Schlussbericht

Port_AI

Teilvorhaben: XR-Infrastruktur für port_AI

Zuwendungsgeber:	BMVI / BMWi
Förderkennzeichen:	19H21004C
Projektlaufzeit:	1.12.2021 – 28.02.2025
Berichtslaufzeit:	1.12.2021 – 28.02.2025

Berichtspflichtiger: S.K.M. Informatik GmbH

Projektleitung: Dipl.-Ing. Andreas Schroeder

port AI smart infrastructure

dhp:i Dr. Hesse und Partner Ingenieure

WK CONSULT

SKM Informatik

GIH

Technische Universität Braunschweig

Niedersachsen Ports

WSV.de Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

BAW Bundesanstalt für Wasserbau

NLWKN Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

– Bitte Papier sparen und doppelseitig ausdrucken –

I. Kurzdarstellung

1. Aufgabenstellung

Das Projekt port_AI verfolgte das Ziel, ein Hafenbauwerk in seiner Gesamtheit mittels digitaler und automatisierbarer Methoden in einem digitalen Modell als volldigitaler Zwilling abzubilden. Dadurch sollte eine erheblich genauere und im Hinblick auf die Beurteilung seines Erhaltungszustandes und seiner Restlebensdauer zuverlässigere und effizientere Abbildung der Realität ermöglicht werden. Um dieses Ziel zu erreichen, sollen neuartige Mess-, Analyse- und Auswerteverfahren sowie innovative Abläufe zur Bestandsdatenerfassung entwickelt werden, um die hierfür notwendige Datenbasis echtzeitfähig zu erzeugen.
Zentral genutzte technologische Bausteine, auf denen dieses Vorhaben aufbaut, sind schnelle 5G Datenübertragung, die Nutzung von AR- und VR-Methoden, die Nutzung von teilautonomen UAV und multisensorischer Smartphones und der breite Einsatz von IoT-Technologie.

SKM fokussierte sich auf Entwicklung von XR-Applikationen für Mobilgeräte und Wearable-Devices zur MMI-unterstützten Visualisierung von Schäden und Bauwerksdaten – bestehend aus XR-Lösungsbausteinen für eine flexible und skalierbare Infrastruktur mit Data-Backend-Komponenten, Web-Services und Frontend-Anwendungen.
Neben der Evaluierung vorhandener Lösungsframeworks waren die arbeitsteilige Definition der benötigten Schnittstellen der Partneranwendungen und die Konzipierungen genereller SKM-Web-Services für XR-Datendienste, XR-Anwendungskopplungen sowie die XR-Apps (AR/MR/VR) wesentlicher Inhalt der Entwicklungsarbeiten.

Im Kontext der Gesamtziele des Verbundprojektes ergaben sich für die Integration von XR-Technologien folgende Arbeits-schwerpunkte:

- Erfassung der Referenzprozesse und Analyse der Workflows und Informationsobjekte
- Analyse und Bewertung von XR-Technologien im Monitoring großer Hafenbauobjekte
- Evaluation IT-Infrastruktur und Entwicklungsplattformen für Integration von XR-Technologien
- Entwicklung MMI-Basiskonzepte mit mobilen Endgeräten (Handeheld – Touch, Headmounted – Gestik)
- Validierung und Bestimmung der Toleranzen für AR—Positionierung und Tracking
- Entwicklung spezifischer Informationsobjekte für AR-Echtzeitanforderungen
- Entwicklung eines spezifisches Daten-Serialisierungskonzept für AR-Datencontainer
- Entwicklung von Algorithmen zur AR-gerechten Optimierung & Fusionierung komplexer Daten
- Entwicklung und Umsetzung einer Dateninfrastruktur zur Abbildung des digitalen Prozesses

