Initiierung und Durchführung von Konsortialtreffen, Workshops und Review-Terminen

Insbesondere im Kontext des Projektabschlusses sowie der Vorbereitung der Live-Demonstration im November 2024 erwies sich das Management der Abhängigkeiten zwischen Hardwareverfügbarkeit, Softwareintegration und Veranstaltungsvorbereitung als ressourcenintensiv, aber zugleich unverzichtbar.

### **Demonstrationsreife als zentrales Ziel**

Ein maßgeblicher Teil der geleisteten Arbeit war auf die Realisierung eines funktionalen Demonstrators ausgerichtet. Die Anforderungen an eine stabile, nachvollziehbare und öffentlich präsentierbare Vorführung stellten hohe Anforderungen an alle Beteiligten. Um die „Happy Flow“-Szenarien unter realitätsnahen Bedingungen umsetzen zu können, war Folgendes erforderlich:

- Durchführung umfassender Systemtests mit realen ANP-Fahrzeugen
- Anpassung der Software an reale Umweltbedingungen (z. B. Gelände, GPS-Präzision, Ladezyklen)
- Bereitstellung geeigneter Testumgebungen mit relevanter Infrastruktur (z. B. auf dem MIK-Gelände in Osnabrück)
- Technische Begleitung der Messeauftritte, z. B. auf der Hannover Messe 2024

- Live-Koordination und Orchestrierung der Systemkomponenten während der Abschlusspräsentation

Die hier investierten Aufwände spiegeln die besondere Innovationshöhe des Projekts wider und zeigen die praktische Anwendbarkeit förderter Datenraumlösungen im Mobilitätssektor.

Die geleisteten Arbeiten waren hinsichtlich Umfangs, Tiefe und Struktur in vollem Maße gerechtfertigt und notwendig. Sie bilden die Voraussetzung dafür, dass die angestrebten Projektziele erreicht, die Demonstrationsfähigkeit sichergestellt und die Grundlagen für eine spätere produktive Umsetzung gelegt werden konnten. Ohne die beschriebenen Entwicklungs- und Koordinationsaktivitäten wäre die erfolgreiche Demonstration eines vollständigen, datenraumkonformen End-to-End-Prozesses mit autonomen Fahrzeugen nicht realisierbar gewesen.

## 2.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die im Rahmen von *Gaia-X 4 ROMS* durchgeführten Arbeiten und entwickelten Lösungen stellen für Arvato Systems eine tragfähige Grundlage für eine wirtschaftliche und technische Verwertung dar. Das Teilvorhaben „Smart Managed Freight Fleet“ wurde von Beginn an mit dem Ziel ausgerichtet, eine marktfähige Plattformarchitektur für autonom navigierende Fahrzeuge zu konzipieren, zu prototypisieren und demonstrativ zu erproben. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse wurden im Laufe des Projekts konsequent mit Blick auf die ursprünglich formulierten Verwertungsziele überprüft, fortgeschrieben und operationalisiert.

### Stand der Umsetzung der im Zuwendungsbescheid formulierten Verwertungsauflagen

Die Verwertungsauflagen aus dem Zuwendungsbescheid wurden in folgenden Punkten bereits aufgegriffen und in konkrete Aktivitäten überführt:

- **Bewertung von Marktpotenzialen zur Smart Managed Freight Fleet:** Im Projektverlauf wurden Arvato Systems intern und gemeinsam mit den Partner DFKI und weiteren Beteiligten eine Potenzialanalyse durchgeführt. Dabei wurden Anwendungsszenarien, Zielgruppen und technische Voraussetzungen identifiziert. Die Erkenntnisse sind in eine strategische Bewertung eingeflossen, die Grundlage für die Planung eines Business Cases bildet. Eine interne Bewertung dieser Potenziale ist für Ende 2025 vorgesehen.
- **Überführung der Erkenntnisse zu autonomen Paketstationen in die eigene Produktentwicklung:** Die technische Machbarkeit, insbesondere im Hinblick auf Routing, Auftragsmanagement und Schnittstellen zur Remote-Interaktion mit Fahrzeugen, konnte mit dem Projekt prototypisch belegt werden. Abstimmungen zur Übernahme dieser Konzepte in neue oder bestehende Plattformen befinden sich in der Vorbereitung für PoC-Projekte ab Ende 2026.
- **Integration der autonomen Auftragssteuerung in bestehende Services:** Das Systemdesign zur intelligenten, agentenbasierten Steuerung von Transportaufträgen wurde an die Buchungsplattform angebunden und funktional erprobt. Die entstehende Systemarchitektur ist modular ausgelegt und erlaubt perspektivisch die Anbindung weiterer Ressourcentypen (z. B. iWT, Roboter, Stationen). Die autonome Disposition wird als wesentlicher Bestandteil künftiger logistischer Steuerungssysteme betrachtet.

### Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Die Monetarisierung der Plattformlösung wird auf Grundlage des Verwertungsplans ab dem Jahr 2026 angestrebt, mit ersten PoC-Pilotkunden im Zeitraum 2026/2027. Voraussetzung hierfür ist eine fundierte wirtschaftliche Bewertung sowie die Klärung technischer und regulatorischer Voraussetzungen für den Betrieb autonomer Fahrzeuge. Bis zur vollen Skalierbarkeit wird ein Zeithorizont bis 2030 angesetzt, da vor

diesem Zeitpunkt nicht mit einer flächendeckenden Genehmigungsfähigkeit und Serienverfügbarkeit der Hardwarekomponenten zu rechnen ist.

