

Schlussbericht gem. Nr. 8.2 NKBF 98

Vorhabensbezeichnung:

Verbundvorhaben Gaia-X 4 Advanced Mobility Services (AMS)

Ein Projekt der Gaia-X 4 Future Mobility Projektfamilie



Laufzeit des Vorhabens:
01.12.2021 – 31.05.2025

Berichtszeitraum:
Schlussbericht

Erstellt am:
02.10.2025

Organisation:
Peregrine Technologies GmbH

Förderkennzeichen:
19S21004M

Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)



Kurzbericht – Peregrine Technologies GmbH.....	3
Projektkontext und Rolle von Peregrine.....	3
Technische Arbeiten von Peregrine.....	3
Datenbereitstellung und Integration.....	3
Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	3
Ergebnisse und Ausblick.....	4
1. Aufgabenstellung und Rolle von Peregrine Technologies im Projekt.....	5
1.1. Förderpolitische Zielsetzung.....	6
2. Voraussetzungen und Stand von Wissenschaft & Technik.....	7
2.1. Hardwareverfügbarkeit bei Projektstart.....	7
2.2. Stand der KI-gestützten Objekterkennung & Edge-Inferenz.....	7
2.3. Stand der ODD-OD-Datenstrukturen.....	7
3. Planung und Ablauf.....	8
4. Erarbeitete Komponenten und Dienste.....	9
4.1. Hardwareentwicklung – Peregrine One (Entwurf, projektorientiert).....	9
4.2. KI-Algorithmenentwicklung.....	11
4.3. ODD-OD Matching und Teilprojektleitung.....	12
5. Zusammenarbeit mit den Projektpartnern.....	15
6. Einbindung in Gaia-X.....	16
7. Wirtschaftliche Verwertungsperspektiven.....	16
8. Zusammenfassung und Abschlussbewertung.....	17

Kurzbericht – Peregrine Technologies GmbH

Partner: Peregrine Technologies GmbH, Saarstr. 20a, 12161 Berlin

Vertreten durch: Dr. Steffen Heinrich (Geschäftsführer)

Projektverantwortlich: Dr. Philip Meier

Projektkontext und Rolle von Peregrine

Im Verbundprojekt Gaia-X 4 Advanced Mobility Services (AMS) verfolgte die Peregrine Technologies GmbH das Ziel, Hardware- und Softwarekomponenten für die Erfassung, Verarbeitung und Bereitstellung visueller Daten zu entwickeln. Peregrine übernahm die Leitung des Teilprojekts 4 (Sichere Koordination autonomer Fahrzeuge) und brachte insbesondere Kompetenzen in den Bereichen Computer Vision, Embedded Systems und Datenmodellierung ein. Die Arbeiten verknüpfen Edge-basierte Sensordatenverarbeitung mit Gaia-X-Prinzipien wie Datenhoheit, Förderbarkeit und Interoperabilität. Damit wurde die Brücke von lokalen, datenschutzkonformen Sensorlösungen in föderierte Mobilitätsdatenräume geschlagen.

Technische Arbeiten von Peregrine

Ein Schwerpunkt lag auf der Entwicklung einer eigenen Kamera-Hardwareplattform („Peregrine One“) in Zusammenarbeit mit einem spezialisierten Unterauftragnehmer. Am Markt waren zu Projektbeginn keine Systeme verfügbar, die das für AMS geforderte Anforderungsprofil (Edge-KI-Inferenz, DSGVO-konforme Anonymisierung, integrierte Datenschnittstellen) in dieser Kombination erfüllten. Die Plattform bildet die Basis für die Erprobung und Weiterentwicklung der KI-gestützten Verfahren. Darüber hinaus entwickelte Peregrine Machine-Learning-gestützte Algorithmen zur Objekterkennung, -klassifizierung und -lokalisierung. Die Modelle wurden auf eigenen und öffentlichen Datensätzen trainiert und laufen lokal auf der Kamera. Damit wird eine datenschutzkonforme Echtzeitverarbeitung erreicht. Peregrine trug außerdem zur Entwicklung einer ODD-kompatiblen Datenstruktur bei, mit der Straßenschäden und Schilderdaten beschrieben werden können. Diese Struktur wurde in das ODD-OD-Matching integriert und in Demonstrationen zur ODD-gestützten Routenplanung eingesetzt (Details siehe Teil II). Alle Entwicklungen wurden so konzipiert, dass sie über Gaia-X-Connectoren und standardisierte Schnittstellen in föderierte Datenräume integrierbar sind. Die ODD-kompatible Datenstruktur wurde an bestehende Gaia-X-Taxonomien angelehnt und ermöglicht eine interoperable Bereitstellung von Straßendaten.

Datenbereitstellung und Integration

Peregrine sammelte in Berlin, Braunschweig, Wolfsburg, Hamburg, Stuttgart, Frankfurt und München Daten zu Straßenschäden und Verkehrszeichen in Zusammenarbeit mit Flottenpartnern. Die Ergebnisse wurden in strukturierter Form (CSV mit Koordinaten, Typ/Subtyp, Zeitstempel, Bildlink; optional Schweregrad) aufbereitet und u.a. über den Datenraum Pontus-X bereitgestellt. Eine öffentliche Demonstration erfolgte im Rahmen der Hannover Messe 2024.

Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Umsetzung erfolgte in enger Abstimmung mit weiteren Projektpartnern aus den Bereichen Routing, ODD-Matching, Reaktionsplanung und Datenraum-Integration. Darüber hinaus beteiligte sich Peregrine an projektübergreifenden Aktivitäten der Gaia-X 4 Future Mobility-Familie, unter anderem durch die Zusammenarbeit mit der Stadt Hamburg und Delta Dao zur Integration von Straßenschäden-Daten via Pontus-X. Die Zusammenarbeit erfolgte im Rahmen der Gaia-X-Architekturprinzipien, wodurch Partnerdienste (Routing, Matching, Reaktionsplanung) über standardisierte Schnittstellen gekoppelt und interoperabel genutzt werden konnten.

Ergebnisse und Ausblick

Im Projekt entwickelte und erprobte Peregrine Hardware- und Softwarekomponenten für die datengetriebene Koordination autonomer Fahrzeuge. Die Arbeiten umfassten Kamera-Hardware mit Edge-Verarbeitung, Algorithmen zur Objekterkennung und eine ODD-kompatible Datenstruktur für Straßenszenen. Die gewonnenen Erfahrungen – insbesondere mit eigener Hardware, der Zusammenarbeit mit Städten und der Sammlung von Straßenschäden- und Schilderdaten – fließen in die kontinuierliche Verbesserung des Produktportfolios ein. Sie stärken Peregrines Position im Geodatengeschäft und schaffen Grundlagen für weitere Anwendungen im europäischen Mobilitätsökosystem. Weiter leisten die Ergebnisse auch einen Beitrag zur Etablierung eines europäischen, souveränen Datenökosystems im Sinne von Gaia-X und fließen in zukünftige Anwendungen ein, die Datenräume für Mobilität, urbane Infrastruktur und Verkehrsplanung adressieren.