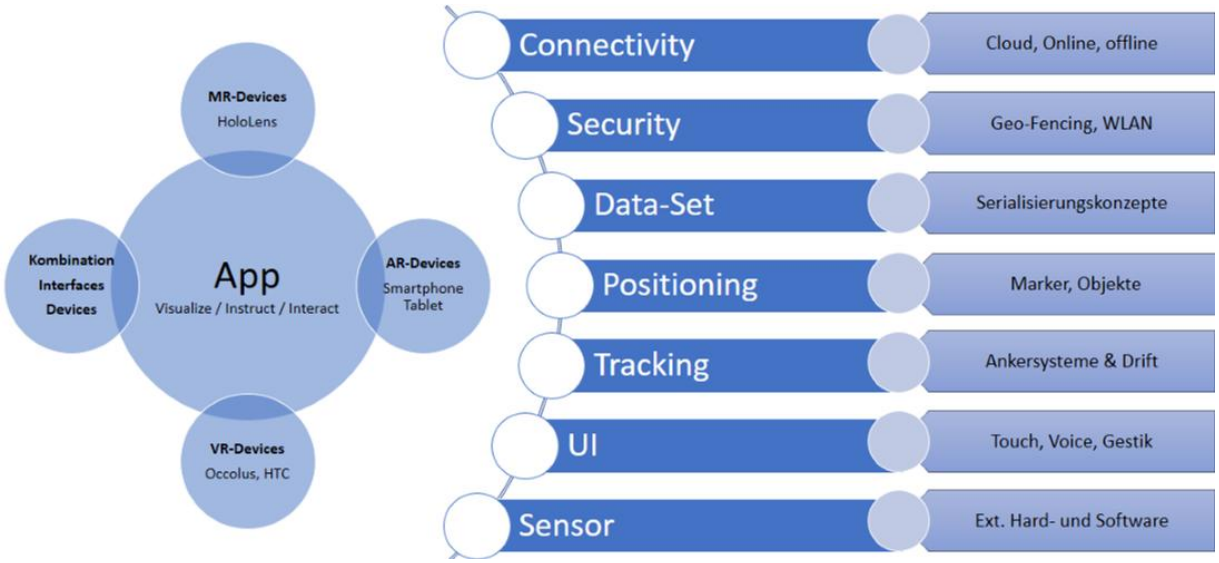


Abb-1: Handlungsfelder, Architekturebenen und Komponenten integrierter XR-Lösungen mit Fokus AR

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

SKM betreut seit 1990 mit 40 Spezialisten weltweit Firmen bei der Einführung und dem Einsatz von CAD/CAM/IT-Technologien und verfügt über ein erfahrenes Entwicklerteam für die 3 eigenen Produkte TT-PLANT (CAD), DCAM (CAM) und SKM-XR – mit hohen Synergieeffekten.

Abb-2: SKM-Produktentwicklung seit 30 Jahren – Fokus auf grafische Anwendungen (CAD/CAM/XR)

Bezogen auf das Technologievorhaben verfügt SKM über eine hervorragende Expertise in Entwicklung von XR-Technologiemodulen:

Abb-3: AR-Referenzen aus Bauwesen und Rohrleitungsbau

Durch die schrittweise Vorgehensweise - von Vorab-Mockups hin zu kompletten Testumgebungen – wurde eine frühe und laufende Einbeziehung aller Projektpartner ermöglicht, die Projekt-Risiken gesenkt und der IT-Entwicklungsdynamik Rechnung getragen.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Zur Erreichung der Zielstellungen im Vorhaben wurden die Arbeitsaufgaben in die nachfolgenden Arbeitspakete strukturiert und zeitlich geplant:

