

Konsortialbericht 2025

Verbundvorhaben



Privacy-Aware, Intelligent and Resilient Crisis Management

Konsortialführer: Advaneo GmbH	Förderkennzeichen: 01MK21008
Projektleiter: Jürgen Bretfeld	Tel.: +49 (0) 211 87 66 910
Laufzeit des Vorhabens: von: 01.06.2021 bis: 30.11.2024	Fax:
Berichtszeitraum des Vorhabens: von: 01.06.2021 bis: 30.11.2024	E-Mail: bretfeld@advaneo.de

Projektpartner:

ADVANEO GmbH, Neuer Zollhof 2, 40221 Düsseldorf (Konsortialführer)
 Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. / Fraunhofer IPA
 FIR e.V. an der RWTH Aachen
 Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI)
 Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW)
 Bisping Medizintechnik GmbH
 Universität des Saarlandes
 Sick AG
 Tiplu GmbH
 OFFIS e.V.
 IBM Deutschland GmbH

Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)



Bundesministerium
 für Wirtschaft
 und Klimaschutz

Inhalt

I. Kurze Darstellung des F&E-Projektes PAIRS.....	1
2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	1
3. Planung und Ablauf des Vorhabens	1
4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	3
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen	4
II. Eingehende Darstellung.....	5
1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele	5
2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	38
3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	38
4. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans	39
5. Des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	41
6. Veröffentlichungen.....	43

I. Kurze Darstellung des F&E-Projektes PAIRS

Bei diesem Dokument handelt es sich um den Abschlussbericht des Projekts PAIRS. Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im dritten Förderaufruf „Künstliche Intelligenz und vernetzte Datentechnologien für infektiologische und andere die Wirtschaft bedrohende Krisen“ innerhalb des Innovationswettbewerb „Künstliche Intelligenz als Treiber für volkswirtschaftlich relevante Ökosysteme“ unter dem Förderkennzeichen 01MK21008 gefördert. Der Förderrahmen „Entwicklung digitaler Technologien“ (BAnz 17.01.2019 B1) bildete die Grundlage.

1. Aufgabenstellung

Das Verbundvorhaben **PAIRS – Privacy-Aware, Intelligent and Resilient Crisis Management** verfolgte das Ziel, eine serviceorientierte, offene Dateninfrastruktur in Form eines Datenraumes zu etablieren, mit dem Krisen domänenübergreifend früh erkannt und antizipiert werden können. Akteurspezifisch bewertete Risiken einzelner Krisenszenarien werden erfasst und durch Frühwarnungen gemeldet. Der hinterlegte Maßnahmenpool dient dazu schnell und individuell auf krisenbedingte Störungen, z. B. in der Lieferkette zu reagieren. Dabei soll die Verfügbarkeit essenzieller Ressourcen und Fähigkeiten von Unternehmen-Ökosystemen gesichert und ihre Marktfähigkeit nachhaltig gestärkt werden.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die Forschungsarbeiten fanden unter den Rahmenbedingungen des BMWK-Förderprogramms „Innovationswettbewerb Künstliche Intelligenz“ während der COVID-19-Pandemie und im Spannungsfeld steigender Bedrohungen kritischer Infrastrukturen statt.

Die Bewilligungszeiträume liefen vom 1. Juni 2021 bis 30. November 2024. Eine kostenneutrale Verlängerung um sechs Monate war auf gemeinsamen Wunsch der Partner¹ zugestimmt worden.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Der **Projekttablauf** gliedert sich in zehn miteinander verzahnte Arbeitspakete:

Zu Projektbeginn etablierte **Arbeitspaket 0** digitale Werkzeuge, mit denen ein Projektbasisplan abgebildet wurde. Im **Arbeitspaket 1** identifizierten Workshops – gestützt auf Analysen früherer

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Text die männliche Form verwendet. Sie gilt jedoch gleichermaßen für alle Geschlechter und impliziert ausdrücklich die gleichberechtigte Ansprache aller Personen

Krisen und Expertengespräche – wirtschaftlich und politisch relevante Anwendungsfälle. Im **Arbeitspaket 2** wurde die IT-Architektur des Datenökosystem auf Basis von IDS- und GAIA-X Standards entwickelt. Der Schwerpunkt des **Arbeitspaket 3** bildete die Realisierung der Datenintegration. Das Team band heterogene Quellen über IDS-konforme Konnektoren und Trust & Compliance-Konformität mit Gaia-X an.

Im **Arbeitspaket 4** wurden spezifische und generische KI-Module für die Smart-Crisis-Management-Services konzipiert sowie prototypisch implementiert. Das **Arbeitspaket 5** behandelte Datenschutz und IT-Sicherheit. Das Konsortium entwarf ein Anonymisierungskonzept für dynamische Daten, setzte es prototypisch um und führte eine rechtlich-technische Analyse zur Zulässigkeit der Datenverarbeitungen durch.

Innerhalb des **Arbeitspaketes 6** entstanden Risiko-, Krisenidentifikations- und Krisenbewältigungsansätze für die drei Use Cases Logistik / Supply Chain / Produktion, Energie und Gesundheit. Diese Ansätze wurden entwickelt, erprobt, validiert und iterativ an die Ergebnisse aus den vorausgehenden Teilprojekten angepasst. In einem übergeordneten Use Case, dem Supply Chain Radar wurden exemplarisch die KI-Services und Use Cases zusammengeführt.

Um den praktischen Mehrwert abzusichern, führte **Arbeitspaket 7** qualitative und quantitative Evaluationsstudien zur Akzeptanz und zum Nutzen durch. Die Untersuchungen umfassten beispielsweise Experteninterviews, Nutzerbefragungen und Workshops mit mittelständischen Anwendern. Die Ergebnisse wurden veröffentlicht, um den Transfer zu erleichtern.

Arbeitspaket 8 entwickelte eine Verwertungsstrategie und leitete daraus tragfähige Geschäftsmodelle ab. Marktanalysen mündeten in Business-Model-Canvas-Konzepte, die sowohl Einzel- als auch Verbundverwertungspfade vereinten und die Wirtschaftlichkeit innerhalb von Ökosystemen wie GAIA-X und IDSA bewerteten.

Abschließend stellte **Arbeitspaket 9** den Wissenstransfer sicher. Forschungsergebnisse wurden über Publikationen, Konferenzen, Demonstratoren und Kooperationen verbreitet, sodass Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit dauerhaft von den Projektergebnissen profitierten.

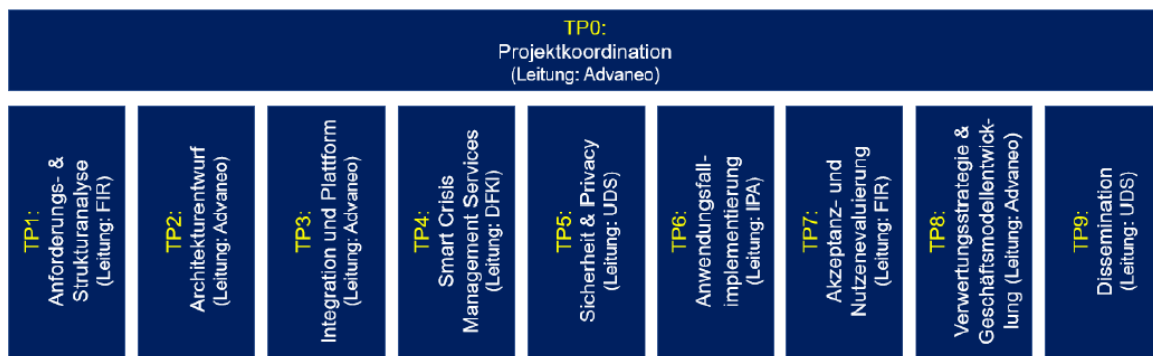


Abbildung 1: Arbeitspakete im Projekt PAIRS

Das Projekt startete unter den Bedingungen der Covid-Pandemie. Ein persönliches Kennenlernen im Rahmen eines Präsenz-Auftaktevents war nicht möglich. Das erste persönliche Treffen und Kennenlernen im Projekt fand im Oktober 2022 statt. Darüber hinaus führten Personalausfälle und erschwerte Neubesetzungen teilweise zu erheblichen personellen Engpässen und Ausfällen.

Weitere vielfältige Gründe, darunter eine späte Projektbewilligung, eine verzögerte Gesetzgebung der EU, noch nicht ausgereifte IT-Standards für den Datenaustausch, erschwerte Datenbeschaffung- und Bereitstellung sowie verlängerte Entwicklungszeiten und nicht ausgereifte Use Cases und K-Services, führten zu einer kostenneutralen Projektverlängerung um sechs Monate.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Der **technische und wissenschaftliche Stand**, an den PAIRS unmittelbar anknüpft, ist durch mehrere Beobachtungen gekennzeichnet. Bestehende Risiko-, Sicherheits- und Supply-Chain-Management-Werkzeuge arbeiten überwiegend isoliert, nutzen hauptsächlich interne Unternehmensdaten und adressieren Datensouveränität sowie Privacy nur unzureichend. Eine vergleichende Analyse nationaler F&E-Projekte zum Themenfeld Krisenprävention und wirtschaftliche Resilienz zeigte, dass keines der bisherigen Projekte gleichzeitig die vier von PAIRS anvisierten Kriterien — Domänen übergreifend, föderierte Datenräume, KI-gestützte situative Krisenkommunikation und konsequente Datenschutzwahrung — voll erfüllt. Traditionelle Ansätze wie probabilistische Risiko- oder Sicherheitsanalysen liefern zwar etablierte Methoden, doch fehlt ihnen die Echtzeitsicht auf wechselseitige Akteursreaktionen. Verfügbare Supply-Chain-Tools konzentrieren sich meist auf Logistikkennzahlen ohne weiterführende Verwertung der Ergebnisse.

Indem PAIRS diese Lücken schließt und eine dreischichtiges Datenökosystem (Datenraum – KI-Layer – Service-Layer) konzipiert, verbindet es den International Data Spaces-Ansatz mit GAIA-X-Cloud-Infrastrukturen, integriert Big-Data- und KI-Verfahren und gewährleistet zugleich differenzierte Datenschutz- und Sicherheitsmechanismen, sodass erstmals ein ganzheitliches, lernendes Krisenmanagement über Produktions-, Gesundheits- und Energiesektoren hinweg möglich wird.

Die technische Realisierung stützte sich auf offene Frameworks wie CKAN, Neo4j, Apache Spark, Eclipse Dataspace Components (EDC), Keycloak, Open ID Connect, Spring Boot, Angular, Leaflet; Quelltexte wurden unter MIT- bzw. Apache-2.0-Lizenz veröffentlicht. Neue Schutzrechte wurden nicht angemeldet, vielmehr erfolgte eine breite Nutzung von Open-Source-Software. Die Partner recherchierten fortlaufend in IEEE Xplore, ACM Digital Library und PubMed sowie in Branchenberichten des VDMA und des BDEW, um den Stand der Technik einzubeziehen.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Zusammenarbeit über das Konsortium insbesondere mit den „Schwesterprojekten“ im Programm war intensiv. Mit dem Projekt SPELL wurde ein gemeinsamer Hackathon realisiert. Mit den Projekten CoyPu und SPELL wurden die Projektergebnisse in einem gemeinsamen Katalog, dem ResilienceMesh zusammengefasst und im Rahmen des eigens gegründeten Green Deal Dataspaces für die weitere Nachnutzung zur Verfügung gestellt.

II. Eingehende Darstellung

1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Um die erzielten Ergebnisse im Einzelnen einzuordnen, bedarf es zunächst einer Differenzierung der vorgegebenen Förderziele bezüglich der verschiedenen Ebenen:

- dem „*Förderrahmen digitale Technologien*“;
- dem „*Innovationswettbewerb Künstliche Intelligenz als Treiber für volkswirtschaftlich relevante Ökosysteme*“
- sowie dem 3. Förderaufruf „*Künstliche Intelligenz und vernetzte Datentechnologien für infektiologische und andere die Wirtschaft bedrohende Krisen*“

Der Förderrahmen „Entwicklung digitaler Technologien“ setzt grundlegende Ziele der Förderpolitik, die sich auf die *Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit* und den Erhalt und dem *Ausbau der digitalen Souveränität* fokussiert. Dabei soll Deutschland an die Spitze der digitalen Entwicklung geführt werden und der Standort Deutschland im internationalen Wettbewerb gestärkt werden. Hierbei soll Deutschland in Forschung, Entwicklung und Anwendung digitaler Schlüsseltechnologie wie z.B. Künstliche Intelligenz, IT-Sicherheit, Big Data und Data Spaces eine international führende Rolle einnehmen.

Der „*Innovationswettbewerb Künstliche Intelligenz als Treiber für volkswirtschaftlich relevante Ökosysteme*“ fokussiert auf volkswirtschaftlich relevante KI-Ökosysteme, die Stärkung von KMU, die Entwicklung von innovativen Ideen und deren Anwendung und Transfer.

Der 3. Förderaufruf „*Künstliche Intelligenz und vernetzte Datentechnologien für infektiologische und andere die Wirtschaft bedrohende Krisen*“ greift die Ziele des Förderrahmens und des KI-Innovationswettbewerbes auf und fokussiert auf nachfolgende Innovationsthemen:

- *Krisenprävention und Krisenbewältigung,*
- *Stärkung wirtschaftlicher Resilienz,*
- *Förderung neuer datengetriebener Geschäftsmodelle,*
- *Verbesserung der Datenverfügbarkeit und – nutzung für Forschung und Versorgung unter Beachtung von Datenschutz und Datensouveränität,*

- sowie gesundheitspolitische Ziele, wie z.B. die *Früherkennung von Epidemien oder die Optimierung der medizinischen Versorgung* durch intelligente Frühwarnsysteme und Assistenzsysteme.

Im Projekt wurden drei aufeinander aufbauende Schwerpunkte bearbeitet, die sich eng an den praktischen Erfordernissen der beteiligten Wirtschaftspartner orientierten:

Schwerpunkt	Inhalt	Zielsetzung
<i>1. Technologieentwicklung</i>	Weiterentwicklung digitaler Basistechnologien aus den Bereichen Künstliche Intelligenz, IT-Sicherheit und Datenmanagement	Nachweis der technischen Machbarkeit und Praxistauglichkeit innovativer Lösungsansätze
<i>2. Anwendung & Integration</i>	Erprobung und Validierung digitaler Technologien in realitätsnahen Anwendungsszenarien (u. a. Supply Chain, Produktion, Logistik, Energie, Gesundheit)	Entwicklung eines anwendungsorientierten Daten-Ökosystem sowie prototypischer KI-Module und Assistenzsysteme für offene, interoperable Plattformlösungen
<i>3. Ökosystembildung</i>	Aufbau von Allianzen zur langfristigen Verwertung; Entwicklung interoperabler, skalierbarer Plattform-Architekturen	Nachhaltige Verankerung der Ergebnisse in Wirtschaft, Forschung und Standardisierung

Zentrale Projektergebnisse

Nachfolgend werden die wesentlichen Projektergebnisse orientiert an die förderpolitischen Ziele in einer Übersicht dargestellt.