1. Aufgabenstellung und Rolle von Peregrine Technologies im Projekt

Die Peregrine Technologies GmbH, ansässig in Berlin, war im Rahmen von Gaia-X 4 AMS für die Leitung des Teilprojekts 4 („Sichere Koordination von autonomen Fahrzeugen“) verantwortlich und übernahm damit eine zentrale Rolle in der Gesamtarchitektur des Verbundvorhabens. Wesentliche technologische Bausteine für die sichere und effiziente Koordination automatisierter Fahrzeuge in einem Gaia-X-Ökosystem standen zu Projektbeginn noch nicht verfügbar. Dies betraf insbesondere Edge-fähige Kamerasysteme mit integrierter KI-Verarbeitung sowie standardisierte Datenstrukturen für die Beschreibung von Betriebsbereichen („Operational Design Domains“, ODDs) und deren Abgleich mit konkreten Fahrkontexten („Operational Domains“, ODs).

Peregrine adressierte diese Lücke durch die Entwicklung einer eigenen Hardwareplattform („Peregrine One“), die speziell auf die Anforderungen des Projekts zugeschnitten war. Am Europäischen Markt existierten 2020/21 keine Systeme, die Edge-Inferenz mit leistungsstarken Chipsätzen (z.B. Qualcomm SoC), DSGVO-konformer On-Device-Anonymisierung und integrierten Schnittstellen für Datenräume in dieser Kombination bereitstellten. Mit Unterstützung eines spezialisierten Unterauftragnehmers konnte eine Kamera entwickelt werden, die neben der Erfassung auch die Echtzeit-Verarbeitung visueller Daten vor Ort ermöglicht. Diese Architektur ist nicht nur für den Einsatz in autonomen Fahrzeugflotten geeignet, sondern leistet auch einen Beitrag zur digitalen Souveränität durch Unabhängigkeit von außereuropäischen Anbietern.

Parallel dazu entwickelte Peregrine Machine-Learning-basierte Verfahren zur Objekterkennung, -klassifizierung und -lokalisierung. Die neuronalen Netze wurden sowohl mit selbst erhobenen Daten als auch mit öffentlich verfügbaren Datensätzen trainiert und sind in der Lage, Straßenschäden, Verkehrszeichen und andere relevante Objekte zuverlässig zu erkennen. Die gesamte Verarbeitung erfolgt auf dem Gerät selbst, wodurch Datenschutz und Echtzeitfähigkeit gleichermaßen gewährleistet werden. Dieser technologische Ansatz ist ein entscheidender Schritt hin zu einem Gaia-X-konformen Datenökosystem, das auf föderierte, sichere und interoperable Datenbereitstellung setzt.

Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Erarbeitung einer ODD-kompatiblen Datenstruktur, die es ermöglicht, Straßenschäden und Verkehrsschilder konsistent zu beschreiben und maschinenlesbar in ODD-OD-Matching-Prozesse einzubinden. Peregrine trug hier durch die systematische Erfassung und Modellierung urbaner Verkehrsdaten wesentlich dazu bei, dass ODDs nicht nur in abstrakten Modellen, sondern auch in konkreten Anwendungen berücksichtigt werden konnten. Die entwickelten Datenstrukturen wurden in Kooperation mit Partnern wie Fraunhofer IVI, consider it und OECON in Routing- und Matching-Verfahren integriert.

Im Projektverlauf sammelte Peregrine Daten in mehreren Städten (Berlin, Braunschweig, Wolfsburg, Hamburg, Stuttgart, Frankfurt, München) in enger Zusammenarbeit mit Flottenpartnern. Ein besonderes Highlight war die Zusammenarbeit mit dem Hamburger Verkehrsverbund (HVV), in dessen Serviceflotte Kameras installiert wurden, um über mehrere Wochen hinweg Straßenschäden- und Schilddaten zu erfassen. Die aufbereiteten Ergebnisse wurden in Form von CSV-Dateien mit Koordinaten, Typ/Subtyp, Zeitstempel und Verweisen auf anonymisierte Einzelbilder via Gaia-X-konformer Technologien zur Verfügung gestellt.

Die Rolle von Peregrine ging über die reine Technologieentwicklung hinaus: Als Leiter von Teilprojekt 4 koordinierte das Unternehmen die Schnittstellenarbeit zu den angrenzenden Aufgabenbereichen, insbesondere zur ODD-Routenplanung, zur Reaktionsplanung sowie zur Integration von Matching-Services. Darüber hinaus engagierte sich Peregrine aktiv in den Aktivitäten der Projektfamilie Gaia-X 4 Future Mobility, etwa durch die Bereitstellung von Straßenschadensdaten aus Hamburg in Zusammenarbeit mit Delta Dao für eine öffentliche Demonstration auf der Hannover Messe 2024.

1.1. Förderpolitische Zielsetzung

Gaia-X adressiert zentrale industrie- und digitalpolitische Ziele Europas: digitale Souveränität, Interoperabilität und die vertrauensvolle Datennutzung in föderierten Ökosystemen. Grundlage ist ein Regelwerk aus Policy Rules (inkl. Labelling-Kriterien) und dem Trust Framework, mit dem Offenheit, Transparenz, Datenschutz, Sicherheit und Portabilität nachprüfbar gemacht werden. Diese Regeln bilden den organisatorischen Anker für Gaia-X-Ökosysteme und ihre Teilnehmer und werden über Konformitäts- und Label-Prozesse verifiziert.

Technisch setzt Gaia-X auf eine Architecture of Standards: Vorhandene (teils domänenübergreifende) Standards werden konsolidiert und in den Gaia-X Federation Services konkretisiert; die vier Funktionsbereiche sind Identity & Trust, Federated Catalogue, Sovereign Data Exchange und Compliance. Diese Services sind domänenunabhängig und müssen für Mobilitätsanwendungen instanziiert bzw. ergänzt werden (z. B. Logging/Forensik). Damit entsteht ein wiederverwendbares Fundament, auf dem domänenspezifische Datenräume wie im Mobilitätssektor betrieben werden können.

Für Mobilität formuliert die Projektfamilie Gaia-X 4 Future Mobility explizit das Ziel, ein dezentrales Daten- und Dienste-Ökosystem aufzubauen, das Gaia-X-Prinzipien praktisch anwendet (u. a. durch Auswahl/Anpassung der Federation Services, Governance auf Basis der Policy Rules und Kopplung mit bestehenden Initiativen wie International Data Spaces). Damit sollen Datenräume Mobilität entstehen, in denen Akteure aus ÖPNV, Individual- und Schienenverkehr, Kommunen, Automotive und Plattformwirtschaft souverän Daten teilen und intermodal nutzbar machen.

Politisch anschlussfähig ist dieses Ziel an bereits entstehende Mobilitätsdatenräume (z. B. Mobility Data Space) und deren Architekturprinzipien einer dezentralen Vernetzung über Connectoren, Nutzungskontrolle via Usage Policies sowie Kataloge für das Auffinden und Aushandeln von Angeboten. Diese Muster zeigen, wie Gaia-X-Prinzipien in der Praxis umgesetzt und skaliert werden können.