	dhp:i	WKC	SKM	LUH	TU-BS	NPORTS	NLWKN
Teilvor-haben	Adaptive Sensorik zur Zustandserfassung	Lebensdauer, Stresslevel, InspectApp	XR-Infrastruktur für port_AI	KI-basierte Fusionsstrategien	Automatische Schadenserkennung	Smarte Dateninfrastruktur und BIM-Bw-inspektion	Intelligente Sensorik in kritischer Infrastruktur
AP 100 Konzeption	AP 110	AP 120	AP 130	AP 140	AP 150	AP 160	Assoziierter Partner
	• Konzept zur Echtzeitüber-wachung von Hafenbau-werken • Analyse und Auswahl von Sensoren für das kontinu-ierliche Bauwerksmoni-toring • Konzeptionierung von IoT Sensorknoten • Konzept für den Aufbau eines Geosensor-Meshes für Über- und Unterwas-sersensoren • Definition von Dienste-basierten IoT Protokollen für heterogene Sensor-daten • Konzept für einen hochgenauen 7-DOF Georeferenzierungsdienst • Design einer Datenbank-struktur für heterogene Monitoringdaten	• Konzeption BigData basiertes Pre-Planning von Bw.-insp. • Handlungsempfehlungen für automatische Prüfabläufe • Definition Metadatenkatalog zur Unterstützung von Prognosemodellen • Konzept zur Nutzung von BIM- und Verformungsmodellen für die mobile Bauwerksinspektion • Konzept zur dynamischen und flächenhaften Visualisierung multipler Zustandsparameter	• Evaluation von Frameworks & XR-Backend • Konz. XR-Publishing und Integration für XR-Anwendungen • Konzeption Mobil Inspect App zur Überlagerung Altschäden – XR-Unterstützung Inspektion • Konzeption XR-Engineering-App für Visualisierungsunterstützung Lifecycle- Engineering	• Definition der Schnittstellen und Konzepte zur Aggregation der Daten aus dem Datencenter • Validierungsstrategien zwischen Monitoringdaten und Expertenwissen (Physik. Wissen) für die Qualitätsbetrachtung • Aufstellen eines deterministischen Schätzmodelles für die Modellkalibrierung • Verfahren zur automatischen Qualitätsbeurteilung von Monitoringdaten für die FEM-Kalibrierung	• Auslegung von Flugsystem und Kamera • Konzeption der lokalen Maßstabsschätzung aus smartphone-basierten Bildverbänden • Konzeption der automatischen Rissdetektion und Deformationsmessung aus kombinierten UAV- und smartphone-basierten Bildverbänden • Definition von Schnittstellen und Übergabeformaten	• Definition von Zustandspara-metern für den Bauwerkszustand aus Sicht Seehafen • Definition von Anforderungen zur dezentralen App-basierten Bauwerksprüfung • Definition von Parametern zur dynamischen und flächenhaften Visualisierung multipler Zustandsparameter für Verkehrswasserbauwerke • Schnittstellen zur Datenübergabe aus Datenbanken in die modellbasierte Bauwerksprüfung	• Definition von Zustandsparametern für den Bauwerkszustand aus Sicht der kritischen Infrastruktur • Definition von Anforderungen an Sensorik aus Sicht der kritischen Infrastruktur
	➢ SKM, WKC, NPorts, NLWKN, WSV, BAW	➢ dhp:i, SKM, NPorts, NLWKN	➢ WKC, dhp:i, LUH, TU-BS, NPorts, NLWKN	• dp:i, WKC, SKM, TU-BS, NPorts	➢ Dhp:i, WKC, SKM, LUH, NPorts	➢ dhp:i, WKC, SKM	➢ dhp:i, WKC, SKM
AP 200 Entwicklung/ Umsetzung	AP 210	AP 240	AP 230	AP 240	AP 250	AP 260	Assoziierter Partner
	• Entwicklung multi-adapti-ver IoT Sensorknoten • Umsetzung eines Datenbackends zur Spei-cherung, Verarbeitung und Visualisierung	• Entwicklung und Umsetzung einer Mobil-App für die modellbasierte Bauwerksprüfung • Entwicklung von Methoden für die statisch-basierte	• Umsetzung XR-Datenkonzept & Publishing • Umsetzung XR-Data-Backend und nutzerbasierte Daten- und Visualisierungsdienste • Entwicklung Mobil Inspect App zur Überlagerung	• Implementierung eines deterministischen Schätzmodelles für die Modellkalibrierung • Entwicklung und Implementierung von Neuronalen Netzen für Erlernen der	• Integration von externen Datenquellen (AIS/Tide) in die Missionsplanung • Automatisierte serverseitige Flug-planung und Übertragung ans UAV • Aufbau des Hardware-Setups (UAV, Kamera, Bodenstation)	• Entwicklung eines dynamischen und automatisierten Prognosemo-dells für die Instandhaltungspla-nung • Entwicklung und Umsetzung von Workflows für ein zentrales Datencenter zur	• Beratung für die Umsetzung eines KPI Dashboards für Bauwerke der kritischen Infrastruktur • Beratung bei der Entwicklung und Umsetzung von
	• Entwicklung von Web-Diensten für die Abfrage von Sensordaten • Implementierung eines Broadcast Dienstes für die hochgenaue 7-DOF Positionierung • Implementierung von Meshing-Verfahren für Sensornetze • Entwicklung echtzeit-fähiger Zeitreihenanalyse-verfahren	Bewertung des Bauwerkszustandes (Biegelinien) • Entwicklung von Verfahren zur Remote-Unterstützung (Video/AR/VR) von Bauwerksprüfungen	Altschäden – XR-Unterstützung Inspektion • Entwicklung XR-Basis-Viewer-Apps für Visualisierungsunterstützung Lifecycle- Engineering	Restabweichungen aus der FE-Modellkalibrierung • Entwicklung und Implementierung von Verfahren für die automatische Bauwerksprüfung (insb. Lebensdauer und Grenzwertanalyse) • Identifikation von relevanten Nachmessungen anhand der Qualität der Modellkalibrierung	• Bildübertragung über 5G • Flugversuche zur Erfassung von Datensätzen für Post-Processing • Implementierung der photogrammetrischen Methodiken zur Kalibrierung, Rissdetektion und Deformationserfassung	Remote-Unterstützung (Video/AR/VR) von Bauwerksprüfungen • Umsetzung von einzelnen Datentransfers aus ZIS-ING in das modellbasierte Datacenter • Entwicklung von Verfahren zur georeferenzierten Inspektion von Kompaktbauwerken	Workflows für echtzeitfähige Monitoringverfahren
	➢ WKC, LUH, SKM, NPorts, NLWKN	➢ dhp:i, SKM, LUH, NPorts, NLWKN	➢ WKC, dhp:i, LUH, TU-BS, NPorts, NLWKN	➢ Dhp:i, WKC, SKM, TU-BS, NPorts	➢ WKC, SKM, LUH, NPorts	➢ dhp:i, WKC, SKM	➢ dhp:i, WKC, SKM
AP 300 Integration/ Validierung	AP 310	AP 340	AP 330	AP 340	AP350	AP 360	Assoziierter Partner
	• Integration von IoT Sensornetzen und Edge-Computing in eine reale Hafeninfrastruktur • Integration von echtzeit-Sensordaten in das port_AI Datacenter • Validierung der entwickel-ten Sensorik und Metho-dik bezüglich technischer Funktion • Evaluation der entwickel-ten Sensorik und Metho-dik bezüglich definierter KPI	• Integration von InspectApp und statisch-basierter Bewertung in das Datacenter • Verifikation der Qualität des Datacenters im Rahmen der Bauwerksinspektion an einem Verkehrswasserbauwerk	• Integration XR-Teillösungen zu kompletter XR-Infrastruktur mit BigData-Kopplung • Validierung der XR-Apps im realen Hafenumfeld • Validierung des Gesamtsystems	• Validierung des deterministischen und KI-basierten Schätzmodelles für die Modellkalibrierung • Optimierung der entwickelten Vorgehensweise • Bereitstellung von Neuronalen Netzen für das Transfer-Learning bei anderen ähnlichen Infrastrukturbauwerken	• Systematische Tests zu automatisierten Flugversuchen mit online-Bildübertragung über 5G und zur Genauigkeit der Maßstabsschätzung und Rissdetektion/Deformation aus kombinierten Daten • Validierung aller Verfahren im realen Hafenumfeld	• Integration und Validierung des modellbasierten Datacenters • Aufnahme von drei exemplarischen Verkehrswasser-bauwerken in BigData • Integration von Tools zur von Zustands- und Restlebensdauerprognosen, Erprobung an 5 exempl. Verkehrswasserbauwerken • Integration und Validierung des Verfahrens zur georeferenzierten Inspektion von Kompaktbauwerken	• Integration und Validierung des modellbasierten Datacenters • Aufnahme von drei exemplarischen Bauwerken der kritischen Infrastruktur in BigData • Validierung der echtzeitfähigen Monitorings an drei exemplarischen Bauwerken der kritischen Infrastruktur
	➢ SKM, NPorts, WSV, NLWKN	➢ SKM, LUH, NPorts, NLWKN	➢ WKC, dhp:i, NPorts, NLWKN	➢ WKC, dhp:I, TU-BS, NPorts	➢ Dhp:i, WKC, SKM, LUH, NPorts	➢ dhp:i, WKC, SKM	➢ dhp:i, WKC, SKM