Förderpolitische Ziele	Korrespondierende Ergebnisse des Gesamtvorhabens
<i>Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • PAIRS lieferte wichtige Beiträge in Forschung, Entwicklung und Anwendung digitaler Schlüsseltechnologie wie z.B. Künstliche Intelligenz, IT-Sicherheit, Big Data und Data Spaces
<i>Erhöhung der digitalen Souveränität, Aufbau von relevanten KI-Ökosystemen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mit dem Aufbau des ResilienceMesh im Green Deal Dataspace für Resilienz und Nachhaltigkeit wurde ein anschlussfähiges Datenökosystem geschaffen
<i>Stärkung von KMU, Technologietransfer</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Frühzeitige Beteiligung mittelständischer Praxispartner in Entwicklungsarbeiten des Projekts • Ausrichtung der KI-Services und der Produktlösung "Supply Chain Radar" an die Bedürfnisse von KMU
<i>Innovationen bei der Krisenprävention und Krisenbewältigung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung von Smarten, KI-basierten Resilienz-Services zur Früherkennung potenzieller Krisensituationen und Optimierung der Krisenplanung

	<ul style="list-style-type: none"> • Supply Chain Radar als Frühwarnsystem für KMU
<i>Stärkung wirtschaftlicher Resilienz</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Etablierung eines Ökosystems Smarter Resilienz-Services (SRS) und des Supply Chain Radars (SCR) die dabei helfen die wirtschaftlichen Schäden und Risiken für die Bevölkerung durch Störungen auf Mikro-, Meso- und Makroebene, etwa durch Lieferkettenunterbrechungen, Naturkatastrophen oder anderen Krisensituationen zu reduzieren.
<i>Förderung neuer datengetriebener Geschäftsmodelle</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Der Supply Chain Radar ist eine interoperable, modulare und datenbasierte Softwarelösung, die in einer Data Space Infrastruktur flexibel skalier- und konfigurierbar ist. • Die Smarten Resilienz-Services (SRS) stellen erste praxisnahe, Domänen übergreifende Service-Prototypen dar
<i>Verbesserung der Datenverfügbarkeit und –nutzung für Forschung und Versorgung und Beachtung von Datenschutz und Datensouveränität</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau des ResilienceMesh als Daten- und Service-Katalog (Meta-Daten) der Projektergebnisse von PAIRS, CoyPu und SPELL • Aufbau eines IDS-kompatiblen Datenmarktplatzes mit aktuell ca. 3 Mio. offenen Daten

<p><i>Öffentliche Sichtbarkeit der entwickelten Lösungen in der Fachöffentlichkeit</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Publikationen in Fachzeitschriften • Präsentationen auf nationalen und internationalen Konferenzen • Teilnahme an Messen
--	--

Nachfolgend werden die Arbeiten und Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete wiedergegeben.

Projektkoordination (AP0): Unter Anleitung des Konsortialführers, der Advaneo GmbH, wurde eine zielorientierte Projektorganisation, ein Dokumentensystem und ein Internetauftritt realisiert. In enger Abstimmung mit dem Projektträger und Ministerium wurde zur finalen Erreichung der Projektziele eine Projektverlängerung organisiert. Im Zuge der Projektverlängerung wurde auf Anregung der Advaneo GmbH die Kooperation mit den „Schwesterprojekten“ CoyPu und SPELL in den Projektzielkatalog aufgenommen. Gegenstand war der Aufbau des ResilienceMesh innerhalb des Green Deal Dataspace mit dem Ziel die Projektergebnisse nachhaltig in einem Daten- und Servicekatalog sichtbar zu machen und damit die Datenverfügbarkeit zu steigern und Nachnutzung zu stimulieren.

Anforderungs- und Strukturanalyse (AP 1): Im Rahmen des **Arbeitspakets 1**, koordiniert vom FIR, wurden insgesamt **32 konkrete Anwendungsfälle** dokumentiert und priorisiert. Diese decken typische Krisenszenarien wie **Epidemien, Produktionsausfälle oder Energieengpässe** ab. In mehreren Workshops wurden diese **Use Cases** gemeinsam mit Industrie- und Forschungspartnern weiterentwickelt und in einem **standardisierten Format mit funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen** erfasst. Zusätzlich wurden für priorisierte Szenarien **Informationsflussdiagramme** und branchenspezifische **KPIs** erstellt, um die technische Umsetzbarkeit und den Nutzen der **PAIRS-Plattform** messbar zu machen.

Ein wesentliches Projektergebnis war die Etablierung **sektorübergreifender Bewertungsinstrumente zur Akzeptanz- und Nutzenvvalidierung von KI-Diensten**. In einem mehrstufigen Verfahren wurden **qualitative Interviews sowie quantitative Befragungen mit über 50 Stakeholdern** aus verschiedenen Branchen durchgeführt. Dabei konnten zentrale **Hemmnisse** wie **mangelnde Transparenz, Datenschutzbedenken** oder **fehlende Integrationsfähigkeit** identifiziert und durch gezielte Konzeptanpassungen adressiert werden. Besonders positiv wurden die **proaktive Krisenerkennung** und die **datenbasierte Entscheidungsunterstützung** bewertet.

Architekturentwurf (AP 2) & Integration und Plattform (AP3): Das von Advaneo geleitete Arbeitspakt 2 hatte zum Ziel einen Architekturentwurf für eine serviceorientierte, offene Dateninfrastruktur zu entwickeln, die mit den Standards der International Data Spaces Association (IDSA) und der europäischen Cloud-Infrastruktur GAIA-X kompatibel ist. Drei Schichten charakterisieren diese PAIRS-Gesamtarchitektur.

Auf der ersten, untersten Schicht werden Datenquellen aus IDSA- und GAIA-X-Ökosystemen, neben weiteren domänenspezifischen Dateninfrastrukturen (z.B. aus dem Energie- und Gesundheitsbereich), über angebotene Schnittstellen, sogenannte IDSA-Konnektoren, technisch integriert. Für gegebene Kontexte wird eine Vernetzung von Informationen aus Daten über semantische Integration via Konnektoren realisiert.

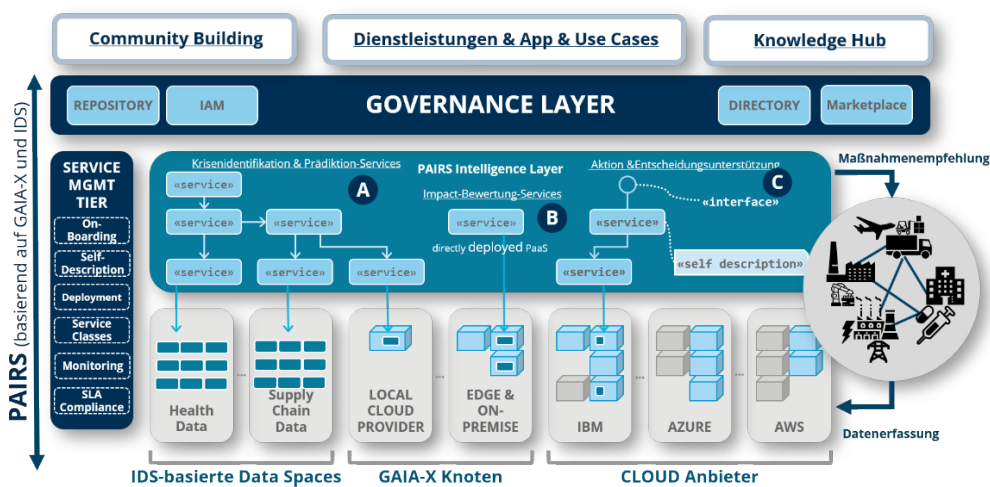


Abbildung 2: Basisarchitektur von PAIRS

Die zweite, mittlere Schicht widmet sich Microservice Fähigkeiten der Gesamt- Infrastruktur. Auf dieser Infrastrukturschicht werden Services realisiert, die jeweils einer Aktivität zugeordnet sind. Dateninhalte werden über ihre Metadaten beschrieben und auffindbar gemacht. Die eigentlichen Rohdaten verbleiben beim Datenbesitzer. Jeder Datenverbraucher kann sich auf die Integrität der Datenquelle verlassen. Sind sich Datenbesitzer und – verbraucher über den Datenerwerb einig, baut der Datenmarktplatz/Datenkatalog zum Datenaustausch eine direkte verschlüsselte Verbindung über IDSA-Konnektoren zwischen beiden Partnern auf. Dadurch entsteht keine Zwischenspeicherung von Daten bei Dritten. Dies wirkt auch der Entstehung von Datensilos entgegen.

Ein weiteres Servicebeispiel ist der zum Patent angemeldete Advaneo Trusted Data Hub (TDH). Der TDH ermöglicht die kollaborative Verarbeitung sensibler Daten unter Wahrung der Datenprivatheit. Beispiele von Datenverarbeitungen können die Vorfilterung von Daten

sowie das Trainieren von KI- und ML-Modellen sein. Hierbei laufen die KI/ML-Prozesse für jeden Datenbesitzer in einem geschützten Kernbereich ohne Zugriff auf sensible Rohdaten anderer Teilnehmer ab. Lediglich die Ergebnisse der Verarbeitung werden definierten Teilnehmern zugänglich gemacht. Dadurch wird das intellektuelle Eigentum geschützt während Freiheitsgrade für Co-Innovation in Krisensituationen erweitert werden. Dies kommt der deutschen Wirtschaft zugute, da Ressourcen (z.B. Daten- und Wissensbasis zum Krisenmanagement) in Ökosystemen effizient geteilt und genutzt werden können.

Angebote Services sind über eine Metadatenbeschreibung auffind- und integrierbar zur Schaffung neuer Funktionalitäten. Dadurch werden z.B. hybride KI-/ML Algorithmen mit Hilfe semantischer Datenintegration unterstützt und ihre Durchführung unter Wahrung der Datenprivatheit geschützt. Auf dieser Schicht wurde die Verwaltung (z.B. Authentifizierung- und weitere Datensicherheitsaspekte) und Verwendung von Services implementiert. Diese zweite Schicht bietet Services-Template an, die von Partnern mit Hilfe von Domänenwissen spezialisiert und angeboten werden. Darunter fallen Services für die Detektion und Antizipation von Krisen in Use Cases.

Die dritte und letzte Schicht exportiert Dienstleistungen über intuitive und individualisierbare Interfaces bspw. für die Empfehlung von Maßnahmen für ein resilientes Management von Krisen sowie die Entscheidungsunterstützung. Diese Dienstleistungen bilden weiterhin eine Basis für Demonstratoren, Analyse der Nutzerakzeptanz und Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Einzelverwertungspfade der Partner werden dafür fusioniert und auf Wirtschaftlichkeit, Offenheit und Nachhaltigkeit, insbesondere für den Mittelstand, optimiert.

Ein zentrales Ergebnis war die Etablierung eines überregionalen Data Space Innovationsökosystems mit aktiver Beteiligung von KMU, Forschungseinrichtungen und Technologieanbietern. Dieses Ökosystem – der Green Deal Dataspace² (GDDS) - wird über das Projektende hinaus durch offene Plattformstrukturen und strategische Partnerschaften weitergeführt und durch gezielte Transfermaßnahmen verstetigt. Die Krisen- und Resilienz Themen werden weiter bespielt. Im Rahmen der projektübergreifenden Kooperation mit den „Schwesterprojekten“ SPELL und CoyPu werden im Rahmen des Resilienz-Clusters „ResilienceMesh“³ innerhalb des Green Deal Dataspaces weitergehende Forschungs- und Entwicklungsthemen diskutiert, u.a. die Entwicklung eines tailored LLM's für Lieferketten.

Das Projekt leistet damit einen substanziellen Beitrag zu den förderpolitischen Zielen des BMWK, indem es:

² www.green-deal-dataspace.eu (Stand 30.05.2025).

³ ResilienceMesh Plattform: https://service.tib.eu/ldm_coypu/ldmservice/ (Stand 30.05.2025).

Bundeswehr), Events (z.B. Besuch des ukrainischen Botschafters am DFKI, Tag der offenen Tür) etc. vorgestellt.

Nachfolgende werden die entwickelten Module im Einzelnen dargestellt.

Outage Predictor - Prediction of regional power outages for industrial production:

Stromausfälle und -schwankungen stellen ernsthafte Krisensituationen in der energieintensiven Prozessindustrie (z.B. Glas- und Papierproduktion) dar. Stromunterbrechungen können chemische Reaktionen unterbrechen, zu Tonnen von Abfall sowie Schäden an Maschinenteilen führen. Trotz der offensichtlichen Kritikalität konzentriert sich die Handhabung von Ausfällen in der Fertigung auf die Inbetriebnahme teurer proprietärer Kraftwerke zum Schutz vor Stromausfällen und auf implizite Bauchgefühle bei der Antizipation potenzieller Störungen. Um diese Herausforderungen zu adressieren, wurde ein Modell für KI-basierte Szenarioplanung zur Vorhersage von Krisensituationen eingeführt. Es verwendet konzeptionelle, wohldefinierte Szenariomuster (JSON-LD), um Entitäten von Krisensituationen zu erfassen. Datenströme (Wetter- und Stromausfallsdaten; 2012-2020) werden auf diese Muster abgebildet, um historische Krisenszenarios zu bestimmen und zukünftige Krisenszenarios unter Verwendung induktiven Wissens und maschinellen Lernens vorherzusagen. Das Ergebnis ist der "Outage Predictor", der die Vorhersage regionaler Stromausfälle für Standorte der deutschen Papierindustrie in einem Zeithorizont von maximal 7 Tagen ermöglicht (Genauigkeit: 0,81, Sensitivität: 0,70). Nachdem der Standort eines Papierherstellers bestätigt wurde, werden die Slots des Szenariomusters als Markierungsvorlage verwendet, die regelbasiert mit Ergebnissen der Analyse aktueller Wetterdatenströme in Bezug auf ein Klassifikationsmodell gefüllt werden. Wenn ein potenzielles Krisenszenario erkannt wird, das die Stromversorgung beeinflussen und zu Ausfällen führen könnte, werden die Slots des Szenariomusters mit abgeleiteten Daten gefüllt und eine Warnung ausgegeben.⁷

Hidden Problem Detector - Identification of hidden problems in supply chains: In der heutigen Zeit sind komponentenbasierte Lieferketten, wie beispielsweise bei Sensoren oder Motoren, zunehmend intransparent, insbesondere über die ersten Lieferanten (Tier 1) hinaus. Störungen in frühen Phasen bleiben oft unentdeckt und verstärken sich, bevor sie als kritische Situationen auf Tier 1 sichtbar werden. Um diesen versteckten Problemen entgegenzuwirken, wird ein Modell zur graphentheoretischen Analyse der Komponenten-Kritikalität vorgestellt, das verschiedene zentrale graphentheoretische Maße nutzt, um kritische Komponenten in Lieferketten zu identifizieren. Hierbei werden Stücklisten (BOM) automatisch in einen

⁷ One-Pager: https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/Project_1440_11188.pdf, Stand 30.05.2025
Videoclip: <https://www.youtube.com/watch?v=pj6K4pOvoDs&t=18s>, Stand 30.05.2025.
Source-Code: <https://github.com/InformationServiceSystems/pairs>
project/tree/main/Modules/OutagePredictor, Stand 30.05.2025.