Auf Implementierungsebene haben sich Eclipse Dataspace Components (EDC) als offener Referenz-Stack etabliert (u. a. in AMS eingesetzt), der die Interoperabilität von Datenräumen adressiert und auf Gaia-X Trust Framework und IDSA-Protokollen aufsetzt. Damit wird das förderpolitische Ziel unterstützt, vendor-neutrale, standardbasierte Datenräume zu betreiben, in die sich unterschiedliche Domänenlösungen integrieren lassen.

Für die Projektfamilie Gaia-X 4 Future Mobility bedeutet das konkret: Aus demonstratorischen Use Cases (z. B. ODD-gestütztes Routing, Flotten-Monitoring) sollen übertragbare Bausteine entstehen — von Governance-Modellen (Institutional Roles, Policy-Umsetzung) bis zu technisch lauffähigen Services (Identität/Katalog/Datenaustausch/Compliance) — die in föderierte Datenräume eingespeist und dort betrieben werden können.

Im Verbundkontext von Gaia-X 4 AMS wurde zusätzlich die Compliance-Infrastruktur adressiert (z. B. Digital Clearing House Node zur Sicherstellung der Gaia-X-Konformität), und es wurden Datenraum-Dienste für Onboarding und Betrieb bereitgestellt (z. B. EDC-as-a-Service). Damit wird die Übertragbarkeit über das Projekt hinaus erleichtert und die Skalierungsfähigkeit in Richtung produktiver Datenräume erhöht.

Schließlich zeigen Verbundaktivitäten mit Datenraum-Ökosystemen wie Pontus-X (Gaia-X-konformer Betrieb, Compute-to-Data-Fähigkeiten) einen policy-relevanten Wirkungspfad. Kommunale/öffentliche und privatwirtschaftliche Daten können souverän, standardisiert und sicher bereitgestellt und in KI-Workflows nutzbar gemacht werden — ohne Aufgabe von Datenhoheit. Das stützt die europäische Datenökonomie im Sinne von Gaia-X (Souveränität, Interoperabilität, Marktteilnahme insbesondere für KMU).

2. Voraussetzungen und Stand von Wissenschaft & Technik

2.1. Hardwareverfügbarkeit bei Projektstart

Zu Projektbeginn (VHB-Phase) war absehbar, dass die für AMS benötigte Kombination aus Edge-fähiger Kamerahardware mit leistungsstarker KI-Inferenz, DSGVO-konformer On-Device-Anonymisierung und standardisierten Schnittstellen in Gaia-X-Datenräumen am Markt nicht in dieser Gesamtheit verfügbar war. Für die Erfassung und Verarbeitung visueller Daten entschied sich Peregrine daher für die Auftragsentwicklung einer Kamera-Plattform („Peregrine One“). Der prototypische Aufbau (Qualcomm SoC, RGB-Kamera, IMU, GPS/Modem, lokaler Speicher) zielte auf on-device Ausführung anspruchsvoller neuronaler Netze und eine sichere Vorverarbeitung der Daten ab. Mehrere Iterationen funktionsfähiger Prototypen wurden bis zur Abschlussdemo realisiert. Diese technische Richtung entspricht dem internationalen Trend zu On-Device-/Edge-Inference, der die Latenz senkt, Bandbreite schont und Datenschutz stärkt.

2.2. Stand der KI-gestützten Objekterkennung & Edge-Inferenz

Zur Projektstartzeit war KI-basierte Bildverarbeitung im Mobilitätsbereich bereits etabliert (Objekterkennung/-klassifizierung/-lokalisierung), Edge-Inference im Fahrzeug/Endgerät jedoch noch im Übergang von Piloten zu robusteren Deployments. Für AMS bedeutete dies:

- **Modelle:** Nutzung und Adaption aktueller CNN/Detektor-Architekturen, Training auf eigenen und offenen Datensätzen, domänenspezifisches Fine-Tuning.
- **System:** Verlagerung der Inferenz ins Gerät (Datenschutz/DSGVO), was Rechenleistung, effiziente Pipelines und hardwarebeschleunigte Ausführung voraussetzt.
- **Datenraum:** Für die interorganisationale Nutzung mussten Ergebnisse als Metadaten/Artefakte standardisiert bereitgestellt werden (Katalogisierbarkeit, Policies, Nachvollziehbarkeit).

International spiegeln sich diese Anforderungen in der wachsenden Verfügbarkeit von Edge-AI-SoCs und Toolchains sowie in Best-Practice-Papieren großer Chip-/Ökosystemanbieter wider. Fachlich wird die on-device-Verarbeitung als Schlüssel gesehen, um latenzkritische und datenschutzsensible Mobilitätsanwendungen zu skalieren.

Für AMS wurde dieses Technikbild konkretisiert. Peregrine entwickelte ML-Verfahren für Erkennung, Klassifikation und Lokalisierung (u. a. Straßenschäden, Verkehrszeichen) mit Ausführung auf der Kamera und Integration in Gaia-X-kompatible Datenbereitstellung (CSV/Metadaten/Bildverweise). Damit entstand eine Edge-to-Dataspace-Kette, die lokale KI-Inferenz mit föderierter Bereitstellung verknüpft.

2.3. Stand der ODD-OD-Datenstrukturen

Die Operational Design Domain (ODD)¹ ist als Konzept etabliert, doch die maschinenlesbare Beschreibung und Verknüpfung mit realen Sensordaten (OD) war (und ist) ein aktives Standardisierungs- und Implementierungsfeld. Relevante Referenzen sind ISO 34503 / PAS 1883 sowie insbesondere ASAM OpenODD (zu Beginn des Projekts noch nicht veröffentlicht), das mittlerweile eine formale, mit OpenX kompatible Modellierung von ODD-Bedingungen erlaubt und ODD/OD unterscheidet. Für AMS war damit zunächst kein klarer Orientierungsrahmen vorhanden, der jedoch mittlerweile zugänglich ist und nun domänenspezifische Ausgestaltung und Tooling erforderte.

¹ spezifische Bedingungen, unter denen ein automatisiertes Fahrsystem ausgelegt ist

In der Vorhabensbeschreibung zu diesem Projekt wurde die ODD-getriebene Systemfunktionalität als Kernziel adressiert: Erfassung/Verortung von ODD-Grenzen, ODD-getriebenes Routing, Online-Überwachung und ein Vorschlag für ein ODD-Datenformat zur automatisierten Verarbeitung. Gleichzeitig sollten Dienste zur dezentralen Erfassung, Gaia-X-kompatiblen Datenfusion und Bereitstellung umgesetzt werden – also die Kopplung von ODD-Beschreibung, ML-Ergebnissen und Datenraum-Mechanismen.

Für Gaia-X selbst war zu Projektbeginn vorgesehen, die Architecture of Standards und die Federation Services kontinuierlich zu übernehmen und für Mobilität zu instanzieren (Identity & Trust, Katalog, Souveräner Datenaustausch, Compliance). Gerade die domänenspezifische Anpassung (z. B. forensisches Logging, Nachvollziehbarkeit der Datennutzung) wurde als erforderlich benannt. Dieser Befund erklärt, weshalb ODD-Datenstrukturen und ihre Datenraum-Einbettung parallel reiften und im Projekt iterativ konkretisiert wurden.