Abb-4: Arbeitsplanung

SKM orientierte sich an der typischen Vorgehensweise in wie Analyse, Anforderungsspezifikation, Definition Entwicklungsumgebung, Feinkonzept, Programmierung-Alpha, Test & Änderungskatalog, Optimierung Beta, SETUP und Dokumentation.

Die Projektdauer war mit 36 Monaten geplant und mit einer kostenneutralen Verlängerung von bis Februar 2025 wurden alle Aufgabenpakete erfolgreich bearbeitet.

4. Wissenschaftlich - technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Die Entwicklung geeigneter Lösungsbausteine für digitale XR-Prozessketten knüpfte im Wesentlichen am aktuellen Stand der IT-Landschaft im Jahre 2021 an. Bezüglich der mobilen Endgeräte waren Handhelds von Apple (iPhone & Tablet mit Lidar) und AR/MR-Brillen wie Microsoft HoloLens-II technologisch das Maß der Dinge und daher fester Bestandteil der Entwicklungs-umgebung.

Abb-5: Technologiemarktführer Apple (AR) mit Lidar-Handheld-Devices und Microsoft (MR) mit Hololens-II im Jahre 2021

Für mobile Augmented- und Mixed Reality gestützte Lösungen in der Industrie konnte im Projekt an eine Vielzahl von Basis- und Sytemtechnologien – neben eigenen SKM- Vorarbeiten der CAD/CAM/XR-Programmierung - angeknüpft werden.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen des Verbundvorhabens wurde im Wesentlichen mit folgenden Partnern eng zusammengearbeitet:

Gesamtkoordinator:

Dr. Hesse und Partner Ingenieure (dhp:i)
Veritaskai 6, 21079 Hamburg
Herr Dr. Christian Hesse

Leibniz Universität Hannover (LUH) – Geodätisches Institut (GIH)
Nienburger Str. 1, 30167 Hannover
Herr Univ. Prof. Dr. Ingo Neumann und PD Dr.-Ing. Hamza Alkhatib

Projektpartner:

WKC Hamburg GmbH (WKC)
Planungen im Bauwesen
Veritaskai 8, 21079 Hamburg
Herr Dipl.-Ing. (FH) Karsten Holste

TU Braunschweig (TU BS) - Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP), Univ. Prof. Dr.-Ing. Markus Gerke und Institut für Flugführung (IFF), Bienroder Weg 81, 38106 Braunschweig
Herr Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Hecker

S.K.M. Informatik GmbH (SKM)
Eckdrift 95, 19061 Schwerin
Herr Dipl.-Ing. Andreas Schroeder

Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG (NPorts)
Hindenburgstr. 26-30, 26122 Oldenburg
Herr Dipl.-Ing. (FH) Folker Kielgast

II. Eingehende Darstellung

1. Erzielte Ergebnisse

Im Projektvorhaben entwickelte XR-Daten- und Visualisierungsdienste und Tools auf der Basis eines einheitlichen weiterentwickelten Datenkonzeptes mit entsprechenden Schnittstellen für ein XR-Data-Backend:

- Einheitlicher XR-Datencontainer für georeferenzierte Modelle & Metadaten
- XR-Publisher-Tools für Import und Optimierung von Daten aus SCAN, CAD, GIS, BIM
- Spezifische JSON - Schnittstellen für GEO-referenzierte Inspektionsdaten (PoI)
- Integrierte Sicherheitskonzepte wie Cloud-Konto, GEO-Fencing, Datum, PIN-Code
- XR-Web-Datenservice mit Online-Autorisierung, Cloud-Speicher, Konvertierung XR-Container
- XR-App-Anwendungen für Smartphone, Tablet, HoloLens, Meta-Quest
- **Skalierbare Datenservices & Apps für IT-Integrationsszenarien**