Wissensgraphen umgewandelt, semantisch angereichert und mit historischen sowie aktuellen Marktdaten (z.B. Preise) gefüttert. Die Analyse ermöglicht es, wichtige Fragen zu beantworten, wie etwa die Identifikation kritischer Komponenten und Hersteller sowie die Überwachung von Änderungen in Lieferzeiten und Verfügbarkeiten. Das Modell wurde in einem Service-Prototypen für die Erkennung versteckter Probleme in der Sensorfertigung exemplifiziert, wobei eine server-client Architektur mit Flask, Python, Neo4j und der Octopart API verwendet wurde. Die Benutzeroberfläche ermöglicht den Upload von BOM-Dateien und zeigt den resultierenden Komponenten-Wissensgraphen sowie eine Liste kritischer Komponenten mit zusätzlichen Informationen an. Zudem werden Marktdaten zu diesen Komponenten in verschiedenen Formaten präsentiert, und bei erkannten Engpass-Trends werden relevante Komponenten hervorgehoben und entsprechende Warnungen ausgegeben.⁸

Newspaper & Social Signaling: Identifikation von Krisenindikatoren in Social Media und Zeitungsartikeln (open domain, multi-lingual): Krisen senden schwache und oft schwer zu erkennende Warnsignale aus, die inmitten des Rauschens des Alltags untergehen. Die Erkennung dieser Signale basierend auf Zeitungsartikeln und sozialen Medien ermöglicht eine frühzeitige Identifizierung und unterstützt proaktive organisatorische Maßnahmen, bevor eine Krise eintritt. Zwei Modelle wurden entwickelt, um Krisenindikatoren in unstrukturierten Daten zu erkennen:

- Newspaper Signaling (MENDEL): Mehrsprachiges Modell zur Erkennung von Krisenindikatoren in Zeitungsartikeln in Echtzeit, basierend auf STANZA und GPT3.5.
- Social Signal Detection (OSOS): Modell zur Erkennung von Krisenindikatoren in mehrsprachigen Tweets, unter Verwendung von SOTA-Modellen für Datenvorverarbeitung (SoMaJo) und Datenfiltration (GPT3).

Die Modelle unterstützen über 90% der weltweit gesprochenen Sprachen sowie verschiedene Anwendungsgebiete wie Energie, Finanzen und Lieferketten. In einer Fallstudie konnten Signale in Zeitungen und sozialen Medien 4, 8 und 12 Wochen vor bevorstehenden energiebezogenen Krisenereignissen in Deutschland erkannt werden.⁹

⁸ One-Pager: https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/Project_1440_11186.pdf, Stand 30.05.2025.

Videoclip: <https://www.youtube.com/watch?v=bvBNCwEfKII>, Stand 30.05.2025.

Source-Code: <https://github.com/InformationServiceSystems/pairs-project/tree/main/Modules/HDP>, Stand 30.05.2025.

⁹ One-Pager:

https://www.dfki.de/fileadmin/dfkimanager/projects/Project_1440/One_Pager_Social_Signal_Observer.pdf https://www.dfki.de/fileadmin/dfkimanager/projects/Project_1440/One_Pager_Newspaper_Signaling.pdf, Stand 30.05.2025.

Videoclip: <https://youtu.be/HOc2HVItVXY>, <https://www.youtube.com/watch?v=q2UTeQsBnDc>, Stand 30.05.2025.

Source-Code:

<https://github.com/InformationServiceSystems/pairs-project/tree/main/Modules/OSOS>

<https://github.com/InformationServiceSystems/pairs-project/tree/main/Modules/NewspaperSignaling>,

Operations Planning (KI-basierte Einsatzplanung im Bevölkerungsschutz):

Zivilschutzorganisationen stehen vor der Herausforderung, bei großflächigen, regionalen Katastrophen effektive Einsatzpläne für Personal und Ressourcen zu entwickeln. Oftmals basieren die Einsatzplanungen auf manuellen Kommunikationsprozessen und individueller Erfahrung, was zu kognitiver Überlastung und ineffizienten sowie verzögerten Reaktionen führt. Zudem vernachlässigen bestehende Ansätze den Planungsprozess vor Krisensituationen. Um diese Probleme zu adressieren, wird ein graphenbasierter Ansatz für die Einsatzplanung vorgestellt, der semantisch angereicherte historische Einsatzdaten nutzt. Predictive-Analytic-Methoden analysieren historische Daten, um Krisenereignisse wie Schneefälle oder Überschwemmungen vorherzusagen. Durch die Abbildung historischen Wissens über Kriseneinsätze in eine semantische Struktur (Operational Scenario Patterns) wird eine episodische Wissensdarstellung geschaffen, die die Entscheidungsfindung für zukünftige Krisenereignisse erleichtert. Die Ergebnisse umfassen prädiktive Einblicke für die nächsten sieben Tage, Risikobewertungen für verschiedene Notfälle sowie Empfehlungen für Ressourcenallokation und Koordinationsstrategien. Dies ermöglicht eine datengestützte Entscheidungsunterstützung in der Einsatzplanung, verbessert Effizienz, Genauigkeit und Vollständigkeit der Einsatzpläne und stärkt weniger erfahrene Planer.¹⁰

Crisis Imagination - Identifikation von potenziellen Black-Swan-Ereignissen mittels synthetischer Daten (open domain):

Die Seltenheit und schwerwiegenden Auswirkungen von Black-Swan-Ereignissen wie Naturkatastrophen und Finanzkrisen stellen eine erhebliche Herausforderung für Organisationen und Gesellschaften weltweit dar. Frühwarnsysteme für Erdbeben (EEWS) haben Schwierigkeiten, genaue und rechtzeitige Warnungen zu geben, da sie in Echtzeit keine subtilen Frequenzänderungen erkennen können, die auf seismische Aktivität hinweisen. Trotz Fortschritten im Bereich des Deep Learning haben diese Systeme immer noch Probleme, P-Wellen (erste Welle während eines Erdbebens) und S-Wellen (langsamer, aber zerstörerischer) genau vorherzusagen. Dies beeinträchtigt ihre Wirksamkeit bei der Ausgabe sofortiger Warnungen in EEWS. Um diese Herausforderungen anzugehen, wurde ein Ansatz entwickelt, der kontextabhängige synthetische Black-Swan-Ereignisse mit Conditional GANs generiert und die Echtheit solcher synthetischen Daten validiert. Diese synthetischen Daten werden dann verwendet, um Black Swans in zwei Anwendungsfällen vorherzusagen: Finanzkrise und Erdbeben. Das Ergebnis ist ein Frühwarnsystem für Erdbeben, das auf aufmerksamkeitsbasierten Sliding-Window-Spektrogrammen basiert und in Echtzeit P-

Stand 30.05.2025.

¹⁰ Videoclip: <https://www.youtube.com/watch?v=ohWVGATnjZM>, Stand 30.05.2025.

Source-Code: <https://github.com/InformationServiceSystems/pairs-project/tree/main/Modules/THW>, Stand 30.05.2025.

und S-Erdbebenwellen vorhersagt. Ein mehrstufiger Encoder verarbeitet die seismischen Daten, während zwei Decoder für P- und S-Wellen zuständig sind. Das System kann Erdbeben 0,08 Sekunden nach Beginn der P-Welle erkennen und eine Sekunde vor dem Eintritt vorhersagen. Dies hat einen signifikant positiven Einfluss auf die Schadensbegrenzung und die Erhöhung der öffentlichen Sicherheit, z.B. durch automatische Abschaltung von Gasleitungen oder Umschaltung von Lebenserhaltungssystemen in Krankenhäusern auf Notstromanlagen. Darüber hinaus ermöglicht das System eine präzise Unterscheidung (Genauigkeit: 0,988) zwischen Erdbeben und Störsignalen.¹¹

Monitoring Satellite: Multi-Objective Optimization in Supply Chains: Die Beschaffung von Komponenten in komponentenbasierten Lieferketten erfordert die Berücksichtigung unterschiedlicher Ziele, die von Kosten und Lieferzeiten bis hin zur Einhaltung gesetzlicher Vorschriften, Krisenindikatoren und ethischen Überlegungen in Einklang mit dem deutschen Lieferkettensorgfaltsgesetz (LKSG) reichen. In Erweiterung des Hidden Problem Detector wendet der Monitoring Satellite Optimierungsalgorithmen (z.B. Multi-Objective Evolutionary Algorithm) an, um komplexe Zielkonflikte bei der Beschaffung von Komponenten zu bewältigen. Hierbei werden Echtzeitdaten zu Preisen, Verfügbarkeiten und Lieferzeiten von Komponenten sowie Daten zu Menschenrechtsfragen sowie umweltpolitischen Belangen auf Länderebene und Krisenindikatoren verarbeitet. Der resultierende Service unterstützt Entscheidungsträger bei der Optimierung von komponentenbasierten Lieferketten vor dem Hintergrund heterogener Zielsetzungen, z.B. optimale Lieferzeiten und Einhaltung gesetzlicher Vorschriften nach LKSG.¹²

¹¹ One-Pager:

https://www.dfki.de/fileadmin/dfkimanager/projects/Project_1440/One_Pager_REAVER.pdf, Stand 30.05.2025.

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=PIRmRzfhN-k>, Stand 30.05.2025.

Source Code: <https://github.com/InformationServiceSystems/pairs-project/tree/main/Modules/CrisisImaginator/REAVER>, Stand 30.05.2025.

¹² One-Pager: https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/Project_1440_11186.pdf, Stand 30.05.2025.

Videoclip: <https://www.youtube.com/watch?v=bvBNCwEfKII>, Stand 30.05.2025.

Source-Code: <https://github.com/InformationServiceSystems/pairs-project/tree/main/Modules/HDP>, Stand 30.05.2025.

Sicherheit und Privacy (AP5)

Die AP-Leitung des Arbeitspakets 5: Sicherheit und Privacy wurde von der UdS übernommen. Dieses bildet daher neben dem Arbeitspaket 9 einen Schwerpunkt der Arbeiten. Ergebnis des Arbeitspakets 5 ist – neben der prototypischen Umsetzung eines Anonymisierungsverfahrens für dynamische Datensätze – ein umfassendes Gesamtdokument, das die wesentlichen im Projekt gewonnenen rechtlichen und technischen Erkenntnisse enthält.

Das Arbeitspaket 5.1 widmete sich der prototypischen Umsetzung eines Anonymisierungsverfahrens für dynamische Datensätze. Aufgrund der hohen Hürden zur Verarbeitung von sensiblen Gesundheitsdaten wurde das Anonymisierungsverfahren nicht für den Gesundheitsbereich, sondern für die Domäne Energie entwickelt. Dazu wurde ein simplifiziertes Modell, das an den Outage Predictor des DFKI angelehnt ist, entworfen und anschließend für das Training dieses Modells ein Anonymisierungsverfahren implementiert und evaluiert. Die bereits zuvor in Arbeitspaket 1 untersuchten Anonymisierungsverfahren konnten dabei nicht verwendet werden, da sie für die Anonymisierung *statischer* Datensätze entworfen wurden und sich nicht direkt auf die Anonymisierung *dynamischer* Datensätze übertragen lassen. Das ausgewählte Verfahren anonymisiert die personenbezogenen Daten während des Trainings, indem mittels Verrauschen (Noise) und Begrenzung des Einflusses einzelner Datenpunkte (Clipping) verhindert wird, dass anschließend mittels den in Arbeitspaket 3 identifizierten Angriffen die zum Training verwendeten Daten rekonstruiert oder in bedeutendem Maße Rückschlüsse darauf gezogen werden können. Die Evaluation mittels des Angreifermodells¹³ ergab, dass mittels des Anonymisierungsverfahrens ein Erkennen der Trainingsdaten vereitelt werden kann. Gleichzeitig führt das Verfahren zu einer verringerten Präzision des Modells, die unter Umständen die Funktionalität des Modells zu stark einschränkt. Daher muss je nach konkreten Anwendungsfall entschieden werden, ob ein (solches) Anonymisierungsverfahren eingesetzt werden kann. Ferner führt das gewählte Anonymisierungsverfahren nicht dazu, dass die DSGVO für das Training des Modells keine Anwendung findet, da die personenbezogenen Trainingsdaten nicht zu Beginn, sondern erst im Verlauf des Trainings anonymisiert werden.

Arbeitspaket 5.2 stellt den Schwerpunkt der rechtlichen Untersuchungen dar. Das Ergebnis dieses Arbeitspakets ist eine umfassende rechtliche Analyse, die insbesondere die

¹³ Ein Angreifer nutzt die dort beschriebenen Fähigkeiten, um sein Ziel zu erreichen – nämlich die Rekonstruktion der Trainingsdaten eines trainierten Modells oder das Ableiten von Informationen darüber. Der Erfolg dieses Angriffs hängt maßgeblich von der Robustheit des Modells gegenüber unbeabsichtigter Preisgabe der verwendeten Trainingsdaten ab. Daraus lassen sich Mitigationsmaßnahmen ableiten, um technische und rechtliche Schutzziele des Datenschutzes für Modelle sicherstellen zu können. Aufgrund dieser Eigenschaften dient es auch zur Evaluation des prototypisch entwickelten Anonymisierungsverfahrens.

datenschutzrechtlichen Implikationen der Entwicklung und des Einsatzes von KI-Systemen umfasst und den zum Zeitpunkt der Fertigstellung aktuellen Stand der Literatur darstellt. Das Gesamtdokument enthält Informationen zum Anwendungsbereich der DSGVO, der Verantwortlichkeit beteiligter Akteure, möglicher Rechtsgrundlagen und Ausnahmen sowie Informationspflichten und Betroffenenrechten. Diese rechtlichen Ausführungen werden durch eine Auflistung der wichtigsten technischen Sicherheitsanforderungen hinsichtlich der jeweiligen Entwicklungs- oder Einsatzphase flankiert. Zur möglichst eigenständigen Umsetzung wurde ein Katalog mit den wichtigsten Anforderungen entwickelt, der für weitere Informationen auf die entsprechenden Stellen im Gutachten verweist.

Im Verlauf des Projekts wurde festgestellt, dass die bereits zu Projektbeginn erwarteten relevanten Rechtsakte der Europäischen Union (EU) doch deutlich umfassender ausfallen als zunächst gedacht und dadurch von erheblicher Bedeutung für die im Projekt entwickelten Technologien sind. Zu diesen Rechtsakten gehören insbesondere die KI-Verordnung (KI-VO), der Data Act (DA), der Data Governance Act (DGA) sowie die Verordnung über den Europäischen Gesundheitsdatenraum (EHDS). Als Reaktion wurden sowohl noch verfügbare Mittel umgewidmet als auch für die Arbeiten vorgesehene Mittel reallokiert, um dem zukünftigen Einfluss dieser Rechtsakte gerecht zu werden. In der Folge wurde die Grundkonzeption der Rechtsakte analysiert, um relevante Anforderungen ableiten zu können. Dabei zeigte sich, dass zukünftig neben zusätzlichen Herausforderungen durch erweiterte Compliance-Vorschriften auch zahlreiche neue Chancen entstehen dürften. So dürfte insbesondere der Zugang zu qualitativ hochwertigen Daten und die Verarbeitung dieser zur Entwicklung von KI-Systemen erleichtert werden. Die Ergebnisse dieser Arbeiten führten wiederum zu drei Veröffentlichungen, die insbesondere auch international Anklang finden konnten.¹⁴

Im Rahmen von Arbeitspaket 5.3 wurden die in Arbeitspaket 5.2 erarbeiteten Ergebnisse kontinuierlich evaluiert und die Partner bei der Implementierung unterstützt. Hierzu wurden sowohl die Rechtsprechung zur DSGVO als auch die Gesetzgebungsverfahren zur KI-Regulierung verfolgt und eingearbeitet. Diese Arbeiten wurden insbesondere auch bei der Erstellung des Gutachtens für das DFKI verwendet.