3. Planung und Ablauf

Zunächst stand die Erstellung eines Anforderungskatalogs im Vordergrund, der die Rahmenbedingungen für eine sichere Koordination autonomer Fahrzeuge im Sinne von Gaia-X beschrieb. Peregrine brachte hierbei insbesondere Aspekte der visuellen Datenerfassung und -verarbeitung, der ODD-Taxonomie sowie der Gaia-X-konformen Integration ein. Parallel erfolgte die konzeptionelle Ausarbeitung der Hardwareplattform, die von Beginn an auf Edge-Inferenz, On-Device-Anonymisierung und Datenraum-Schnittstellen ausgelegt war.

Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Definition einer Datenstruktur für Straßenschäden und Verkehrszeichen. Diese Beschreibungssystematik wurde so angelegt, dass sie maschinenlesbar und erweiterbar ist und nahtlos in ODD-OD-Matching-Prozesse integriert werden kann. Die im Anforderungskatalog definierten Konzepte wurden anschließend in iterativen Schritten technisch umgesetzt:

- **Hardwareentwicklung:** Entwicklung der Plattform „Peregrine One“.
- **Algorithmen:** Machine-Learning-Verfahren für visuelle Erkennung, Klassifizierung und Lokalisierung.
- **ODD-OD Matching:** Überführung der Datenstruktur in Softwarekomponenten und Integration.
- **Datenbereitstellung:** Erhebung von Straßenschäden- und Schilderdaten, Aufbereitung und Gaia-X-konforme Bereitstellung.

Ein weiterer Planungs- und Arbeitsschwerpunkt war die Integration in das Gesamtsystem des Verbundes. Peregrine übernahm als TP4-Leiter die Koordination der Schnittstellen und stellte sicher, dass die entwickelten Bausteine interoperabel mit den Partnerdiensten funktionierten. Gleichzeitig wurde die Anbindung an Gaia-X vorbereitet.

Phase	Inhalte / Schwerpunkte	Zeitraum
Konzeption & Definition	Anforderungskatalog, Hardwarekonzept, ODD-Datenstruktur	2021–2022
Implementierung	Hardware-Prototyp Peregrine One, ML-Algorithmen, ODD-OD Matching, Datenbereitstellung	2022–2024
Integration & Konsortialarbeit	Schnittstellenkoordination TP4, Partnerintegration, Gaia-X-Anbindung	2023–2024

Verlauf & Anpassungen	Iterative Entwicklung, stärkere Systemorientierung, Validierung	2024–2025
----------------------------------	---	-----------

Tabelle 1: Phasen- und zeitliche Planung über die Projektlaufzeit

Der Ablauf war durch iterative Entwicklung und enge Abstimmung im Konsortium geprägt. Während in frühen Phasen noch ein stärkerer Fokus auf abstrakten Demonstratoren lag, verschob sich der Schwerpunkt im Projektverlauf hin zur systematischen Umsetzung der Peregrine-spezifischen Bausteine.

4. Erarbeitete Komponenten und Dienste

Peregrine.ai hat im Rahmen von Gaia-X 4 AMS drei wesentliche Beiträge in Form von Komponenten und Diensten erbracht, die im Zusammenspiel die Rolle des Unternehmens im Konsortium definieren. Diese Beiträge decken die gesamte Kette von der Hardware über die Algorithmen bis hin zur Bereitstellung und Nutzung von Daten in Diensten ab.

Ein zentrales Arbeitspaket war die Entwicklung einer eigenen Hardwareplattform, die als Referenzdesign für die Echtzeitverarbeitung von Bilddaten diente. Mit der Peregrine One wurde eine Edge-fähige Kamera entwickelt, die es ermöglichte, komplexe KI-Verfahren direkt am Fahrzeug auszuführen und damit eine von Cloud-Infrastrukturen unabhängige Datenverarbeitung zu realisieren.

Darauf aufbauend wurden die Algorithmen von Peregrine für die neue Plattform portiert und weiterentwickelt. Im Vordergrund stand die Optimierung des bestehenden Software-Stacks für die Ausführung auf ressourcenbeschränkter Edge-Hardware. Neben der Stabilisierung und Anpassung an neue Betriebssystem- und Hardwareumgebungen wurden auch neuartige Netzwerkarchitekturen (im Bereich Computer Vision) getestet, um die Leistungsfähigkeit bei begrenzten Ressourcen sicherzustellen.

Als dritter Schwerpunkt floss Peregrines Beitrag in das ODD-OD Matching ein. Hier brachte das Unternehmen eigene Datenprodukte ein – insbesondere Straßenschäden- und Verkehrszeichendetektionen – die Gaia-X-konform aufbereitet und bereitgestellt wurden. Diese Daten bildeten eine wesentliche Grundlage für die konzeptionelle Erarbeitung des Matchings, das im Projekt in einer Pilotumgebung demonstriert wurde.

Die drei Beiträge – Hardware, Algorithmen und Datenbereitstellung für das ODD-OD Matching – ergänzen sich gegenseitig und zeigen, dass Peregrine seine Rolle als Anbieter von Edge-basierten KI-Lösungen und als Treiber souveräner Datenbereitstellung konsequent im Projekt verankern konnte. Die nachfolgenden Unterkapitel beschreiben die einzelnen Komponenten im Detail.

4.1. Hardwareentwicklung – Peregrine One (Entwurf, projektorientiert)

Zu Beginn des Projekts stand Peregrine.ai vor der Herausforderung, dass es auf dem Markt keine geeignete, offene Hardwareplattform verfügbar war, die die spezifischen Anforderungen an eine echtzeitfähige, Edge-basierte Objekterkennung erfüllte. Handelsübliche Android-Smartphones boten zwar eine gewisse Flexibilität, waren jedoch nicht auf die Bedingungen im Fahrzeugbetrieb ausgelegt und zudem stark von proprietären Diensten abhängig. Daher wurde die Entwicklung einer eigenen Hardwareplattform notwendig. Mit Unterstützung eines spezialisierten Dienstleisters entstand so die Peregrine One, die als Medium zur dezentralen Sammlung ODD-relevanter Daten und als Referenzdesign für die weiteren Arbeiten diente.

Die Entwicklung erfolgte iterativ und war durch eine enge Abstimmung zwischen Peregrine und dem beauftragten Partner geprägt. Peregrine.ai übernahm dabei nicht nur die Rolle des Auftraggebers, sondern war aktiv in allen Phasen eingebunden. Bereits in der Konzeptionsphase wurden Anforderungen an Sensorik, Rechenleistung und Schnittstellen spezifiziert, die sich aus den Projekterfordernissen ergeben. Im weiteren Verlauf testete Peregrine sämtliche Entwicklungsstufen und brachte systematisches Feedback ein. Dies betraf sowohl die mechanische Konstruktion – etwa hinsichtlich Vibrations- und Hitzebeständigkeit – als auch das Leiterplattendesign und die Integration der Komponenten.