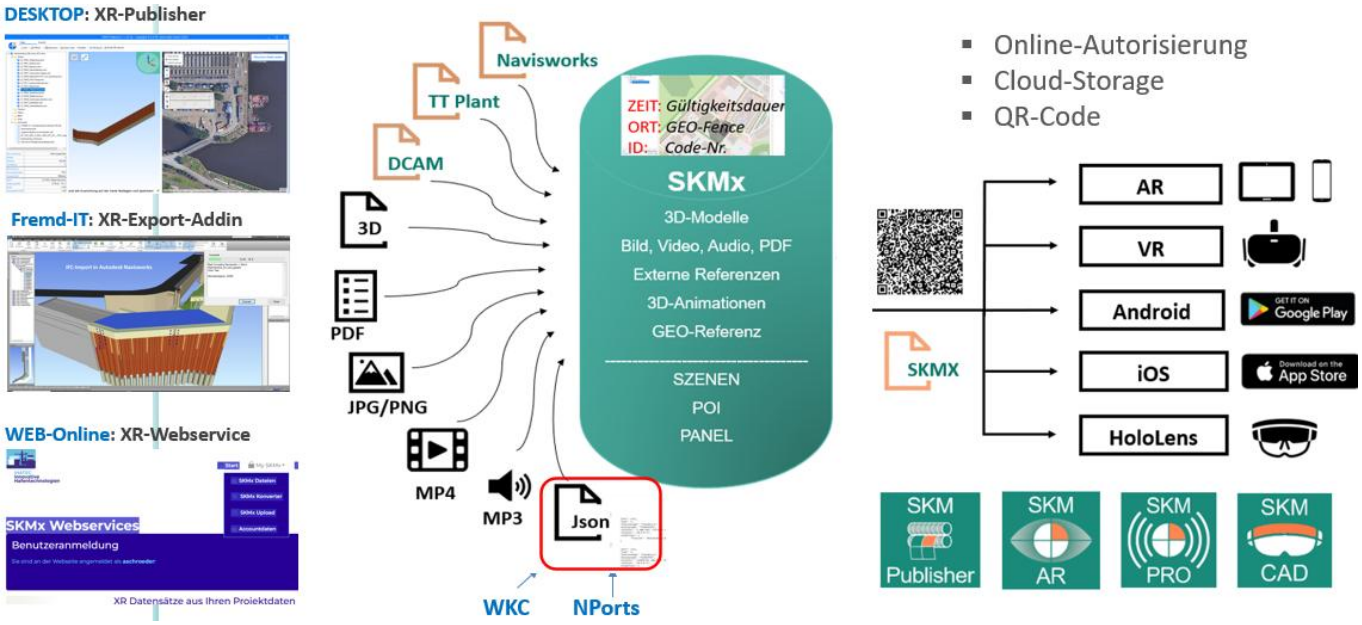


Abb-6: XR-Lösungsarchitektur und kontinuierlich bereitgestellte XR-Testumgebungen für Projektpartner

Abb-7: Sicherer Web-Service für automatische XR-Konvertierung https://portai.skmxservice.com

Für das XR-Daten-Backend wurden sowohl Desktop-Tools für die „manuelle“ Optimierung von Hafen-Inspektionscontent entwickelt – als auch ein flexibler Cloud-gekoppelter XR-Webservice mit hohem Automatisierungspotential implementiert:

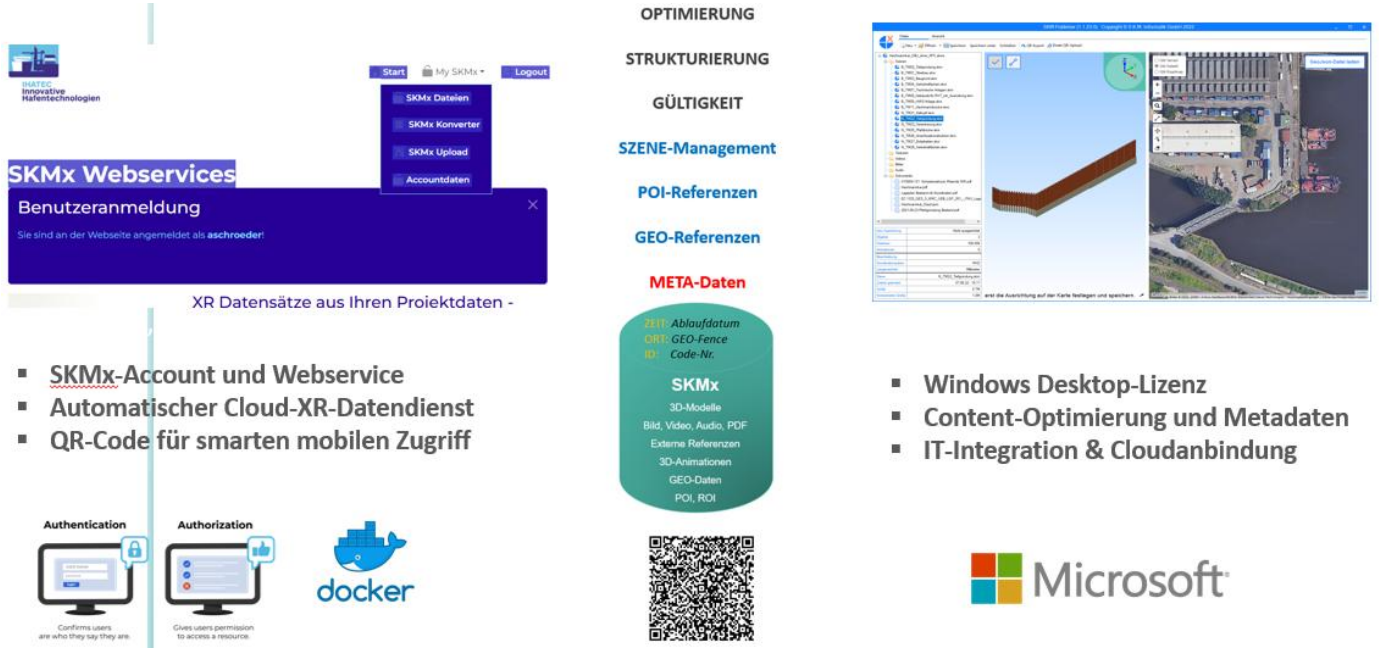


Abb-8: XR-Infrastruktur für automatisierte und/oder manuelle Datenstrukturierung und Bereitstellung via XR-Container + QR