¹⁴ Siehe Liste der Veröffentlichungen: *Wiedemann*, AIR 2023, *Wiedemann/Leicht*, NYCU Law Review 2024; *Wiedemann/Conrad/Salemi*, K&R 2024; *Sorge/Wiedemann*, Kommentar DA 2025).

Anwendungsfall Implementierung (AP6)

Im Projekt PAIRS wurde die domainübergreifende Sicht auf Krisen und deren Wechselwirkung betrachtet. Im Schwerpunkt wurden drei Felder betrachtet: „Produktion, Lieferketten und operative Logistik“, „Gesundheit“ und „Energie“. War bereits das Thema „Gesundheit“ aufgrund der Covid-Pandemie mit Projektstart allgegenwärtig, haben weiterer Krisenereignisse (z.B. Ukraine-Krieg, Überschwemmungen im Ahrtal, Tanker-Unglück im Suez-Kanal) die Vielfältigkeit und Polyvalenz sowie die dynamischen Wechselwirkungen und Überlagerungen deutlich gemacht, dass krisenauslösende Ereignisse zukünftig eher wachsend und keine Ausnahmeerscheinungen darstellen. Insofern waren (und sind) die im Projekt PAIRS gesetzten Anwendungsfelder (nach wie vor) hochaktuell und relevant für die deutsche Wirtschaft und den Bevölkerungsschutz.

Nachfolgend werden die Ergebnisse in den Anwendungsfeldern dargestellt.



Abbildung 6: Domänen / Use Cases

Anwendungsfeld: Produktion, Logistik und Supply Chain Management

Hochvernetzte Produktionssysteme und Supply-Chains unterliegen in Krisensituationen diversen Herausforderungen. Gleichzeitig sind Daten aus der Lieferkette aufgrund von technischen Hindernissen, Datenschutz und Sicherheitsrichtlinien oft mangelhaft. Nachfolgend werden die einzelnen Lösungen, die in diesem Anwendungsfeld prototypisch entwickelt wurden, dargestellt. Die zu diesem Anwendungsfeld gehörende Lösung „Supply Chain Radar“ wird gesondert zum Schluss des Arbeitspaketes dargestellt, da er als übergeordnete Lösung alle Anwendungsfelder, also auch Gesundheit

und Energie integriert.

Die **Schiffsverkehrsanalyse anhand von Satellitenbildern (SAS)** ermöglicht eine frühzeitige Erkennung möglicher Störungen auf maritimen Transportwegen. Die Analyse basiert auf Satellitenbildern von für den Schiffsverkehr wichtigen geographischen Punkten (z.B. Suezkanal). Für die Erkennung abnormaler Situationen sowie für das Trainieren des Modells wurden öffentliche Daten aus dem Copernicus-Programm verwendet.



Abbildung 7: Schiffverkehrsanalyse anhand von Satellitenbildern (SAS) – Beispiel

Die **intelligente Analyse von Ereignissen (IAT & und IAR)** erlaubt die KI-unterstützte Analyse von öffentlich zugänglichen Ereignisdaten, um potenzielle Störungen auf Transportwegen oder in der Verfügbarkeit von Rohstoffen zu identifizieren. Das Ziel ist es, Störungen zu identifizieren und die Bewertung der Ereignisse (Relevanz und Auswirkung) durch die Replikation von Domänen- bzw. Expertenwissen zu unterstützen, um eine adäquate frühzeitige Reaktion auf die vielzähligen und vielfältigen Informationen zu ermöglichen (unterstützt durch ChatGPT). Die Analyse von Transportereignissen (IAR) basiert auf Nachrichten zu den fürs Unternehmen relevanten Transportrouten, mit einer Bewertung der Schwere möglicher Störungen und deren Auswirkung für das Unternehmen. Die Analyse von Ereignissen, die sich auf der Rohstoffverfügbarkeit auswirken (IAR) wird durch die Verwendung einer vom Fraunhofer IPA speziell entwickelten FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) erweitert, um die relevanten Dimensionen (Eintrittswahrscheinlichkeit, Zeitrahmen, usw.) besser zu bewerten.

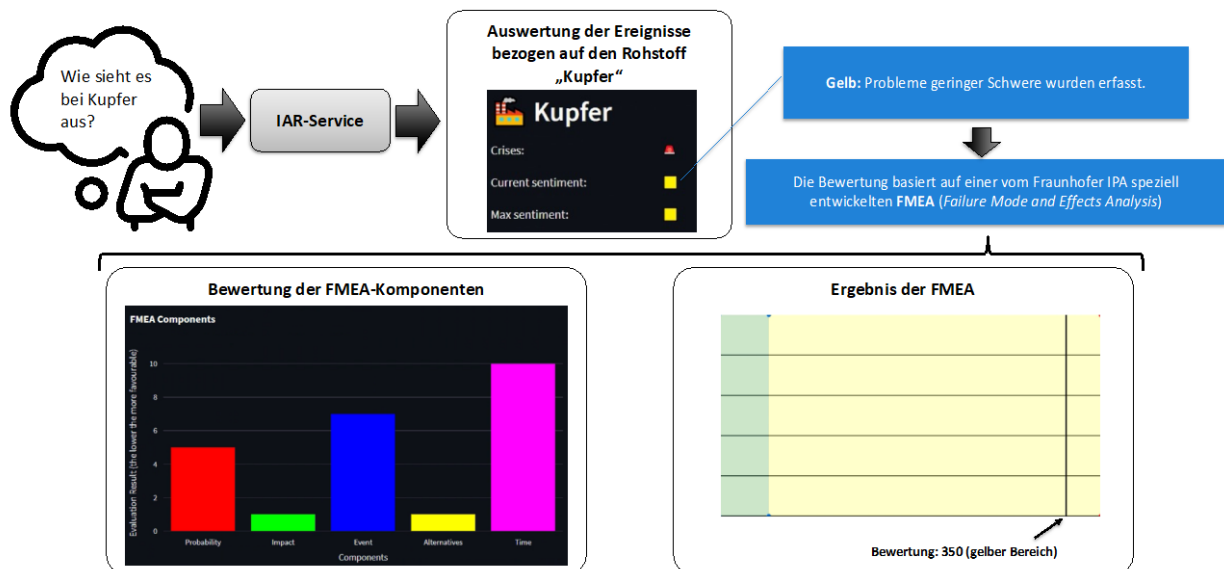


Abbildung 8: Intelligente Analyse von Ereignissen – Beispiel Rohstoff IAR

Ein Beispiel ist die **simulationsgestützte Wirkungsabschätzung als nachhaltige Resilienzsteigerung von Produktionssystemen (SWAN)**. Dieser Ansatz erzielt die automatische Erstellung von Simulationsmodellen sowie eine Vereinfachung bei der Generierung von Simulationsszenarien, die komplexe Supply Chains und Produktionssysteme abbilden. Diese sollen für das Trainieren von Modellen (KI-Agenten) verwendet werden, um dadurch in der Lage zu sein, Steuerungsentscheidungen zu automatisieren. Im Rahmen des Projekts wurde ein Proof of Concept einiger SWAN- Komponenten entwickelt.

Operative Logistik / Bevölkerungsschutz

Im Anwendungsfeld „operative Logistik“ wurden nachfolgende Anwendungen für die Arbeit des THWs im Bevölkerungsschutz entwickelt und verprobt.



Abbildung 9: Anwendungen für den operativen Bevölkerungsschutz

Lagerdatenerfassung/ Lagerverwaltungstool

Das Tool „THW Lagerverwaltung“ soll primär dazu dienen, den Wareneingang und -ausgang von spontanen Logistiklagern im Einsatz zu erfassen. Es ermöglicht die einfache Erfassung, sowie durch ein Berechtigungskonzept die Bearbeitungs- und Auswertungsrechte. Außerdem ermöglicht es die Auswertung THW spezifischer und standardisierter Kennzahlen. Das Microsoft Access-basierte Tool wurde vom Fraunhofer IPA entwickelt, als Antwort auf die Schwierigkeit standardisierte und strukturierte Daten im Einsatz zu erfassen. Ein weiterer Nutzen dieses Tools ist eine Reduktion der Fehleranfälligkeit durch vorgegebene Datenfelder und standardisierte Formulierungen und die Transparenzsteigerung im Einsatz. Das Tool wurde mit Zuarbeit einer einsatzerfahrenen Logistik-Einsatzkraft des THW entwickelt. Durch dieses Tool soll dem Mangel an standardisierten und strukturierten Logistik-Daten im THW entgegengewirkt werden, welche für effektive KI Tools in dem Bereich nötig sind. Das Tool liegt dem Logistik Referat der THW-Leitung vor, welches das Tool in alle Logistik Fachzüge des THW ausrollen möchte.

Materialbedarfsplanung

Vom Fraunhofer IPA wurde ein Demonstrator für die Materialbedarfsplanung in Form einer Monte-Carlo-Simulation entwickelt, der sich auf Anforderungsanalysen zu Stromausfällen fokussiert. Hier wird der Fokus auf die strategische Beschaffung von Mangelressourcen gelegt. Bis zur Einsatzfähigkeit des Tools gäbe es noch viel Entwicklungspotential, das Tool wurde jedoch nicht priorisiert, da es vor allem in längeren und stetigen Einsätzen zum Tragen käme, welche sehr selten auftreten.

ProPlan/ Smarte Personalplanung/ Operations Planning

Das vom DFKI entwickelte Modul *Operations Planning* stellt eine KI-Anwendung dar, die THW-spezifische Parameter zu Einsätzen und verfügbarem Einsatzpersonal statistisch auswerten kann. Gleichzeitig integriert das Tool ein Wetter Modell und Echtzeit-Wetterdaten, um Extremwittersituationen zu identifizieren. Die Funktionalität entspricht im aktuellen Zustand einer Personalplanungssoftware, die eine Risikoanalyse für das Auftreten von Starkregenereignissen erstellt und Eigenschaften zu dem daraus resultierenden Einsatz von THW Einsatzkräften projiziert.

Die Software wird als Unterstützungstool in Einsatzstäben gesehen und soll für die klassischen Stabsfunktionen Entscheidungshilfen liefern. Informationen werden grafisch (auf Karten) oder in Tabellen dargestellt. Zum jetzigen Zeitpunkt fokussiert sich das Tool auf Szenarien aus den Bereichen Hochwasser und Überflutung; prinzipiell bietet das Tool jedoch die Möglichkeit auch Vorhersagen zu anderen Szenarien zu tätigen. Das KI-Tool hat die Kernvorhersagen: Ereignisvorhersage, Einsatzdauer, Personalaufwand, einzusetzende Einheiten.

Für dieses Tool wurden erstmals Daten der THW internen Datenbank THWin genutzt. Die Software ist öffentlich bei GitHub, die Daten liegen beim THW. Erfahrene Einsatzkräfte des THW bewerteten Teilfunktionen des Tools im Rahmen eines Tests als sehr vielversprechend, was sich mit der Einschätzung der THW internen Projektgruppe „Einsatzunterstützungssoftware“ deckte. Die Software liegt dem IT-Referat der THW Leitung vor mit dem Ziel diese bei vorhandenen Ressourcen weiterzuentwickeln.

ELVA (Empolis/ SPELL)

Dieser rudimentäre Demonstrator ist zusammen mit Empolis des Schwesterprojektes SPELL entstanden. Hier geht es um das Crowdsourcing von öffentlichen Ressourcen im Einsatz, wie zum Beispiel die Verfügbarkeit von Turnhallen oder anderen öffentlichen Einrichtungen inkl. Kontaktdaten der Ansprechpersonen. Dies ist integriert in eine Karte.

Anwendungsfeld Energie

Im Anwendungsfeld **PAIRS/energy** wurde ein IDSA-konformer DataNode aus der Energiedomäne für die Erkennung von Ausnahme- und Krisensituationen im Verteilnetz konzipiert und umgesetzt.

- ▶ Um auf aktuelle Krisen im Verteilnetz reagieren zu können, ist eine rasche, föderierte Sammlung von Störungsmeldungen mit geringem Zeitverzug nötig
- ▶ Die Vorhersage von Krisenszenarien, die ihren Ursprung im Energiesektor haben können erheblich zu einem domänenübergreifenden Ansatz der besseren Krisen-Beherrschung beitragen.

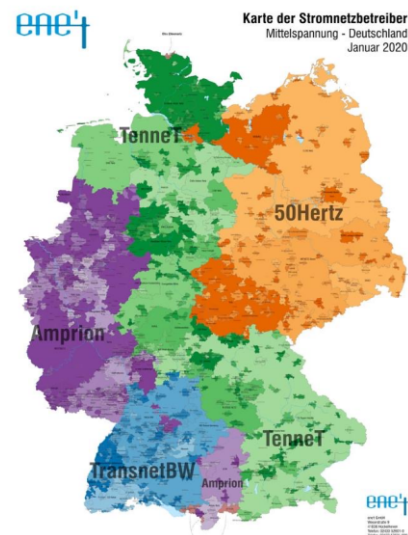


Abbildung 10: Use Case Energie - Motivation

In die Anforderungsanalyse wurden sowohl allgemeine Anforderungen an den Datenaustausch zwischen der PAIRS Plattform und dem Datenknoten als auch Anwendungsfälle des Frühwarnsystems und damit verbundene Anforderungen an Datenbedarfe und Indikatoren unter Einbeziehung der Projektpartner bestimmt.

Auf Basis der Anforderungen für ein Datenmanagement- und einem Sicherheitskonzept zum Schutz der Daten wurde eine Architektur konzipiert, die den Rahmen für den Datenknoten bildet. Die Umsetzung der Plattform auf Basis von Open Source Software erfolgte in mehreren Iterationen, die den Arbeitsstatus und den sich angepassten Anforderungen zur jeweiligen Zeit der Implementierung Rechnung trugen. Die Hauptkomponente des DataNodes bildet ein CKAN System, mit dem das Datenmanagement umgesetzt wird. Darauf aufbauend wurde ein Dashboard zur Übersicht der Risikoindikatoren gebildet. Mit Hilfe der Implementierung und Integration eines Dataspace Connectors konnte der DataNode an die PAIRS-Plattform

angebunden werden. Hier wurde intern eine API aufgebaut, die den Zugriff des Dataspace Connectors auf das CKAN System erlaubt.

Im Rahmen zweier Unteraufträge, die von OFFIS begleitet wurden, wurde die Integration eines Data Space Connectors in das Open Source Störungsinformationstool (SIT) von OpenKonsequenz zur Erschließung von Störungsinformationen von Verteilnetzbetreibern umgesetzt. Dadurch ist die Gewinnung eines umfassenden, zeitnahen Lagebilds der Verteilnetze möglich.