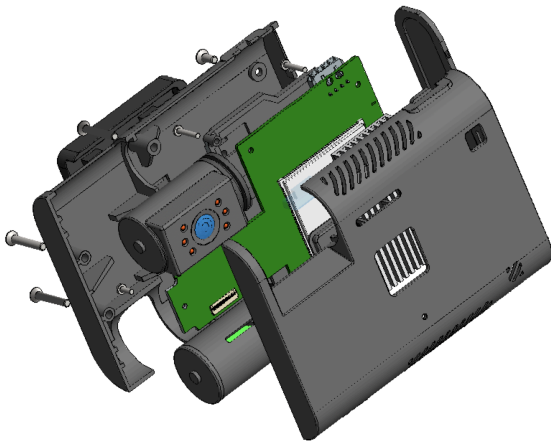


Abbildung 1: Explosionszeichnung des Kameradesigns

Ein besonderer Schwerpunkt lag auf der Firmware- und Betriebssystemebene. Peregrine wirkte bei der Anpassung des Android-Betriebssystems auf den neuen Qualcomm-SoC mit, indem gezielt Anforderungen an Treiber, Sensoranbindung und Sicherheitsfunktionen eingebracht wurden. Darüber hinaus mussten die unternehmenseigenen Apps an die neue Plattform angepasst werden, was intensive Entwicklungs- und Testzyklen erforderlich machte. Dabei zeigte sich, dass zahlreiche Funktionen, die auf Smartphones durch Google-Dienste verfügbar waren (z. B. GPS-Korrekturen), auf der Peregrine One neu implementiert werden mussten. Diese Aufgaben wurden gemeinsam mit dem Entwicklungspartner bearbeitet, wobei Peregrine nicht nur Anforderungen formulierte, sondern auch praktisch bei Debugging und Designentscheidungen unterstützte.

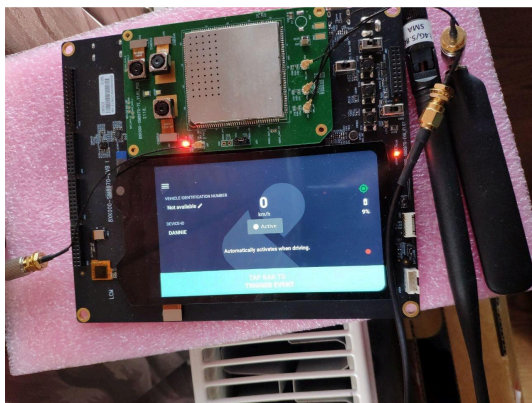


Abbildung 2: Test des SoC und weiterer Sensorkomponenten als DevKit

Die Testphase war besonders ressourcenintensiv. Jede neue Version der Hardware und Firmware wurde von Peregrine im Labor und im Feld erprobt. Hierzu gehörten Funktionstests unter realen Umgebungsbedingungen, Stabilitätsprüfungen bei Dauerbetrieb sowie Validierungen der Schnittstellenintegration. Dieser iterative Prozess führte zwar zu einem erheblichen Koordinations- und Zeitaufwand, sicherte aber letztlich die Qualität und Einsatzfähigkeit der Hardware.



Abbildung 3: Funktionaler Prototyp der Peregrine One Kamera

Das Ergebnis war ein funktionaler Prototyp, der als Referenzdesign diente und es ermöglichte, die eigene Softwareumgebung erfolgreich auf eine dedizierte Edge-Hardware zu übertragen und entscheidende Erfahrungswerte für künftige Integrationen zu gewinnen. Besonders wertvoll war die Erkenntnis, dass durch diese Arbeit die Portabilität des Software-Stacks erheblich gesteigert werden konnte. Neue Hardwareplattformen lassen sich nun in einem Bruchteil der zuvor erforderlichen Zeit anbinden. Damit stellte die Hardwareentwicklung nicht nur einen Projektbeitrag dar, sondern auch einen nachhaltigen Impuls für die Produktstrategie von Peregrine.ai.

4.2. KI-Algorithmenentwicklung

Die Arbeiten von Peregrine.ai im Bereich der KI-Algorithmen hatten einen ausgeprägt forschungs- und entwicklungsorientierten Charakter. Im Zentrum stand die Frage, wie bestehende, für Cloud-basierte Systeme entwickelte Verfahren auf eine völlig neue Edge-Hardwareumgebung übertragen und dort stabil in Echtzeit betrieben werden können. Dieser Schritt war nicht trivial, sondern erforderte eine Kombination aus Grundlagenarbeit, experimenteller Evaluierung und praxisnaher Validierung.

Die Portierung auf die Peregrine One Hardware stellte keine rein technische Anpassung dar, sondern war Ausgangspunkt für eine systematische Untersuchung: Wie verhalten sich bestehende Verfahren unter den Restriktionen eines Qualcomm-SoC, wenn GNSS, IMU und Kamera neu integriert werden müssen und keine proprietären Google-Dienste zur Verfügung stehen? Peregrine definierte hier Hypothesen zu möglichen

Flaschenhälsen (z. B. Speicherbandbreite, Energieverbrauch, Inkompatibilitäten zwischen Firmware und ML-Runtime) und überprüfte diese in iterativen Experimenten. Jede Iteration lieferte neue Erkenntnisse, die sowohl in die Anpassung des Betriebssystems als auch in die Weiterentwicklung der Algorithmen einfließen.

Ein Schwerpunkt der F&E-Arbeit war die Frage, wie sich Cutting-Edge-Netzwerkarchitekturen für den Einsatz auf Edge-Geräten adaptieren lassen. Peregrine testete systematisch:

- Leichtgewichtige CNNs (z. B. MobileNet, CenterNet) als Ausgangspunkt,
- eigene Architekturvarianten mit angepassten Layern für schnellere Inferenz,
- Quantisierung und Pruning zur Reduktion von Rechenlast,
- Transformer-basierte Architekturen in abgespeckter Form, um Potenzial und Grenzen zu erforschen.

Diese Arbeiten waren klar als experimentelle Entwicklung angelegt, da die Leistungsfähigkeit solcher Verfahren auf Edge-Hardware bislang kaum dokumentiert war. Die Ergebnisse dieser Experimente flossen nicht nur in die Projektumsetzung, sondern auch in Peregrines längerfristige Technologie-Roadmap ein.

Zur Validierung und Weiterentwicklung der Algorithmen wurden umfangreiche Datensätze erhoben und in einer standardisierten Struktur gespeichert. Dabei handelte es sich nicht allein um Datensammlung für Trainingszwecke, sondern um einen methodisch begleiteten Prozess, um u.a. zu beantworten, welche Daten unter Edge-Bedingungen besonders kritisch (z. B. schlechte Beleuchtung, komplexe Verkehrssituationen) auf Trainingserfolge wirken oder welche Annotationen nötig sind, um Multi-Task-Ansätze erfolgreich zu trainieren. Die systematische Beantwortung dieser Fragen zeigt den R&D-Charakter auch auf der Datenebene.

Ein erheblicher Teil der Projektarbeit bestand in iterativen Testzyklen. Jede Softwareversion wurde unter Laborbedingungen und im Feld getestet, Performancekennzahlen wie Inferenzgeschwindigkeit, Speicherverbrauch und Energieeffizienz wurden erfasst und ausgewertet. Dabei entstanden neue Erkenntnisse, die in die nächste Entwicklungsiteration einfließen.