Abb-9: XR-Infrastruktur & Kopplungsszenarien

Hervorzuheben sind die anwendungsspezifischen Erweiterungen der Informationsobjekte, Funktionsbibliotheken und Benutzeroberflächen im Content-Umfeld im Sinne eines generalisierten einheitlichen XR-Datenkonzeptes:

- Erweitertes übergeordnetes Szene Management für kontextbezogene Visualisierung
- Erweitertes PoI-Management (Modellabhängige PoI, SZENE-abhängige POI)
- Umsetzung PANEL-Technik für zeit- und interaktionsgesteuerte Visualisierungszustände
- Optimierung 3D-OBJ-Modelldatenschnittstelle (SCAN-Modelldaten)
- XR-Schnittstellenerweiterung: BIM-IFC (CAD-Modelle) → XR-Container
- XR-Schnittstellenerweiterung: JSON-Import (PoI´s mit Metainfos, Modell & Geo referenziert)

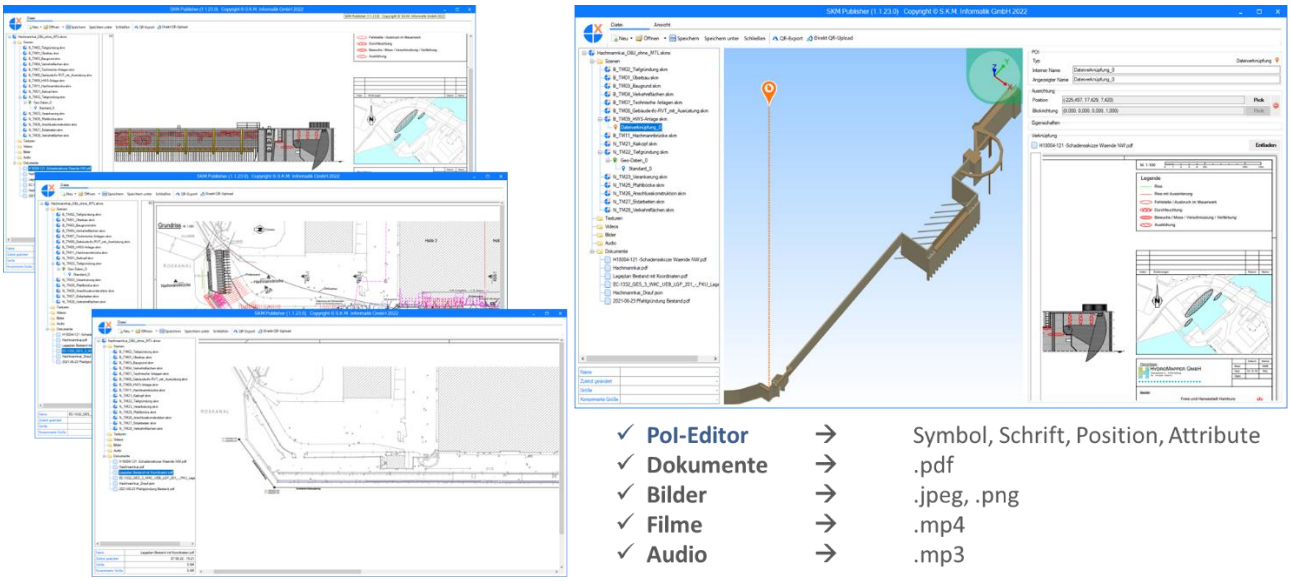


Abb-9: XR-Desktop-Publisher-Benutzeroberfläche mit strukturierten und referenzierten Hafen-Inspektionstestdaten