Der vom OFFIS auf Basis von Open Source Software entwickelte DataNode bildet die Basis zur Entwicklung von KI-Methoden in der Energiedomäne, indem der DataNode aufbereitete und verknüpfte Energiedaten und andere Risikoindikatoren bereitstellt und diese für die Plattform PAIRS erschließt. Die gemeinschaftliche Entwicklung des OutagePredictors und dessen Umsetzung in der PAIRS-Plattform ist ein Beispiel dafür. Daneben erschließt die Erweiterung des Störungsinformationstools von OpenKonsequenz um einen Dataspace-Connector der PAIRS-Plattform perspektivisch ein aktuelles und präzises Lagebild des Verteilnetzes. Damit adressiert das Vorhaben PAIRS/energy auf der wirtschaftspolitischen Ebene die im Förderauftrag genannte Fragestellung „Wie können Datentechnologien und KI-Methoden einen Beitrag zum vorbeugenden Schutz der Wirtschaft vor Krisensituationen leisten?“

Anwendungsfeld Gesundheit

Im Anwendungsfeld „Gesundheit“ wurden von den Konsortialpartnern Tiplu, Bisping und dem Unterauftragnehmer stonegarden Anwendungen im Bereich „Epidemieerkennung“ und „Materialbedarfsprognose“ entwickelt und verprobt. Die Datenverarbeitung von PAIRSmed unterteilt sich in drei Teilschritte:

Epidemieerkennung

Die weltweite COVID-19 Pandemie hat eindrucksvoll bewiesen, dass Epidemien nicht nur zu enormen gesellschaftlichen Einschränkungen führen, sondern auch domänenübergreifend großen Einfluss auf die Weltwirtschaft haben. Die in diesem Teilprojekt entwickelte Epidemieerkennung sollte hier ansetzen und der zeitlich-räumlichen Epidemiedetektion und -prognose anhand klinikübergreifender Analysen von tagesaktuellen Versorgungsdaten dienen. Die Innovation besteht in der automatischen Auswertung klinischer Daten aus dem eigens durch Tiplu aufgebauten deutschlandweiten Tiplu-ML-Netzwerk, derzeit bestehend aus 140 Krankenhäusern und ca. 10 Mio elektronischen Patientenakten (Tiplu-EPA). Die Tiplu-EPA eines Falles enthält strukturierte Merkmale, wie Alter und Geschlecht, Vorerkrankungen, Medikation, Laborwerte, Vitalparameter, alle Kodierungen eines Falls (ICD-10 Diagnoseschlüssel und OPS-Prozedurschlüssel) sowie sämtliche digital vorliegende schriftliche Falldokumentation (u.a. Anamnesebögen, Befunde, Interventionsberichte, Arztbriefe).

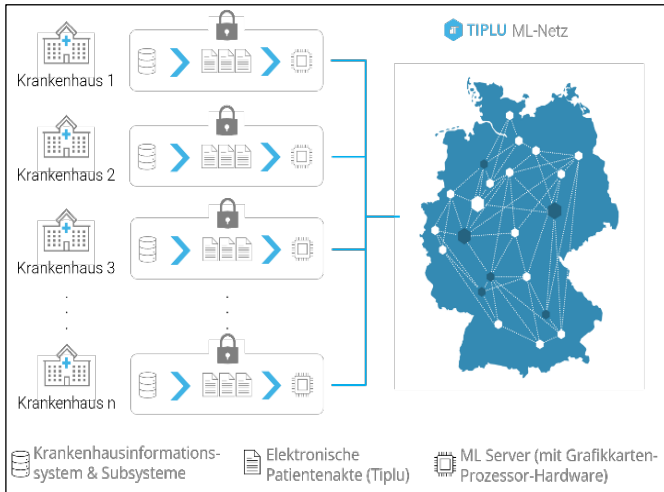


Abbildung 11: Das Tiplu ML-Netzwerk

Das Netzwerk besteht aus derzeit etwa 140 Krankenhäusern, deren stationäre Versorgungsdaten aus den individuellen Krankenhausinformationssystemen (KIS) in eine einheitliche und semantisch interoperable elektronische Patientenakte (Tiplu-EPA) überführt werden. Die Daten werden in der Tiplu-EPA medizinisch anonymisiert und auf Machine Learning (ML)-Servern lokal im jeweiligen Krankenhaus gespeichert. Die Patientendaten verbleiben in dem jeweiligen Krankenhaus - es kommt zu keinem Zeitpunkt zu einem Datenaustausch zwischen den Krankenhäusern bzw. mit Tiplu.

Tiplu hat in diesem Projekt des Teilvorhabens prototypisch eine föderierte Datenanalyse über den Daten des Tiplu-ML-Netzwerks entwickelt. Damit wurden die technischen Voraussetzungen für eine Epidemieerkennung auf den regulär im stationären Versorgungsalltag erhobenen Daten in den verschiedenen Krankenhäusern deutschlandweit etabliert. Voraussetzung dafür war die Übersetzung der Daten der stationären Versorgung in die Tiplu-EPA, die auch zum heutigen Zeitpunkt die einzige Möglichkeit in Deutschland darstellt, gemeinschaftlich und über Krankenhausgrenzen hinweg die im stationären Versorgungsalltag anfallenden Patientendaten zu analysieren und auszuwerten. Wesentlich ist, dass für die Epidemieerkennung keine spezifischen zusätzlichen Werte und Daten erhoben werden müssen, stattdessen die Daten des Regelbetriebs genutzt werden. Somit entsteht kein Mehraufwand in den Kliniken. Zusammen mit der datenschutzkonformen Nutzung der Daten erwartet Tiplu so eine hohe Akzeptanz bei den Krankenhäusern. Während die krankenhausesübergreifende Epidemieerkennung inhaltlich durch weitere Arbeiten in Anschlussprojekten profitieren kann, ist es bereits in absehbarer Zeit möglich, dass die einzelnen Krankenhäuser lokal über Dashboards relevante Parameter angezeigt bekommen, die in einer Standalone-Lösung auf eine Epidemie hindeuten können.

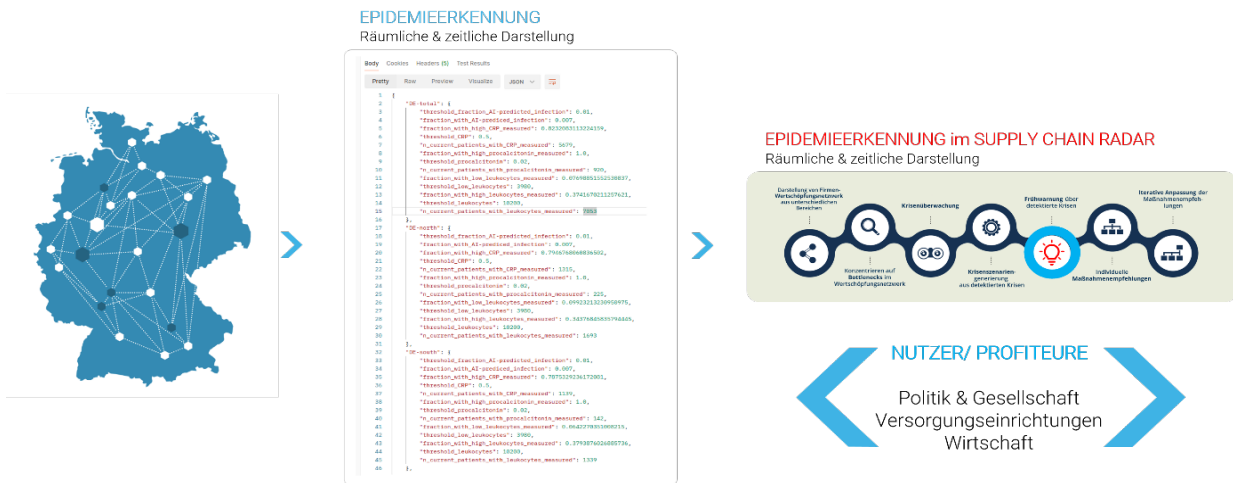


Abbildung 12: Räumlich-zeitlich differenzierte Epidemieerkennung auf der Basis der Datenanalysen im Tiplu-ML-Netzwerk

Verschiedene Daten der tagesaktuellen stationären Versorgung werden täglich krankenhausesübergreifend nach auffälligen Häufungen in einzelnen Regionen untersucht. Diese Datenanalysen können entweder als Standalone-Lösung mit relevanten Einrichtungen des Gesundheitswesens und öffentlichen Interesses geteilt werden oder in die PAIRS Plattform eingeleitet werden, wo sie wiederum als Input für die jeweiligen Berechnungen von Krisenszenarien in unterschiedlichen Branchen gelten könnte. So können auch Akteure der Wirtschaft profitieren. In diesem Beispiel wurde Deutschland in 4 Sektoren aufgesplittet: Nord, Süd, Ost, West.

Materialsbedarfsprognose PAIRSmed

Mit dem Pilotkrankenhaus Universitätsklinikum Gießen Marburg (UKGM) wurde am Standort Marburg der Demonstrator PAIRSmed für die Materialbedarfsprognose im stationären Versorgungsalltag entwickelt. Die Datenverarbeitung von PAIRSmed unterteilt sich in drei Teilschritte:

OPS-Kode-Prognose:

Vorhersage des Aufkommens definierter Prozeduren in Form von Operations- und Prozedurenschlüsseln (OPS) in einem mittelfristigen Zeitrahmen - Tiplu

OPS-SKU-Mapping:

Zuordnung einzelner Materialien (SKU, stock keeping unit) zu spezifischen OPS-Kodes und umgekehrt - Bisping/stonegarden

Materialbedarfsprognose:

Nutzung der OPS-Kode Prognose und das OPS-SKU Mapping für die Prognose der benötigten Materialien - Bisping/stonegarden.

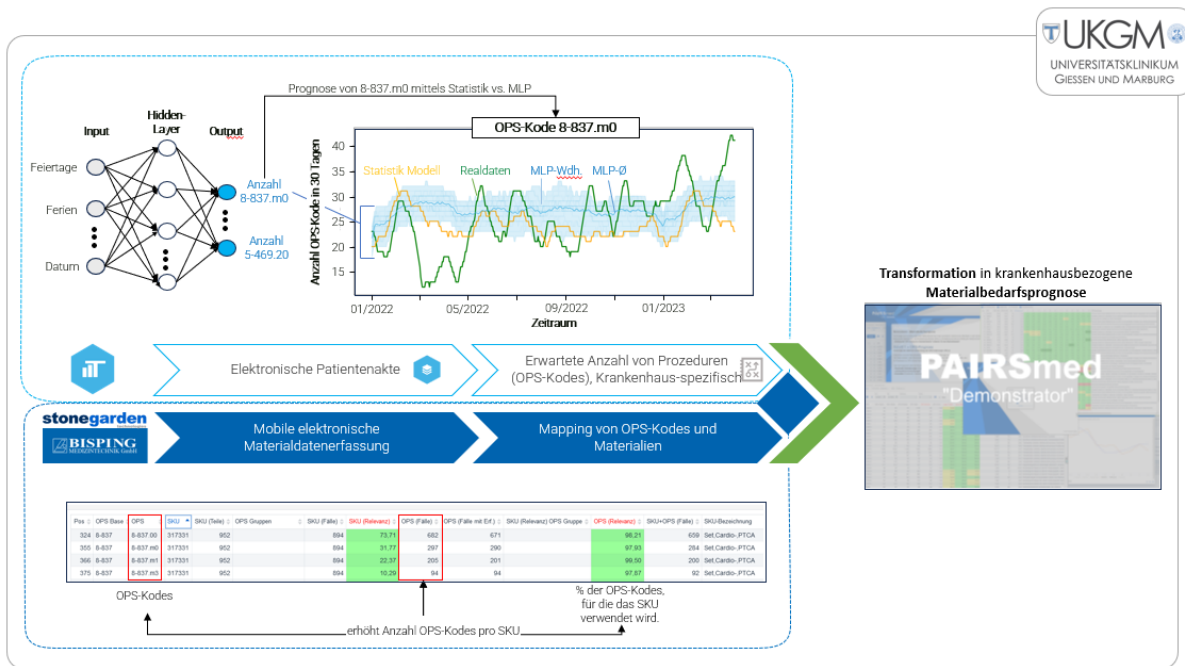


Abbildung 13: Übersicht Materialbedarfsprognose PAIRSmed

Mit PAIRSmed konnte aufgezeigt werden, dass das Mapping von medizinischen Materialien zu spezifischen Prozeduren(gruppen) prinzipiell möglich ist. Für PAIRSmed konnten 40% der untersuchten SKUs mit einzelnen OPS-Kodes oder OPS-Kode Gruppen korreliert werden. Als problematisch im Mapping-Prozess stellte sich heraus, dass unterschiedliche Größen des Materials verfügbar sind, die sich häufig nicht aus den OPS-Kodes ergeben und somit nicht vorhersagbar sind. Als Erfolg kann dennoch gewertet werden, dass bereits im Demonstrator über ein automatisiertes OPS-SKU Mapping der Materialbedarf für bis zu 80 % der häufig vorkommenden SKU mit Hilfe der OPS-Prognosen vorhergesagt werden kann. Für den erfolgreichen Einsatz im Klinikalltag bedarf es jedoch weitere zuverlässige OPS-Kode Vorhersagen nach geeigneten Parametern, die das Vorkommen der Prozeduren in einem mittelfristigen Zeitraum von 6-12 Monaten ermöglichen.

Das Mapping von medizinischen Daten und Materialdaten ermöglicht einen zusätzlichen Nutzen, der zu Projektbeginn noch nicht genau eingeschätzt werden konnte: Wird der Materialverbrauch patientenbezogen (z.B. während eines Eingriffs) erfasst, so kann mit Hilfe des Mappings auch auf die medizinische Prozedur (= OPS Kode) rückgeschlossen werden. Somit kann die OPS-Kodierung durch konkrete Kodierhinweise, basierend auf der Materialerfassung kontrolliert und unter Umständen verbessert werden. Darüber hinaus ist eine Kontrolle und Verbesserung der Materialerfassung durch das Mapping der Artikel untereinander möglich (Abhängigkeitsanalyse).

Fazit: Durch das Mapping von OPS-Kodes und Materialverbrauchsdaten können die korrekte medizinische Dokumentation, die Kostenträgerrechnung sowie auch die Erlössicherung bei der Abrechnung gegenüber den Krankenkassen aktiv unterstützt werden, wodurch die Wettbewerbsfähigkeit des Krankenhauses erhöht wird.

Supply Chain Radar

Die oben dargestellten Anwendungen und im AP4 dargestellten KI-Module wurden (soweit möglich und sinnvoll) in einem übergeordneten Anwendungsfall, dem „Supply Chain Radar“ zugeführt. Eine kommerzielle Lösung wird nach Projektlaufzeit von der Advaneo GmbH angestrebt.

Die KI basierten Analysewerkzeuge werden im F&E-Projekt PAIRS und weiteren KI-Leuchtturmprojekten des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz entwickelt.