Am Ende des Projekts stand ein stabiler, portabler Software-Stack, der auf geeigneter Hardware in Echtzeit lief. Peregrine verfügt zusätzlich über ein vertieftes Verständnis, wie KI-Algorithmen auf unterschiedlichen Edge-Hardwareplattformen (verfügbare Rechenkapazitäten und Energie als limitierende Faktoren) zum Einsatz gebracht werden können. Dieses Wissen hat es ermöglicht, in kurzer Zeit seit Projektende bereits zwei weitere Plattformen erfolgreich anzubinden und eine dritte in Arbeit zu nehmen. Das Projekt hat nicht nur eine funktionierende Lösung hervorgebracht, sondern auch das methodische Fundament geschaffen, auf dem zukünftige Entwicklungen und Partnerschaften aufbauen können.

4.3. ODD-OD Matching und Teilprojektleitung

Das ODD-OD Matching stellte im Projekt Gaia-X 4 AMS einen stark forschungs- und entwicklungsorientierten Beitrag dar, bei dem Peregrine.ai in leitender Rolle konzeptionell und methodisch mitarbeitete. Ziel war es, eine Systematik zu entwickeln, mit der die ODD automatisierter Fahrzeuge mit der realen OD abgeglichen werden können. Dieser Abgleich sollte sowohl vor Fahrtantritt (a priori) als auch während der Fahrt (en route) möglich sein.

Zu Beginn standen grundlegende Forschungsfragen:

- Wie kann eine ODD so beschrieben werden, dass sie maschinenlesbar, interoperabel und in Gaia-X-Datenräumen nutzbar ist?
- Und wie kann die OD so modelliert werden, dass sie statische Daten (z. B. Karten, Geschwindigkeitsbegrenzungen) mit dynamischen Informationen (z. B. Baustellen, Straßenschäden, Verkehrszeichen) kombiniert?

Peregrine brachte hier Anforderungen und Erfahrungen aus der eigenen Praxis ein und arbeitete gemeinsam mit Partnern (insbesondere Fraunhofer IVI) an einer Taxonomie und Datenstruktur, die sich an Standards wie ISO 34503, ASAM OpenODD und ASAM OpenLABEL orientierte (so weit diese zu Beginn verfügbar waren bzw. Im Laufe des Projekts verfügbar wurden).

Darauf aufbauend wurde eine architektonische Blaupause entwickelt, in der das Matching als serviceorientierte Kette abgebildet ist: Reaktionsplaner, Routing-Dienst und Matcher interagieren über definierte Schnittstellen. Peregrine wirkte hier maßgeblich an der Definition und Abstimmung dieser Schnittstellen mit und testete, wie die eigenen Edge-generierten Daten in dieses Konstrukt integriert werden können. Es handelte sich ausdrücklich um einen explorativen Prozess: Unterschiedliche Modellierungsansätze wurden erprobt, verworfen oder angepasst, um die Interoperabilität zwischen Datenquellen und Matching-Logik sicherzustellen.

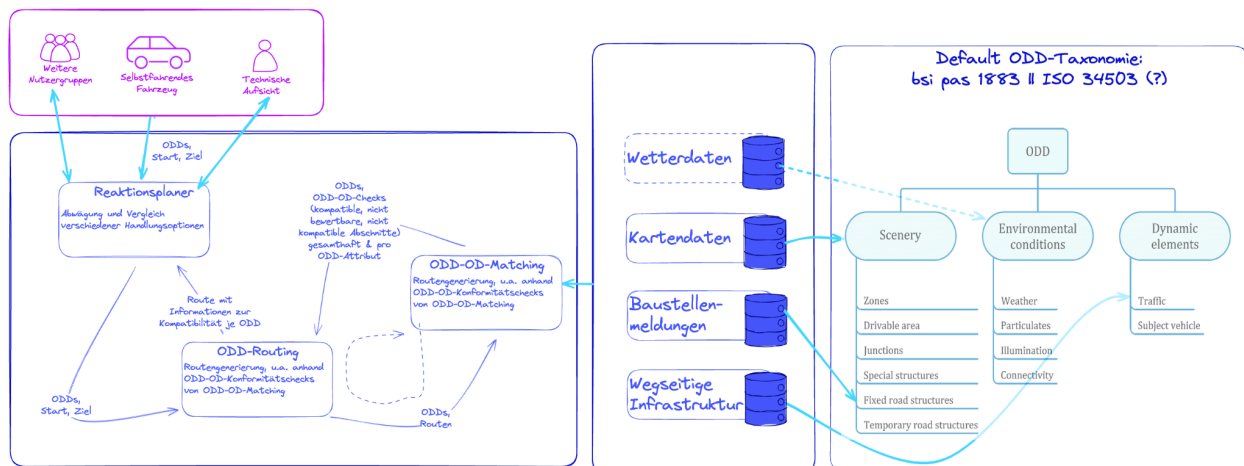


Abbildung 4: Konzeptuelle Beschreibung des Use Case "ODD-getriebene Navigation"

Ein zentrales Element war die Einbindung von realen, von Peregrine erhobenen OD-Daten. Hierzu gehörten Straßenschadens- und Verkehrszeichendaten, die in mehreren deutschen Städten mit der Peregrine-Hardware erfasst wurden. Die Datenerhebung erfolgte durch eine lokale Analyse des Videostreams, wobei detektionsbasierte Ereignisse erfasst wurden. Typische Ereignisse umfassten Verkehrszeichen, Straßenschäden, Baustellen oder besondere Wetterbedingungen.

Nach der lokalen Erkennung auf dem Gerät wurden vordefinierte Datentypen erzeugt, die – je nach Anforderung des Datenkunden – als reine Metadaten, als Bildausschnitte oder als vollständiges Bildmaterial bereitgestellt werden konnten. Die Definition des Datentyps bestimmte dabei die übertragenen Dateigrößen und -formate:

- **Bildmaterial** (z. B. Ausschnitte eines Assets): 25–28 kB, .jpg
- **Metadaten** (Beschreibung der Assets/Beobachtungen): ca. 1,4 kB, .csv oder .json, sofort nutzbar z. B. für Visualisierungstools wie Kepler.gl.

Das zugrunde liegende Datenmodell unterscheidet zwischen Assets und Observations:

- Ein Asset repräsentiert ein eindeutig identifizierbares Objekt oder einen Zustand im Straßenraum (z. B. ein Stoppschild, ein Schlagloch).
- Eine Observation beschreibt eine einzelne Erkennung dieses Objekts (z. B. eine Sichtung desselben Stoppschildes).

- Mehrere Observationen können zu einem Asset aggregiert werden, im Durchschnitt etwa fünf Beobachtungen pro Asset.

Für die Metadatenbeschreibung wurde eine standardisierte Struktur definiert, die je nach Kundenanforderung erweitert werden kann.

Name	Label / Beschreibung	Datentyp	Beispiel
type	Oberkategorie des Datenpunkts	string	road_damage, traffic_sign
subtype	Unterkategorie des Datenpunkts	string	pothole, longitudinal_crack, speed_limit_30
longitude	Geoposition (Längengrad)	float (Grad)	48.742975688
latitude	Geoposition (Breitengrad)	float (Grad)	9.3117818444
last_observation	Datum/Zeitpunkt der Erfassung	timestamp	2022-12-24
heading	Fahrtrichtung	float (Grad)	219.105064204355

Tabelle 2: Übersicht OD-Metadatenbeschreibung

Auf Wunsch können zudem Bildausschnitte zur Validierung bereitgestellt werden. Ergänzend wurde für Straßenschäden ein Schweregrad-Score definiert, der das Ausmaß des Schadens und die Dringlichkeit einer Reparatur abbildet.