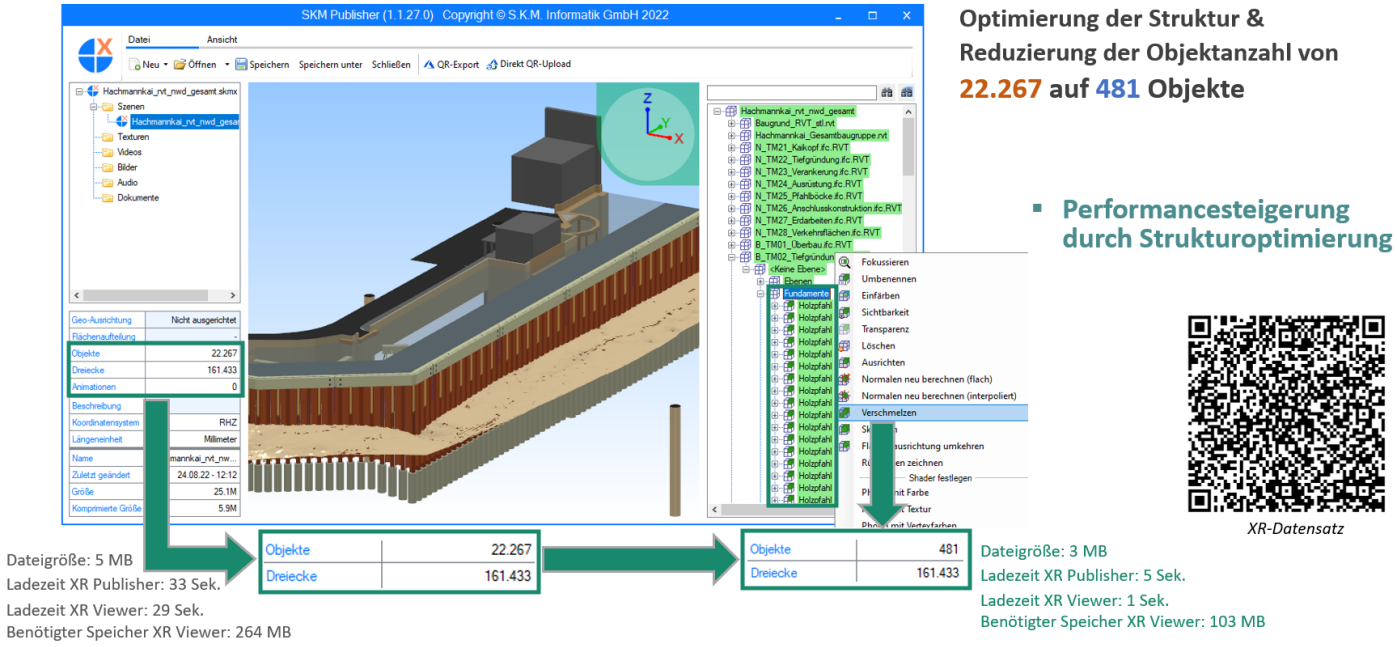
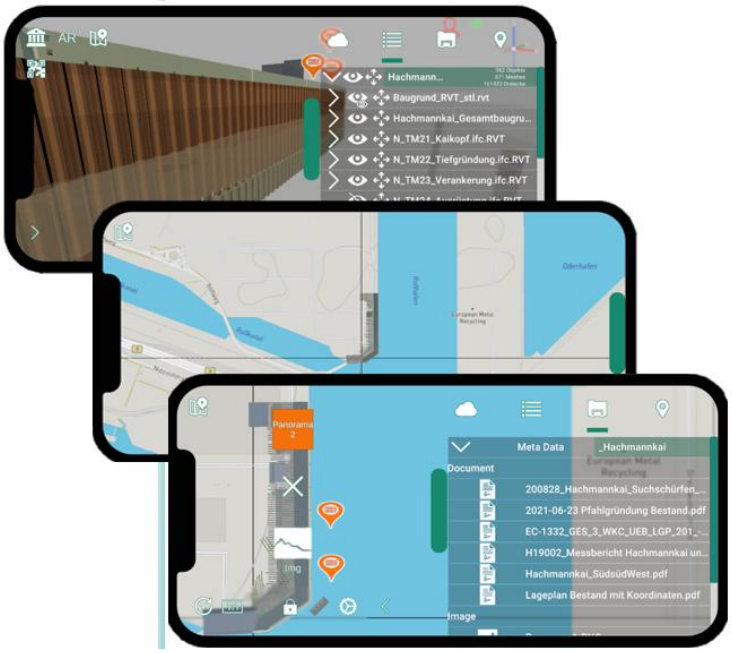


Abb-10: XR-Desktop-Publisher mit Schnittstellen und Daten-Optimierungstools für XR-gerechten mobilen performanten Einsatz

Für die Interaktion mit Handhelds oder Headmounted Devices wurden u.a. Datenobjekte und UI-Funktionen für Navigation (3D, GEO-Karte, GEO-GPS , Indoor, Outdoor), Controls für Dokumente (PDF, Film, Bild, Audio), SZENEN-POI-Technik und in den Apps für HoloLens-II sowie Tablet & Smartphone (iOS, Android) erweitert und umgesetzt:



AR-Modus (+ 3D Modus)

- Digitale Überlagerung vor Ort
- SZENEN, MODELLE, DOKUMENTE, PoI
- Positionierungs- und Trackingtechniken
- Sichtbarkeit, 3D-Navigation, Messen
- PoI-Editor: Erfassung & Dokumentation

MAP-Modus

- live GPS-Position & Geo-Platzierung
- integrierte Navigationskarten

Online/Offline-Modus

- Zuverlässige Online-Autorisierung & Zugriff *MyXR*
- Optional smartes Laden über QR-Code-Scan
- Konfigurierbarer Cloud-Zugriff für Download & Upload
- Offline – Arbeitsfähigkeit mit sicherer XR-Bibliothek

Abb-11: Mobile App-Anwendung mit iPhone (Apple) mit 3 Arbeitsmodi: 3D-Navigation, AR-Platzierung, GEO-Kartenmodus