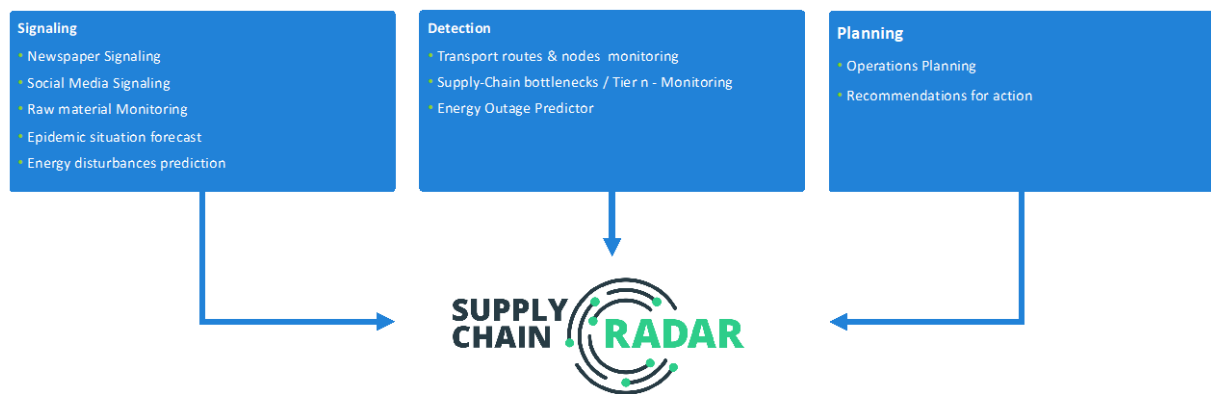


Abbildung 14: KI-Module im Supply Chain Radar

Der Supply Chain Radar (SCR) stellt von seiner DNA her eine offene, flexible Datenraum-Lösung dar, die sich aus vielfältigen Datenquellen, einerseits zur Erfassung potenziell krisenauslösender Ereignisse und andererseits aus Unternehmens-, Lieferketten-, Branchen- und Wirtschaftsinformationen zur Erfassung der individuellen Anwenderrelevanz, speist. Durch das Matchen dieser beiden Daten-Pools erhalten Anwender Frühwarnungen, die Ihnen einen zeitlichen Vorteil verschaffen, frühzeitig Handlungsalternativen auf Basis von Szenarien zu entwickeln.

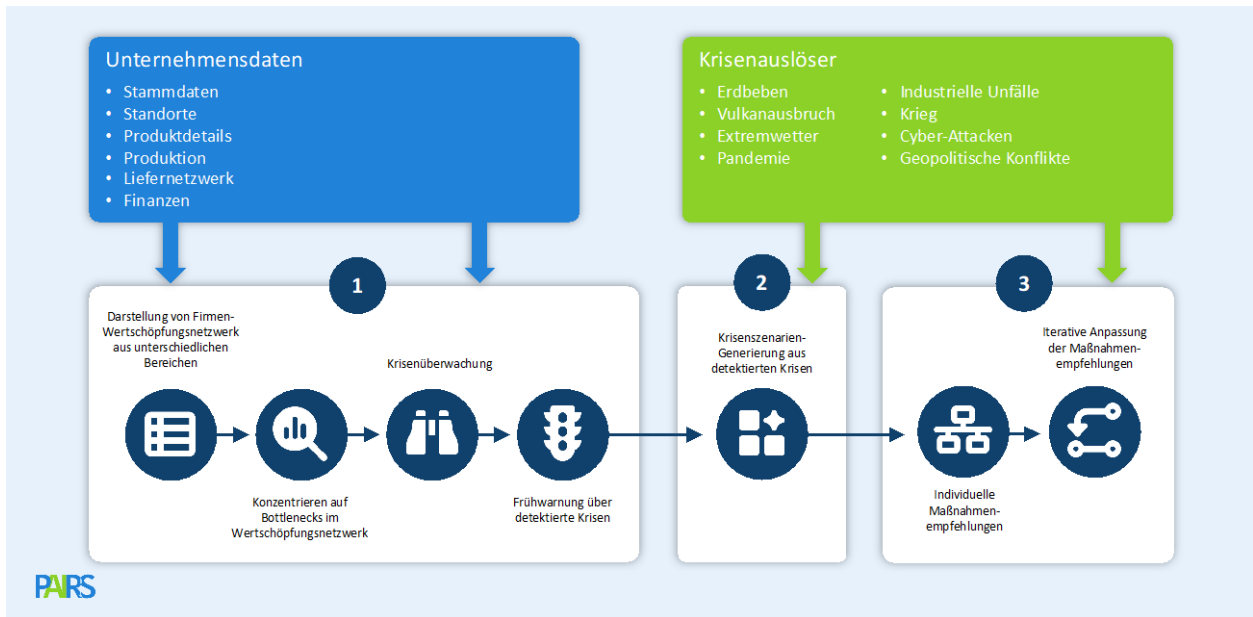


Abbildung 15: Datenquellen, Akteure und Services

Der besondere Bedarf für KMU liegt vor allem darin begründet, dass im Regelfall ein eigener Risiko-Management-Stab nicht vorhanden ist. Der SCR füllt auf unkomplizierte Art diese Lücke und setzt KMU in die Lage, ein frühzeitiges Frühwarnsystem einzurichten, indem sie auf den SCR „as-a-service“ Zugriff erhalten.

Anwender-Vorteile:

- Schaffung von Transparenz für den Einkauf, das Controlling und die Geschäftsführung
- Risiken in Lieferketten können früher identifiziert und
- alternative Handlungsoptionen schneller eingeleitet werden
- Finanzielle oder produktionstechnische Risiken und Störungen können vermieden oder zumindest minimiert werden

Ein effizientes Frühwarnsystem zur Risikobewertung und für den Aufbau eines dynamischen Krisenmanagements

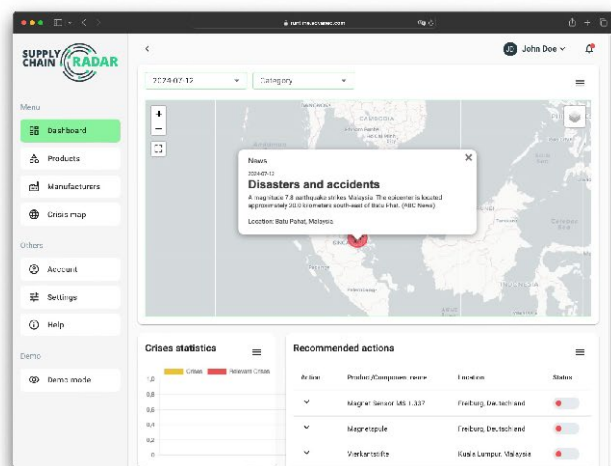


Abbildung 16: Modularer Aufbau des individuell konfigurierbaren Dashboards

Das Dashboard entspricht einem Demonstrator, auf dem die Interaktion der Anwender mit dem PAIRS-System dargestellt ist. Auf einer Weltkarte werden akute und sich anbahnende Krisenherde lokal aufgelöst dargestellt, Diese können sich in unmittelbarer Nähe von wichtigen Lieferanten oder Produktionsstandorten befinden. Der darunterliegende KI-Service stellt aber auch Zusammenhänge zwischen den Krisenherden und den Lieferketten des Anwenders her und zeigt deren Auswirkungen u.a. durch den damit verbundenen Umsatzrückgang. Weiterhin können auch Krisen simuliert werden und deren Auswirkungen auf die Lieferkette bestimmt werden. Dies kann im Rahmen einer Risikobetrachtung eingesetzt werden.

- Erfassung aller (wichtigen) Produkte und Komponenten
- Rekursive Erfassung/Darstellung von Tier-n Komponenten

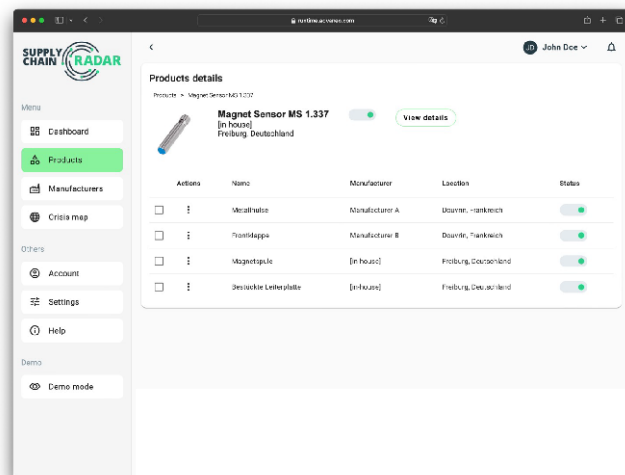


Abbildung 17: Feature: Produkt- und Komponentenbeschreibung

Die Unternehmensdaten werden in Form eines Wissensgraphen dargestellt, aus dem heraus Vorprodukte und für die Produktion wesentliche Komponenten identifiziert werden, die einem besonders hohen Risiko in Krisensituationen ausgesetzt sind und sich als Bottlenecks herausstellen können.

Die möglichen Auswirkungen der identifizierten Krisenereignisse werden in Form von Warnungen dem jeweiligen Anwender mitgeteilt, der dann auch Maßnahme Empfehlungen zum Umgang mit diesen Krisensituationen erhält. Diese Maßnahme Empfehlungen werden iterativ optimiert.

Crisis Radar

- Weltweite Erfassung krisenauslösender Ereignisse in 48 Kategorien
- Holistischer Gesamtblick
- Modular, individuell konfigurierbar und schnell erweiterbar

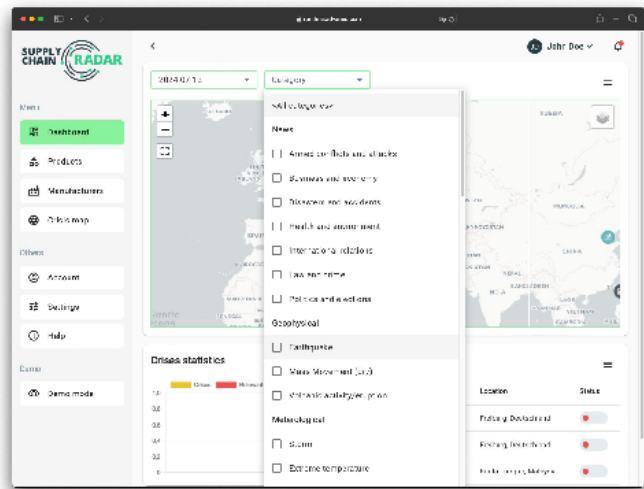


Abbildung 18: Feature: Weltweites Krisenradar in 48 Kategorien

Die weltweit erfassten potenziell krisenauslösenden Ereignisse werden in insgesamt 48 Kategorien erfasst. Damit wird ein holistischer Gesamtblick geschaffen, der individuell konfigurierbar ist. Es können einzelne Datenquellen oder KI-Services selektiert und dazugebucht werden. Ziel ist es ein umfangreiches Angebot von KI-App-Services und Datenquellen in einem Daten- und KI-Marktplatz zu erstellen und Start-Ups zu motivieren eigene Services zu entwickeln.

- Kritikalität der Ampelfunktion individuell einstellbar
- Individuell konfigurierbare Datenquellen auf Produkt- und Komponentenebene
- Impact-Kalibrierung von Events
- „pay-per-use“ – Einkauf von Daten und Services

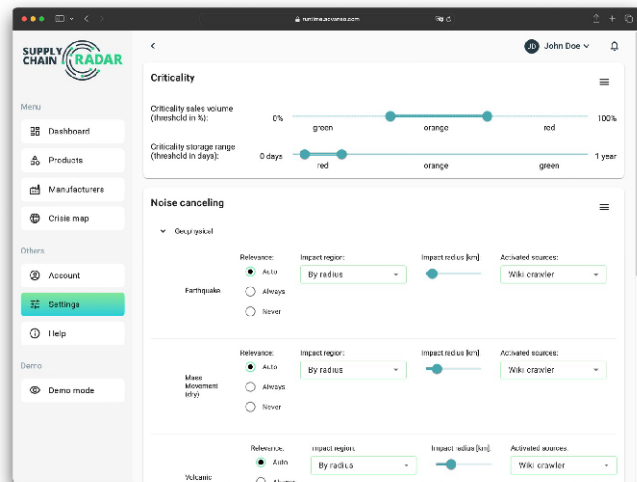


Abbildung 19: Individuell konfigurierbarer Supply Chain Radar

Der Supply Chain Radar ist individuell konfigurierbar. Dies umfasst die Kritikalität der Ampelfunktion der Warnhinweise, die verwendeten Datenquellen, auch die Bedeutung der krisenauslösenden Events können hinsichtlich deren Impacts kalibriert werden. Weitere Daten- und Services können individuell zusätzlich erworben werden. Diese Flexibilität fußt auf die bereits mit Projektkonzeption angedachte Datenraum-IT-Infrastruktur, die sich an offenen Standards (IDS, GAIA-X) orientiert. Damit lässt sich die Krisenmanagementlösung zukunftsfähig mit

Datenquellen, KI-Services und Funktionen erweitern und flexibel auf zukünftigen Bedarfen wie z.B. regulatorische Änderungen in der Risikoüberwachung (LKSG, CSDDD) reagieren.

Akzeptanz- und Nutzerevaluierung (AP7)

Im Rahmen des Arbeitspakets 7 wurde vom FIR ein **methodisches Bewertungsframework** entwickelt, das die **systematische Erhebung von Nutzerbedarfen** und **Wirkungsindikatoren** unterstützt. Aufbauend darauf erfolgte in AP7.3 die praxisnahe **Erprobung und Konkretisierung** des **Nutzenversprechens** durch begleitende **Pilotstudien mit den beteiligten Praxispartnern**.

Darüber hinaus wurden **prototypische Demonstratoren** für zentrale PAIRS- Funktionalitäten entwickelt. Aufgrund der technischen Komplexität und der Vielfalt der Anwendungsdomänen erfolgte keine vollständige Integration in ein zentrales System, sondern die Entwicklung **verteilter Einzelmodule**, die praxisnah getestet und von den Projektpartnern weitergeführt werden. So entstand ein KI-basierter „**Hidden Problem Detector**“ zur **Früherkennung von Lieferkettenstörungen** sowie ein Modul zur **Epidemieerkennung im Gesundheitswesen**.

Verwertungsstrategie & Geschäftsmodellentwicklung (AP 8)

Ziel des Arbeitspakets war die Entwicklung einer Verwertungsstrategie und eines Geschäftsmodells zur Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit und der nachhaltigen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Relevanz von PAIRS.

Mit Unterstützung von unterbeauftragten Partnern wurde eine Marktanalyse für „Krisenmanagement-Lösungen“ erhoben und durch zahlreiche Gespräche mit Experten evaluiert. Aus den Ergebnissen wurde eine Positionierung für neue, KI-gestützte Lösungen erarbeitet. Diese manifestiert sich in Form des **Supply Chain Radars** sowie des offenen, Datenraum Ökosystems **Green Deal Dataspace – für Resilienz und Nachhaltigkeit**. Der Supply Chain Radar positioniert sich als eine auf die Bedürfnisse von KMU zugeschnittene Krisenmanagementlösung zur Früherkennung von Störungen in der Lieferkette sowie zur Entwicklung von Handlungsalternativen und Szenarien. Die Lösung ist für KMU leicht adaptierbar (SaaS) und individuell konfigurierbar und aufgrund ihrer Datenraum-spezifischen Architektur leicht skalierbar.

Das Datenraum Ökosystem wurde neben dem Themenfeld Resilienz mit dem Thema Nachhaltigkeit ergänzt – beides verknüpft sich besonders in den Themenfeldern Wertschöpfungsketten und Kreislaufwirtschaft und Digitalisierung (Digital Twins für nachhaltige Digitalisierung).