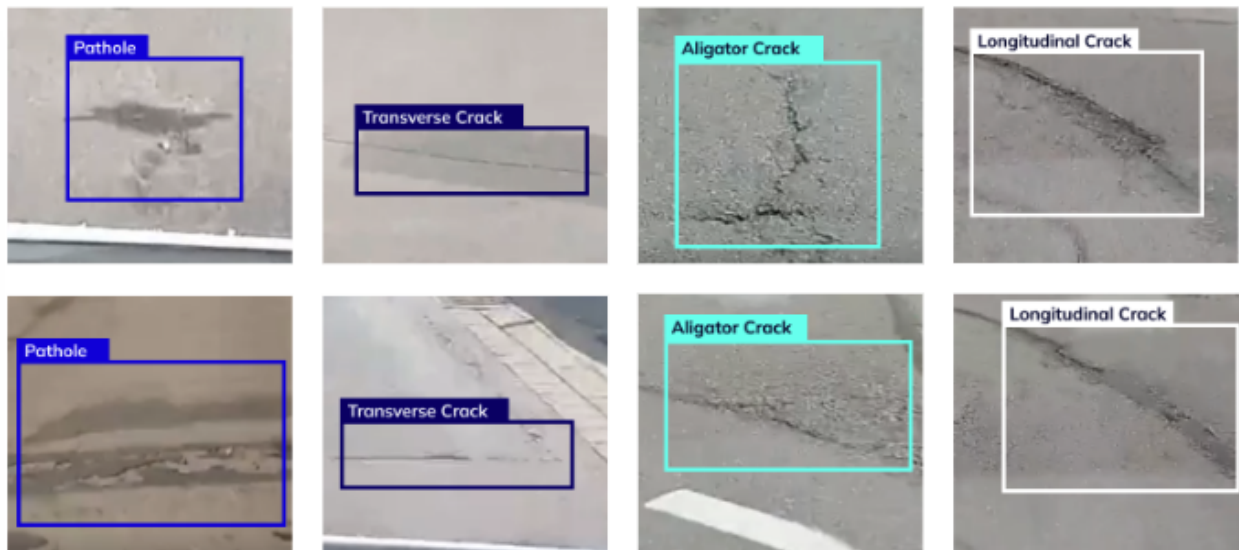


Abbildung 5: Übersicht unterschiedlicher Straßenschaden-Klassen (Beispiele)

Die Arbeiten im Bereich ODD-OD Matching führten zu einem Proof-of-Concept, der die Machbarkeit belegte und die Grundlage für weiterführende Forschung legte. Für Peregrine bedeutete dies einen doppelten Erkenntnisgewinn. Einerseits, dass die eigenen Datenprodukte sinnvoll in abstrakte OD-Beschreibungen integriert werden können, andererseits ein tieferes methodisches Verständnis für die Rolle von Datenstrukturen in zukünftigen, Gaia-X-basierten Mobilitätsdiensten. Damit leistete das Unternehmen nicht nur einen Beitrag zum Projekt, sondern auch zur Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik im Bereich automatisiertes Fahren.

5. Zusammenarbeit mit den Projektpartnern

Die Zusammenarbeit mit den Projektpartnern war für den Erfolg von Gaia-X 4 AMS zentral. Peregrine.ai übernahm als Leiter des Teilprojekts 4 eine koordinierende Rolle, indem Schnittstellen, Datenformate und Integrationspfade zwischen den beteiligten Akteuren abgestimmt wurden. Dies betraf insbesondere die Dienste zur ODD-OD-Verknüpfung, die als Kernfunktion des Projekts identifiziert waren.

Im Bereich des ODD-OD-Matchings arbeitete Peregrine eng mit Consider-IT und dem Fraunhofer IVI zusammen, die maßgeblich zur konzeptionellen und technischen Umsetzung beitrugen. Während Consider-IT einige Matching-Komponenten entwickelte, unterstützte Peregrine das Fraunhofer IVI durch methodische Arbeiten zur ODD-Modellierung. OECON verantwortete das Routing, das auf Basis der Matching-Ergebnisse alternative Routen berechnet. Das DLR brachte mit dem Reaktionsplaner und der Integration der verschiedenen Dienste eine Schlüsselkomponente in die Systemarchitektur ein und stellte darüber hinaus Werkzeuge für die Anbindung an Gaia-X-Connectoren bereit. Ergänzt wurde dies durch die Zusammenarbeit mit der Bernard Gruppe, die als Datenlieferant zusätzliche zu den Peregrine-Daten statische und dynamische Informationen über die OD einspeiste.

Darüber hinaus leisteten die Software AG und ZITiS wesentliche Beiträge zur Resilienz und Sicherheit des Matching-Systems. Sie stellten konzeptionell sicher, dass die Dienste unter Sicherheits- und Vertrauenswürdigkeitsaspekten geprüft und abgesichert wurden. Capgemini Engineering brachte seine Expertise im Bereich Simulation und Visualisierung ein und unterstützte bei der Darstellung komplexer Matching- und Routingprozesse, wodurch die Gesamtergebnisse nachvollziehbarer und anschaulicher wurden.

Über den engeren Verbund hinaus war Peregrine auch in erweiterten Kooperationen eingebunden. Hervorzuheben ist die gemeinsame Arbeit mit DeltaDAO und der Stadt Hamburg innerhalb der Projektfamilie, in deren Rahmen Straßenschadensdaten über Pontus-X Gaia-X-konform bereitgestellt und auf der Hannover Messe 2024 präsentiert wurden. Diese Aktivitäten zeigten, wie Projektergebnisse über das eigene Konsortium hinaus Anschluss finden und in übergeordnete Gaia-X-Initiativen eingebettet werden können.

Peregrine brachte sich in diesen Zusammenhängen nicht nur als Entwickler eigener Hardware- und Softwarelösungen ein, sondern auch als Moderator von Schnittstellen und Prozessen. Das Unternehmen stellte sicher, dass Edge-generierte Daten nahtlos in die Partnerdienste integriert werden konnten und dass die im Projekt angestrebte Föderierung von Datenräumen praktisch umgesetzt wurde. Weiter stellte Peregrine sicher, dass teilprojektbezogene Meilensteine und Aufgaben fristgerecht und in geforderter Qualität von den Projektpartnern erarbeitet wurden. Die enge Abstimmung mit den Partnern trug dazu bei, dass ein konsistentes und erweiterbares System entstand, das in der Abschlussphase erfolgreich demonstriert werden konnte.