Das zukünftige Leistungsspektrum der Plattform umfasst u. a.:

- Eine **intelligente Buchungsplattform** zur Generierung und Steuerung von Transportaufträgen
- Dienste für **Kapazitätsmanagement** in Depots und für autonome Fahrzeuge (ANP)
- Ein **Cockpit für Flottenbetreiber** zur Überwachung, Disposition und Interaktion mit Fahrzeugen
- Eine **Zugangssteuerung** für ANP zur Paketentnahme durch autorisierte Personen
- Einen **App-Nachrichtenmanager** zur statusbasierten Interaktion mit Sendern und Empfängern
- Die **Anpassung und Weiterentwicklung** der UI/UX auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse

Die systematisch definierte Produkt-Roadmap sieht vor, dass diese Funktionen bis 2029 iterativ zu einem marktfähigen Produkt ausgebaut werden.

### Wissenschaftlich-technische Erfolgsaussichten

Arvato Systems konnte im Rahmen von Gaia-X 4 ROMS frühzeitig praktische Erfahrungen mit der technischen Realisierung eines datenraumkonformen Logistiksystems sammeln. Die Anbindung an GAIA-X-Standards, der Umgang mit föderierten Identitäten und die Integration von Trust-Services liefern eine belastbare Ausgangsbasis für zukünftige Smart-City- oder datenraumbasierte Industrieanwendungen. Insbesondere die folgenden Aspekte wurden als wissenschaftlich und technisch besonders tragfähig identifiziert:

- Generische Steuerungslogik für autonome Objekte (ANP, iWT, etc.)
- Modularisierte Architektur für Cloud-native Logistikdienste
- Agentenbasierte Interaktion zur Kopplung von Plattform- und Fahrzeugwelt
- Anwendung föderierter Konzepte im Kontext der GAIA-X Federation Services (GXFS)

Die gewonnenen Erkenntnisse sind bereits in mehreren wissenschaftlichen Veröffentlichungen dokumentiert und werden in weiteren Konferenzbeiträgen und Fachpublikationen verarbeitet. Darüber hinaus ist eine Einbindung der Projektergebnisse in neue Forschungsinitiativen geplant, u. a. im Kontext urbaner Mobilität, Logistikdatenräume und nachhaltiger Lieferketten.

### Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Arvato Systems wird nach Projektende auf Basis der dokumentierten Ergebnisse und Erfahrungen einen detaillierten Geschäftsplan für den Zeitraum 2026–2030 erarbeiten. Dieser umfasst:

- Detaillierte Markt- und Potenzialanalyse
- Umsatzplanung über fünf Jahre
- Definition der funktionalen Anforderungen eines marktfähigen Produkts
- Entwicklungs- und Investitionsplanung
- Ressourcenallokation, Go-to-Market-Strategie und Vertriebsplanung

Zudem wird geprüft, welche bestehenden und neuen Partnerlösungen in die Weiterentwicklung integriert werden können, um ein tragfähiges Partnernetzwerk für Forschung und Produktentwicklung aufzubauen.



Finanziert von der Europäischen Union  
NextGenerationEU



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

## 2.5 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Während der Projektlaufzeit wurden keine konkurrierenden Entwicklungen mit unmittelbarer Relevanz bekannt. Erkenntnisse durch Projektpartner (DFKI, Fraunhofer IPK, ZU) sowie angrenzende Projekte (z. B. 4 KI, 4 AMS) innerhalb der Projektfamilie Future Mobility zu technologischen Fortschritten, wurden mit den Arbeiten bei Arvato Systems kontinuierlich abgestimmt. Im Hinblick auf autonome Mobilitätsdienste ist festzustellen, dass ähnliche Ansätze außerhalb des Gaia-X-Kontextes in Smart-City-Pilotprojekten umgesetzt werden. Allerdings bieten diese keine föderierten Strukturen, weshalb das im Projekt entwickelte Datenraumkonzept eine klare Differenzierung darstellt.

## 2.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 11 NKBF98.

Die entstandenen Publikationen mit Bezug zum Forschungsvorhaben werden nachfolgend aufgeführt:

2024	HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik (Journal)	<i>Rendezvous mit einer autonomen navigierenden Paketstation – Ein innovatives Geschäftsmodell für die letzte Meile Logistik mit Gaia-X</i>	Heinbach, C., Haff, A., Lapp, N., Jaschinski-Schürmann, B., Rychlik, H., & Schulz, W. H. (2024b)	Veröffentlicht	<a href="https://link.springer.com/article/10.1365/s40702-024-01131-x">https://link.springer.com/article/10.1365/s40702-024-01131-x</a>	
2025	Transportation Research Part C	<i>A Parcel Agent for Autonomous Parcel Management in Logistics Networks</i>	Gösling, Henning; Maecker, Dennis; Fründt, Kolja; Haff, Andre	In Begutachtung		