Darüber hinaus entwickelte ein FIR-Expertenteam zentrale Entwicklungspfade und ein Geschäftsmodell für das Plattform-Konzept. Es entstanden sechs Rollenprofile, abgeleitet aus den Use Cases und 14 Business Model Canvas zu diesen. Daraus wurde mithilfe des Platform Model Canvas ein übergreifendes Geschäftsmodell entwickelt. Zusätzlich wurden in Workshops Value Proposition Canvas für produzierende Unternehmen und Krankenhäuser erstellt.

Dissemination (AP9)

Ziel des Arbeitspakets war es, die Projektergebnisse während der Projektlaufzeit zu verbreiten, um so ein entsprechendes Ökosystem über die Projektlaufzeit hinaus zu kreieren. Die AP-Leitung des Arbeitspakets 9 wurde von der UdS übernommen. Neben der durch Advaneo erstellten und gepflegten Projekt-Website wurde zur besseren Sichtbarkeit und Social-Media-Präsenz das Projekt auch auf den Websites der Konsortialpartner eingebettet. Ferner wurde das Projekt auf verschiedenen Messen, wie beispielsweise der Hannover und der Interschutz-Messe, durch die Partner vorgestellt. Zudem wurde im Juni 2022 in Kooperation mit dem ebenfalls vom BMWK im gleichen Förderaufruf geförderten Projekt SPELL ein Hackathon veranstaltet. Des Weiteren wurden die Projektergebnisse über Webinare verbreitet und durch die Teilnahme an ausgewählten Fachkonferenzen wurde der Austausch mit der relevanten Fachcommunity ermöglicht, wodurch nicht nur die Projektergebnisse verbreitet, sondern auch die gefundenen Ergebnisse durch wertvolles Feedback weiter vertieft werden konnten. Die Ergebnisse des Projekts wurden teilweise auf der Veranstaltung KrisenFest im Mai 2024 in Berlin einem breiten Publikum vorgestellt. Eine interne Vorstellung der Projektergebnisse wurde bei der Abschlussveranstaltung am 29. November 2024 durchgeführt. Eine öffentliche, externe Vorstellung der Gesamtergebnisse auf der Abschlussveranstaltung war geplant, konnte jedoch aufgrund unvorhersehbarer Ereignisse nicht stattfinden, dennoch wurden Interviews mit den einzelnen Partnern durchgeführt, die die wichtigsten Ergebnisse der Projektpartner zusammenfassen. Diese sind auf der Projektwebsite zur Verfügung gestellt.¹⁵

¹⁵ Siehe <https://www.pairs-projekt.de/de/ergebnisse>, Stand 30.05.2025.

Veranstaltungen 2022 (Auswahl)



Tage der digitalen Technologien



Hackathon auf der Interschutz



Internationales Rechtsinformatik Symposium 2022



Forum Digitale Technologien 2022: Vertrauen in KI und digitale Infrastrukturen

Interview mit Jürgen Bretfeld, CEO von Advaneo GmbH, Konsortialführer von PAIRS-Projekt
Datum: 05.10.2022 Ort: Showroom | Forum Digitale Technologien | Salsauer 5, 10587 Berlin



Vernetzungsveranstaltung „Skalierbare und Vertrauenswürdige KI“
23. (Vorabend) – 24. November 2022 im Hotel Estrel Berlin, Sonnenallee 225, 10257 Berlin

Veranstaltungen 2023 (Auswahl)



Pitch Day Industrie 4.0



Berliner Sommercamp 2023



Hannover Messe 2023



19th International Conference on Artificial Intelligence and Law (ICAAIL 2023)



Webinar zum neuen Datenrecht



ALSA Law & Technology Conference Hsinchu, Taiwan

Veranstaltungen 2024 (Auswahl)



IN2AI Messe Dortmund 2024



Krisenfest Demo Day Berlin 2024



Simulationsübung THW, DFKI, IPA

Online-Infoveranstaltung:

Partner werden im Frühwarnsystem für Krisensituationen

Veranstalter: ZENIT GmbH | Zentrum für Innovation und Technik

Ort: Digital via Microsoft Teams

Datum: 22. Mai, 11-13 Uhr

Online-Infoveranstaltung von Advaneo und Zenit

Webinar:

PAIRS Forschungsprojekt | Feedback und Mitgestaltung eines Frühwarnsystems für Krisensituationen – Supply Chain Radar

Veranstalter: Funk Gruppe GmbH

Ort: Digital via Microsoft Teams

Datum: 26./27. Juni, 11:00 Uhr

Webinar Funk Gruppe GmbH

15.02.2024

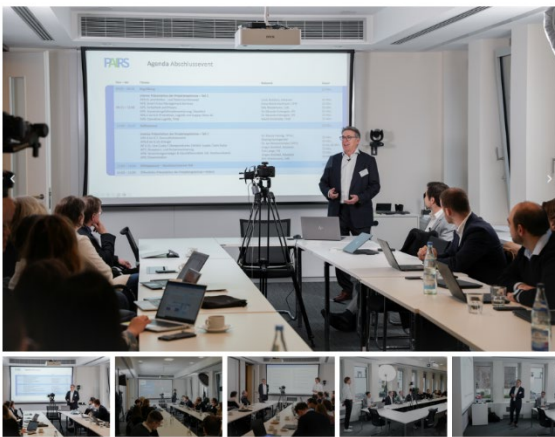
Lehrstuhl beim 27. IRIS-Symposium in Salzburg

Vom 14.-17. Februar 2024 findet in Salzburg das 27. Internationale Rechtsinformatik Symposium (IRIS) statt. Ledthema sind dieses Jahr sogenannte juristische Sprachmodelllegal Language Models.

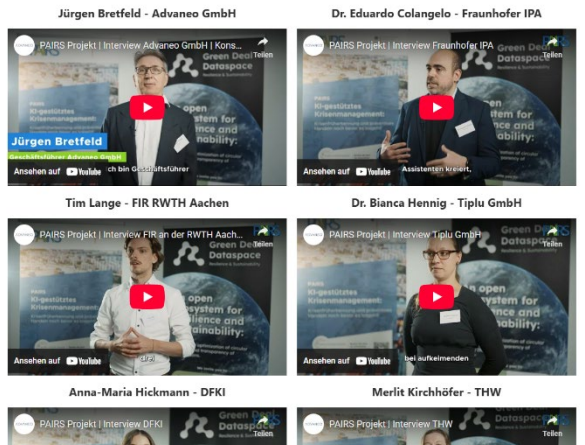
Maximilian Leicht LL.M. und Niko Wiedenmann LL.M. werden mit einem Vortrag zum KI-Training nach dem neuen EU-Datenschutz vor Ort sein.

Außerdem referiert Niko Wiedenmann gemeinsam mit Professor Christoph Sorge zur Zulässigkeit der Konstruktivierung der Anonymisierungsbedingungen aus der DSGVO mittels des § 31 Abs. 3 Abs. 3 Abs. 6. Die Anonymisierung von personenbezogenen Daten ist eines der bestimmenden Themen der datenschutzrechtlichen Forschung.

Internationales Rechtsinformatik Symposium 2024



Partnerinterviews



PAIRS Abschlussevent mit Präsenz auf der Website sowie Partnerinterviews

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das Projekt PAIRS hatte ein Gesamtvolumen von ca. 14 Mio. Euro. Das Fördervolumen betrug ca. 10 Mio. Euro. Gemessen am Gesamtvolumen machten die Personalkosten ca. 81,3%, vergebene Unterbeauftragungen ca. 12,4% sowie Sachkosten (inkl. Reisekosten) ca. 6,3% aus.

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Gemessen an den eingangs dokumentierten Projektziel, eine serviceorientierte, offene Dateninfrastruktur in Form eines Datenraumes zu etablieren, mit dem Krisen domänenübergreifend früh erkannt und antizipiert werden können, können die geleisteten Arbeiten im Projekt als vollumfänglich notwendig und angemessen bewertet werden.

Es wurden domainüberspannend innovative KI-Services prototypisch entwickelt und in gesellschaftlich und wirtschaftlich relevanten Anwendungsfeldern verprobt. Mit dem Supply Chain Radar wurde ein ganzheitliche Krisenmanagementlösung entwickelt, die orientiert an den Bedürfnissen von KMU, das Potenzial in sich trägt, zu einer nachhaltigen, kommerziellen Lösung zu reifen. Das geschaffene Datenökosystem bietet ein Fundament und Anschlussfähigkeit für weitere Service- und Produktentwicklungen. Die zahlreichen, u.a. international prämierten, wissenschaftlichen Publikationen haben wichtige Erkenntnisse geliefert, auf der zukünftige Forschung und Entwicklung aufbauen kann.

Das mitten in der Covid-Pandemie gestartete Projekt leistete darüber hinaus wichtige Erkenntnisse bezüglich der Bedeutung einer validen Datenbasis für evidenzbasierte Entscheidungen in Krisensituationen. Die Datenverfügbarkeit war nicht nur im PAIRS Projekt eine kritische Größe. Auch die „Schwesterprojekte“ im Förderaufruf litten unter einer mangelhaften Datenverfügbarkeit für ihre Krisen- und Resilienz Themen. Vor diesem Hintergrund konnte mit dem gemeinsam geschaffenen ResilienceMesh ein Daten- und Servicekatalog der Projekte PAIRS, CoyPu und SPELL aufgebaut werden, auf den Folgeprojekte zukünftig zurückgreifen können. Der ResilienceMesh wird als Cluster im Rahmen des Green Deal Dataspace weiterentwickelt und damit auch nachhaltig im Sinne eines besseren Bevölkerungsschutzes und einer resilienteren Wirtschaft wirken.

4. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Bereits in vorangegangenen Ausführungen wurde auf den Nutzen sowie die Anschluss- und Verwertbarkeit der Projektergebnisse eingegangen. Nachfolgend stellen wir in einer Übersicht den Verwertungsplan aus einer Gesamtsicht der Projektpartner zusammen.

KI-Module im PAIRS-Projekt

Die geschaffenen Prototypen der KI-Modelle sollen in Anschluss-F&E-Projekten in Zusammenarbeit mit Anwendungspartnern aus Wirtschaft und Organisationen des Zivilschutzes zu nutzbaren, auch kommerziellen KI-Services weiterentwickelt werden. Hierbei wird vor allem an der Präzision und Robustheit der Modelle, der Halluzinationsbereinigung, der Knowledge Distillation für kleinere, domainspezifische Modelle und dem Schutz sensibler Daten durch RAG-Modelle eine wichtige Rolle spielen.

Aufgrund der modularen Struktur lassen sich einzelne KI-Services als Docker-Container in bestehende Dataspaces und Plattformen integrieren und wie bereits in der Schlussphase der Projektlaufzeit geschehen, in einer Gesamtlösung, wie dem Supply Chain Radar zuführen.

Im **Anwendungsfeld Produktion/Supply Chain/Logistik** wurde mit dem **Supply Chain Radar (SCR)** ein Frühwarnsystem für Lieferketten entwickelt. In der Weiterentwicklung soll der SCR insbesondere auf europäische Anforderungen für Risikomanagement und ESG-Themen eine wichtige Rolle spielen. Der Supply Chain Radar als Krisenmanagementlösung für KMU beinhaltet konzeptionell zahlreiche Aspekte, die für eine erfolgreiche Markteinführung sprechen: Er ist als SaaS-Lösung für KMU auch ohne eigene IT-Infrastruktur leicht adaptierbar, er ist schnell auf den individuellen Bedarf konfigurierbar und angesichts seiner offenen Datenraum-Architektur flexibel erweiterbar (Daten + Services) und skalierbar. Die Aktivitäten in Hinblick auf Partnergewinnung zur Kommerzialisierung und Markteinführung laufen wie geplant. Für 2026 ist eine erste kommerzielle Lösung des SCR geplant. Aufgrund der modularen Struktur lassen sich im SCR Services – wie in einem App-Store – einbinden. Anwender können spezifische Services dazubuchen. Ziel ist es, einen KI-Marktplatz für Apps zu etablieren und vor allem Startups zu motivieren innovative Lösungen beizusteuern.

Der im **Anwendungsfeld Gesundheit** erarbeitete Prototyp zur **Epidemieerkennung** beinhaltet, laut der involvierten Konsortialpartner, Erfolgsaussichten für eine Standalone-Lösung. Hierbei werden insbesondere im Fall einer Zusammenarbeit mit dem RKI, Erweiterungsmöglichkeiten der Epidemieerkennung durch die Aufnahme öffentlich zugänglicher Daten verschiedener Gesundheitsorganisationen (DIVI, RKI, WHO u.a.) gesehen.

Der Nutzen der Lösung **PAIRSmed zur Materialbedarfsprognose in Krankenhäuser** kann am Beispiel eines Pilotsystems in einem großen Klinikum simuliert und live demonstriert werden. Die weiteren Verwertungschancen hängen wesentlich von den zukünftig zur Verfügung stehenden Prognosedaten ab. Hier wird noch weitere Entwicklungsarbeit notwendig sein. Sollten hier in den nächsten Jahren die erforderlichen Daten bereitstehen, würde dies die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten zu einem breiten Einsatz von PAIRSmed wesentlich erhöhen.

Im **Anwendungsfeld Energie** wird in den kommenden zwei Jahren angestrebt, das im Projekt erworbene Wissen zur Beratung von Verteilnetzbetreibern und anderen Akteuren der Energiedomäne zum datensouveränen Teilen von Daten und den sich daraus ergebenden Möglichkeiten zu verwerten. Darüber hinaus wird geprüft, ob und wie die technologischen Projektergebnisse aus PAIRS im Rahmen des DFG-Projekts NFDI4energy für den Aufbau einer Datenplattform für Energieforschung genutzt und weiterentwickelt werden können.

Im **Anwendungsbereich des Bevölkerungsschutzes und des operativen Katastrophenschutzes** werden die Projektergebnisse, insbesondere die entwickelten KI-Tools „Operations Planning/ ProPlan“ und „Materialbedarfsplanung“ weiterentwickelt und genutzt. Das Lagerverwaltungstool wird voraussichtlich im gesamten THW ausgerollt zur weiteren strukturierten & standardisierten Datensammlung dienen.

Auch die Anpassung des aus dem Projekt Driver+ entstandenen TMT-Tools werden sowohl TNO weiterhelfen als auch beim THW ist das Tool jetzt verankert und kann in weiteren Forschungsprojekten oder in Übungen genutzt werden.

Die Ergebnisse werden außerdem bei zukünftigen Forschungsvorhaben berücksichtigt und möglichst weitergeführt. Durch eine starke Vernetzung und Mitwirkung des THW in der Domäne der zivilen Sicherheitsforschung / des Bevölkerungsschutzes werden die Ergebnisse dort weitergetragen.

Daten-Ökosysteme, Datenverfügbarkeit

Mit der Gründung eines eingetragenen, nicht-gewinnorientierten Vereins in Deutschland wurde für das Projektziel „Aufbau eines Daten-Ökosystems“ eine eigenständige Entität (Green Deal Dataspace e.V.) geschaffen, die eine nachhaltige, auch wirtschaftliche Anschlussfähigkeit sichert. Zwei Anschlussprojekte, ein nationales (ScaleTrust)¹⁶ und ein

¹⁶ www.scaletrust.de, Stand 30.05.2025.

europäisches (CIRCMAN 5.0)¹⁷ F&E-Projekt wurden bereits akquiriert und schaffen die Basis für den weiteren Aufbau des Daten-Ökosystems.