6. Einbindung in Gaia-X

Die Einbindung in die Strukturen von Gaia-X stellte für Peregrine.ai einen zentralen Handlungsstrang im Projekt dar. Von Beginn an war klar, dass die von Peregrine entwickelten Hard- und Softwarekomponenten nicht isoliert betrachtet werden konnten, sondern in föderierte Datenräume integriert werden mussten, um den Mehrwert für Partner und Nutzer voll zu entfalten. Während die technischen Grundlagen der Gaia-X-Architektur zu Projektbeginn noch vergleichsweise unausgereift waren, nutzte Peregrine die Möglichkeit, eigene Anforderungen einzubringen und so die Weiterentwicklung mitzugestalten. Dazu gehörten unter anderem Forderungen nach einer Unterstützung von MQTT-basierten Datenströmen über Connectoren sowie die Option, Connectoren direkt auf lokaler Edge-Hardware zu betreiben. Diese Punkte waren für die Umsetzung von Edge-zentrierten Szenarien entscheidend und flossen in die Diskussionen zur Weiterentwicklung der Connector-Technologie sowohl innerhalb dieses Projekts als auch in relevanten Arbeitsgruppen des EDC ein.

Konkret wurden von Peregrine OD-Daten aus Straßenschadens- und Verkehrszeichenerkennung Gaia-X-konform bereitgestellt. Die Aufbereitung erfolgte in standardisierten Formaten (CSV-Dateien mit Metadaten und Bildreferenzen), sodass die Daten unmittelbar in föderierten Datenräumen nutzbar waren. Technisch erfolgte die Bereitstellung u.a. über die Pontus-X-Plattform. Im Rahmen einer Pilotintegration wurden diese Daten auch in den Mobility Data Space eingebunden, wo Peregrine als Anbieter eigene Datenprodukte zur Verfügung stellte. Damit konnte praktisch demonstriert werden, wie Edge-generierte Daten aus Fahrzeugflotten in unterschiedliche föderierte Datenräume eingespeist und dort unter den Prinzipien der Datensouveränität angeboten werden können.

Peregrines Beitrag beschränkte sich jedoch nicht allein auf die Bereitstellung von Daten, sondern umfasste auch die Mitgestaltung der Integrationsarchitektur. Durch die aktive Teilnahme an Abstimmungen mit Projektpartnern und Systembetreibern konnte sichergestellt werden, dass die spezifischen Anforderungen des Edge-Computings – geringe Latenz, Datenhoheit am Gerät, selektive Weitergabe anonymisierter Informationen – in die Entwicklung der Gaia-X-Komponenten einbezogen wurden. Gleichzeitig zeigte die Arbeit an den Gaia-X-Schnittstellen auf, wie die im Projekt entwickelte Hardware und Software nicht nur in einem Laborumfeld, sondern perspektivisch auch in großskaligen föderierten Datenräumen zum Einsatz kommen kann.

Insgesamt verdeutlichte die Einbindung von Peregrine in Gaia-X, wie technologische Innovation auf Geräteebene und konzeptionelle Arbeit an föderierten Datenräumen ineinandergreifen können. Peregrine konnte nicht nur die technische Machbarkeit demonstrieren, sondern auch Einfluss auf die Gestaltung der Rahmenbedingungen nehmen, die für die Verbreitung souveräner Mobilitätsdaten entscheidend sind.

7. Wirtschaftliche Verwertungsperspektiven

Die im Projekt Gaia-X 4 AMS erzielten Ergebnisse eröffnen für Peregrine.ai klare wirtschaftliche Perspektiven. Besonders bedeutsam ist, dass durch die Arbeiten im Bereich Hardware- und Softwareintegration ein hochportabler Software-Stack entstanden ist. Diese Fähigkeit ermöglicht es, neue Hardwareplattformen innerhalb kurzer Zeit anzubinden und damit Kundenanforderungen wesentlich schneller zu bedienen. Auf dieser Basis konnten bereits zwei globale Partnerschaften mit führenden Telematikanbietern geschlossen werden, die Peregrines Videotelematiklösungen in ihr Portfolio aufnehmen. Eine weitere Plattformintegration befindet sich aktuell in Umsetzung.

Die entwickelten Geodatenstrukturen und -prozesse sind ein weiterer Hebel für wirtschaftliche Verwertung. Sie bilden die Grundlage für ein wachsendes Geschäft im Bereich Infrastrukturüberwachung und datenbasierte Dienstleistungen für Städte, Flotten und Infrastrukturbetreiber. Erste Pilotprojekte mit führenden Anbietern digitaler

Kartendienste zeigen, dass Peregrines Datenprodukte nahtlos in bestehende Systeme integriert werden können und dort Mehrwert für Navigation, Kartenaktualisierung und Infrastrukturmanagement schaffen.

Schließlich stärkt die im Projekt gewonnene Gaia-X-Kompetenz Peregrines Position in europäischen Datenökosystemen. Die Fähigkeit, Daten souverän und interoperabel bereitzustellen, eröffnet neue Märkte und Partnerschaften, insbesondere im kommunalen Bereich sowie bei Versicherungen und Infrastrukturbetreibern. Damit leistet das Projekt nicht nur einen unmittelbaren Beitrag zur technologischen Weiterentwicklung, sondern auch einen entscheidenden Impuls für die langfristige Markterschließung von Peregrine.ai.

8. Zusammenfassung und Abschlussbewertung

Das Projekt Gaia-X 4 AMS hat Peregrine.ai die Möglichkeit gegeben, zentrale Fragestellungen im Spannungsfeld von Edge-Hardware, KI-Algorithmen und föderierten Datenräumen zu adressieren. Die Arbeiten hatten durchgängig einen forschungs- und entwicklungsorientierten Charakter und führten zu Ergebnissen, die sowohl den Stand der Technik erweitern als auch eine unmittelbare Anschlussfähigkeit für weitere Projekte schaffen.

Mit der Entwicklung der Referenzhardware Peregrine One konnte erstmals eine eigene Plattform geschaffen werden, die es ermöglichte, die Besonderheiten von Edge-basierten KI-Verfahren systematisch zu untersuchen. Auch wenn das Gerät nicht für den kommerziellen Einsatz vorgesehen ist, diente es als wertvolle Grundlage, um die Portierbarkeit und Stabilität des Software-Stacks unter realen Bedingungen zu erproben. Die hier gewonnenen Erkenntnisse bilden die Basis für eine beschleunigte Integration künftiger Hardwareplattformen.

Darüber hinaus hat Peregrine mit der Standardisierung und Bereitstellung eigener Geodaten gezeigt, wie Daten aus Edge-Geräten in föderierte Datenräume eingebracht und für Dienste wie das ODD-OD Matching nutzbar gemacht werden können. Die Federführung bei der Anforderungsdefinition in diesem Bereich verdeutlicht die aktive Rolle des Unternehmens bei der methodischen Weiterentwicklung von Matching-Konzepten.

Auch auf organisatorischer Ebene konnte Peregrine seine Rolle als Teilprojektleiter unter Beweis stellen. Die Koordination von Hardware-, Algorithmik- und Datenarbeiten, die enge Abstimmung mit Partnern und die kontinuierliche Rückkopplung mit Projektträger und Ministerium trugen dazu bei, dass die gesteckten Projektziele erreicht und in die Gesamtarchitektur von Gaia-X 4 AMS integriert werden konnten.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass Peregrine mit seinen Beiträgen sowohl auf technischer als auch auf methodischer Ebene substantielle Fortschritte erzielt hat. Das Projekt stärkt die Position des Unternehmens als Anbieter von Edge-KI und geobasierten Datendiensten und schafft eine belastbare Grundlage für weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im europäischen Datenökosystem.