Der gleichzeitig im GDDS geschaffene **ResilienceMesh** soll als Cluster für datengetriebene Krisen- und Resilienzforschung insbesondere für robuste und nachhaltige Lieferketten ausgebaut werden. In Kooperation mit weiteren Partnern aus anderen F&E-Projekten wird an einer Verstärkung und Anschlussprojekten gearbeitet. Hierbei gibt es bereits erste Überlegungen in Richtung eines spezifischen LLM für Lieferketten.

Wissenschaftliche Weiterverwertung

Die erarbeiteten Projektergebnisse bieten vielfältige Anschlussfragen für akademische Lehr- und Forschungsthemen, für Master-Arbeiten, Dissertationen und wissenschaftliche Publikationen. Die Projektergebnisse sollen in weiteren Forschungsprojekten aufgegriffen und weiterentwickelt werden. Darüber hinaus sollen die wissenschaftlichen Ergebnisse auch mit Industriepartnern zur Anwendung gebracht werden.

Zusammenfassend wurden im PAIRS Projekt wichtige Ergebnisse geschaffen, die einen bedeutsamen Beitrag für die internationale Wettbewerbsfähigkeit und einer Erhöhung der digitalen Souveränität des Standortes Deutschland leisten und vielfältige wirtschaftliche und wissenschaftliche Verwertungschancen beinhalten. Auf der PAIRS-Website werden auch nach Projektende die Ergebnisse der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt und mehr und mehr von der Öffentlichkeitsarbeit des ResilienceMesh im GDDS flankiert und fachlich weitergeführt. Damit tragen wir zum Technologietransfer und zur Erhöhung der Resilienz in Wirtschaft und Gesellschaft bei.

Mit Unterstützung der universitären Kontaktstellen für Wissens- und Technologietransfer sollen Spin-Offs angeregt werden, um die Projektergebnisse auch wirtschaftlich in den nächsten 3-5 Jahren wiederzuverwerten.

5. Des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Zu Projektbeginn 2021 waren Dataspaces vor allem ein strategisches Ziel der europäischen Datenpolitik. Seither hat sich das Konzept rasant weiterentwickelt: Technische Referenzarchitekturen wie die IDS- und EDC-Komponenten wurden konkretisiert, erste

¹⁷ www.circman5.eu ,Stand 30.05.2025.

sektorale Pilotprojekte – etwa in Mobilität, Automotive oder Industrie – erfolgreich umgesetzt. Aus diesen Leuchtturm-Initiativen sind inzwischen produktive Datenräume entstanden, die standardisierte, interoperable und DSGVO-konforme Dateninfrastrukturen bereitstellen. Erste Dataspaces ermöglichen heute einen vertrauenswürdigen, souveränen und fairen Datenaustausch zwischen Unternehmen und Organisationen – und bilden so eine zentrale Grundlage für datengetriebene Innovationen und neue Geschäftsmodelle in Europa.

Im Projektverlauf haben KI, LLMs und Graph-Technologien enorme Fortschritte gemacht: Transformer-Modelle wurden zu leistungsstarken LLMs weiterentwickelt, die Sprache verstehen und generieren. Gleichzeitig ermöglichen Wissensgraphen eine strukturierte, kontextbasierte Datenvernetzung. KI-Modelle werden zunehmend multimodal, erklärbar und in Anwendungen integriert – ein Sprung in Richtung intelligenter, vernetzter Systeme.

Graphen ermöglichen kontextreiche, semantische Verknüpfungen von Datenräumen, während LLMs neue Formen der Dateninteraktion schaffen. KI-basierte Analysen und Services steigern den Mehrwert geteilter Daten – ein zentraler Schritt hin zu intelligenten, vernetzten Datenökosystemen.

Diese Entwicklungen wurden soweit möglich im Projekt aufgegriffen und werden in Verbindung mit Entwicklungen in den „Schwesterprojekten“ des Förderaufrufs im Rahmen des ResilienceMesh für zukünftige Projekte dienlich sein.

Aus den anderen Schwesterprojekten haben wir folgende synergetischen Entwicklungen und Projektergebnisse identifiziert:

- zusätzliche Daten für potenziell krisenauslösende Events (CoyPu, DAKI FWS)
- Nutzung von zusätzlichen KI-Services (CoyPu, ResKriVer, SPELL)
- Kooperation in der KnowledgeGraph- und Datenkatalog- Implementierung (CoyPu)
- Zusätzlicher Service für Handlungsempfehlungen und -optionen für den Supply Chain Radar (KISS)
- Austausch über Lieferkettendaten (ResKriVer)
- Erweitertes Netzwerk für Vermarktung (CoyPu, ResKriVer, SPELL, KISS, DAKI FWS)

6. Veröffentlichungen

Folgende Publikationsaktivitäten fanden im Rahmen des Projekts statt:

DFKI:

1. Maaß, W. (2024). Geschäftsmodelle. In G. Borges, U. Keil & M. Berberich (Hrsg.), *Big Data: Grundlagen, Rechtsfragen, Vertragspraxis: Rechtshandbuch* (Kap. 2, S. 67–97). Nomos.
2. Saxena, P., Janzen, S., & Maaß, W. (2024). Adaptive Knowledge Distillation for Efficient Domain-Specific Language Models. In: *Women in Machine Learning Workshop (WiML 2024) at NeurIPS, Vancouver, Canada*.
3. Agnes, C., & Maaß, W. (2024). From Stateless to Adaptive: Dynamic Personalization for Conversational Language Models. In: *WiML 2024 at NeurIPS, Vancouver, Canada*.
4. Janzen, S., Stein, H., & Baer, S. (2024). GRASPER: Leveraging Knowledge Graphs for Predictive Supply Chain Analytics. In: *AISA'2024 at ER-2024, Pittsburgh, USA*.
5. Janzen, S., & Stein, H. (2024). Beyond One-Fits-All: A Case Study Approach to AI System Design Methods. In: *AISA'2024 at ER-2024, Pittsburgh, USA*.
6. Abdel Khaliq, L., Janzen, S., & Maaß, W. (2024). REAVER: Real-time Earthquake Prediction with Attention-based Sliding-Window Spectrograms. In: *IJCAI-2024, Jeju, Korea*.
7. Saxena, P., Janzen, S., & Maaß, W. (2024). Newspaper Signaling for Crisis Prediction. In: *NAACL 2024, Mexico City, Mexico*.
8. Janzen, S., Gdanitz, N., Kirchhöfer, M., Spanke, T., & Maaß, W. (2024). From Data to Action: A Graph-Based Approach for Decision Support in Civil Protection Operations Planning. In: *ISCRAM 2024, USA*.
9. Janzen, S., Saxena, P., Baer, S., & Maaß, W. (2024). 'Listening In': Social Signal Detection for Crisis Prediction. In: *HICSS 2024, USA*.
10. Stein, H., Janzen, S., Haida, B., & Maaß, W. (2024). Digital Resilience in Flux: A Comparative Analysis in Manufacturing Pre- and Post-Crisis. In: *HICSS 2024, USA*.
11. Gdanitz, N., Janzen, S., Stein, H., Harig, A., & Maaß, W. (2023). ADA: Automatic Data Annotation for Data Ecosystems. In: Fundulaki, I., Kozaki, K., Gomez-Perez, J. M., & Garijo, D. (Hrsg.), *ISWC 2023 Posters, Demos and Industry Tracks*, Springer, Athens, Greece.
12. Janzen, S., Ahiagble, A. P., Abdel Khaliq, L., Gdanitz, N., Saxena, P., Mithare, P., Skrytskyi, D., & Maaß, W. (2023). PAIRS – Privacy-Aware, Intelligent and Resilient Crisis Management. In: *ER-2023, CEUR-WS.org*.

13. Janzen, S., Harig, A., Gdanitz, N., Stein, H., Öksüz-Köster, N., & Maaß, W. (2023). Decoding Resilience: A Graph-based Approach for Organizational Resilience Assessment. In: ER-2023, CEUR-WS.org.
 14. Gdanitz, N., Abdel Khaliq, L., Ahiagble, A. P., Janzen, S., & Maaß, W. (2023). POWOP: Weather-based Power Outage Prediction (Best Poster Award). In: IntelliSys 2023, Amsterdam, Netherlands.
 15. Janzen, S., Baer, S., Ahiagble, A. P., & Maaß, W. (2023). Tackling Non-transparency - Identification of Hidden Problems in Component-Based Supply Chains. In: ISCRAM 2023, Omaha, Nebraska, USA.
 16. Janzen, S., Gdanitz, N., Abdel Khaliq, L., Munir, T., Franzius, C., & Maaß, W. (2023). Anticipating Energy-driven Crises in Process Industry by AI-based Scenario Planning. In: HICSS-2023, Maui, Hawaii, USA.
 17. Leachu, S., Janßen, J., Gdanitz, N., Kirchhöfer, M., Janzen, S., & Stich, V. (2023). Cascading Scenario Technique Enabling Automated And Situation-based Crisis Management. In: CPSL-2023, Santiago de Querétaro, Mexico.
 18. Maaß, W., Castellanos, A., Tremblay, M., Lukyanenko, R., Storey, V. C., & Almeida, J. S. (2023). Conceptual Alignment Method. In: AMCIS-2023, AIS.
 19. Harig, A., Janzen, S., & Maaß, W. (2022). MANGQ: Towards Natural Language Interfaces for Knowledge Graphs. In: WITS-2022, Kopenhagen, Denmark.
 20. Abdel Kaliq, L., Janzen, S., & Maaß, W. (2024). Unleashing the Unpredictable: Generating Context-Driven Synthetic Black Swans. In: ICIS-2024, Bangkok, Thailand.
 21. Janzen, S., Gdanitz, N., Kirchhöfer, M.; Maass, W. (2024). Improving Resilience in Civil Protection based on Knowledge Graphs. In: International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM), 2024.
 22. Janßen, J., Schröer, T., Schuh, G., Boos, W. (2023). Derivation of the Data Attributes for Identification of Incorrect Events in Supply Chain Event Management. In: Alfnes, E., Romsdal, A., Strandhagen, J.O., von Cieminski, G., Romero, D. (eds) Advances in Production Management Systems. Production Management Systems for Responsible Manufacturing, Service, and Logistics Futures. APMS 2023. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 692. Springer, Cham.https://doi.org/10.1007/978-3-031-43688-8_47
- FIR:**
23. Boos, W., Stroh, MF., Phalachandra, R.H., Selvi, S., Boersma, S., Benning, J. (2023). Measuring Acceptance and Benefits of AI-Based Resilience Services. In: Alfnes, E., Romsdal, A., Strandhagen, J.O., von Cieminski, G., Romero, D. (eds) Advances in Production Management Systems. Production Management Systems for Responsible Manufacturing, Service, and Logistics Futures. APMS 2023. IFIP Advances in

Information and Communication Technology, vol 690. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-43666-6_9

Advaneo:

24. Stumpf, Ann-Kathrin: Resilienz durch KI. Chancen durch die Integration von künstlicher Intelligenz im Kulturbetrieb, in: Das Magazin von Kultur Management Network, Nr. 177: Resilienz, 03/04 2024, S. 106-112.

OFFIS:

25. Requirements Engineering Approach for Data Ownership Concepts, in: Journal „Sustainability“, MDPI Verlag (angenommen).

Fraunhofer IPA:

26. Einreichung von zwei Papern bei der CIRP CMS 2024 (im Mai 2024) wurde vorbereitet.
27. Hinrichsen et al., „Function-based Approach for Supply Chain Resilience“ CIRP CMS 2023
28. Simulation Discovery and Semi-Automatic Scenario Generation for Evaluation of Turbulence in Production Systems (Veröffentlichung noch ausstehend).
29. Design Aspects of Procurement to Increase Resilience – A Review of the State of the Art (Veröffentlichung des Papers noch nicht erfolgt).

UdS:

30. Stefan Hessel und Maximilian Leicht: Datenschutzrechtliche Verantwortlichkeit in der Forschung. Zum Spannungsverhältnis zwischen der Forschungsfreiheit und der DSGVO, In Datenschutz und Datensicherheit - DuD, volume 46, no. 5, pp. 305–309, 2022.
31. Lena Leffer und Maximilian Leicht: Datenschutzrechtliche Herausforderungen beim Einsatz von Trainingsdaten für KI-Systeme, In Recht DIGITAL – 25 Jahre IRIS: Tagungsband des 25. Internationalen Rechtsinformatik Symposions IRIS 2022 / Recht DIGITAL – 25 Jahre IRIS: Proceedings of the 25th Legal Informatics Symposium IRIS 2022, Österreichische Computer Gesellschaft, pp. 89–98, 2022. (Ausgezeichnet mit dem 1. Platz beim LexisNexis Best Paper Award)
32. Maximilian Leicht und Leo Dessani: Federated Learning als Chance für datenschutzfreundliche KI?, In Telemedicus – Recht der Informationsgesellschaft, Tagungsband zur Sommerkonferenz 2022 (Gräfe H.-C./Telemedicus, ed.), Deutscher Fachverlag, pp. 196–210, 2022. (sowie als Beilage der K&R 12/2022)
33. Nils Wiedemann: The Regulation on the European Health Data Space and its Effects on the Secondary Use of Health Data for the Development of Artificial Intelligence Systems within the European Union, In Proceedings of the Befai2+Emai, LoReTra, AIR, ODR workshops associated with the 19th International Conference on Artificial

Intelligence and Law (ICAIL) 2023. 19th June 2023, Braga, Portugal, CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), RWTH Aachen, 2023. (zur Veröffentlichung angenommen)

34. Thorsten Conrad, Diogo Sasdelli, Nils Wiedemann und Alessia Zornetta: Datenschutzrechtliche Anforderungen an KI-gestützte Plattformen zur Krisenbewältigung, In Tagungsband des 26. Internationalen Rechtsinformatik Symposions IRIS 2023, Österreichische Computer Gesellschaft, 2023. (in: Jusletter IT 30. März 2023. (Ausgezeichnet als Top 10-Paper beim LexisNexis Best Paper Award))
35. Nils Wiedemann und Maximilian Leicht: Supply Chain Data Sharing: Evaluating Challenges and Opportunities of EU Data Law, In NYCU Law Review, pp. 133–188, 2024. (Präsentiert im Rahmen der Asian Law Schools Association (ALSA) Law and Technology Conference 2023 in Hsinchu, Taiwan.)
36. Nils Wiedemann, Thorsten Conrad und Simone Salemi: Bereitstellung von Daten nach dem Data Act – Offene Fragen und verbleibende Probleme, In Kommunikation & Recht (K&R), dfv Mediengruppe, no. 3, pp. 157–163, 2024
37. Christoph Sorge und Nils Wiedemann: Kommentierung der Artikel 33, 34, 35 & 36 Data Act, Kapitel in Data Act, Data Governance Act (Louisa Specht, Hennemann Moritz, eds.), Nomos, 2. Auflage, pp. 588–675, 2025.
38. Christoph Sorge, "Cybersicherheit", in: Dornis/Eichelberger/Seckelmann, Stichwortkommentar Künstliche Intelligenz, Nomos Verlag, im Erscheinen (vss. 2025)