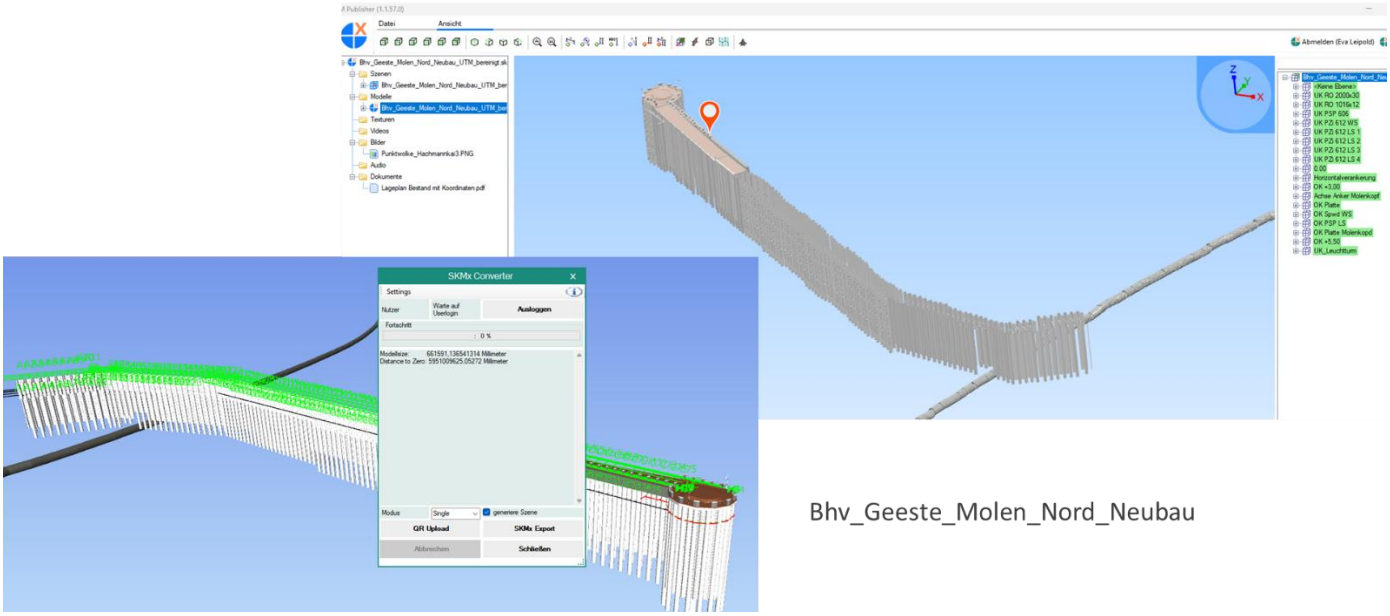


Abb-12: IFC-Testdaten des assoziierten Partners bremenports

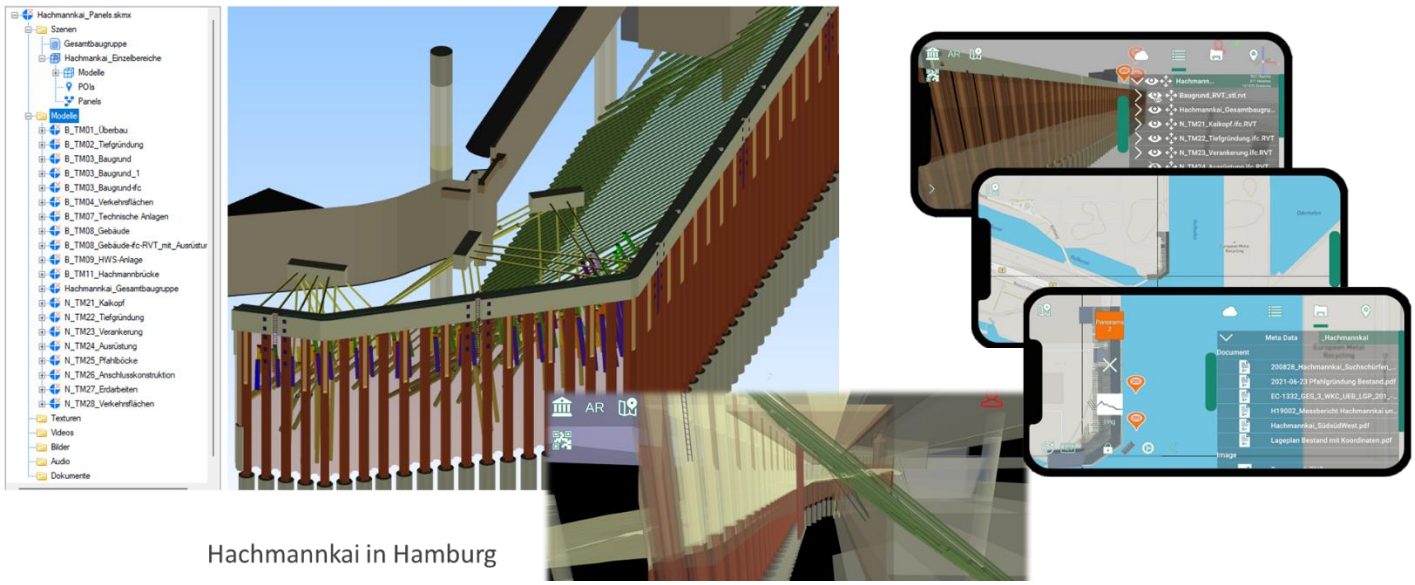


Abb-13: IFC-Testdaten und Dokumentenstruktur des Partners WKC (Hachmannkai HH)

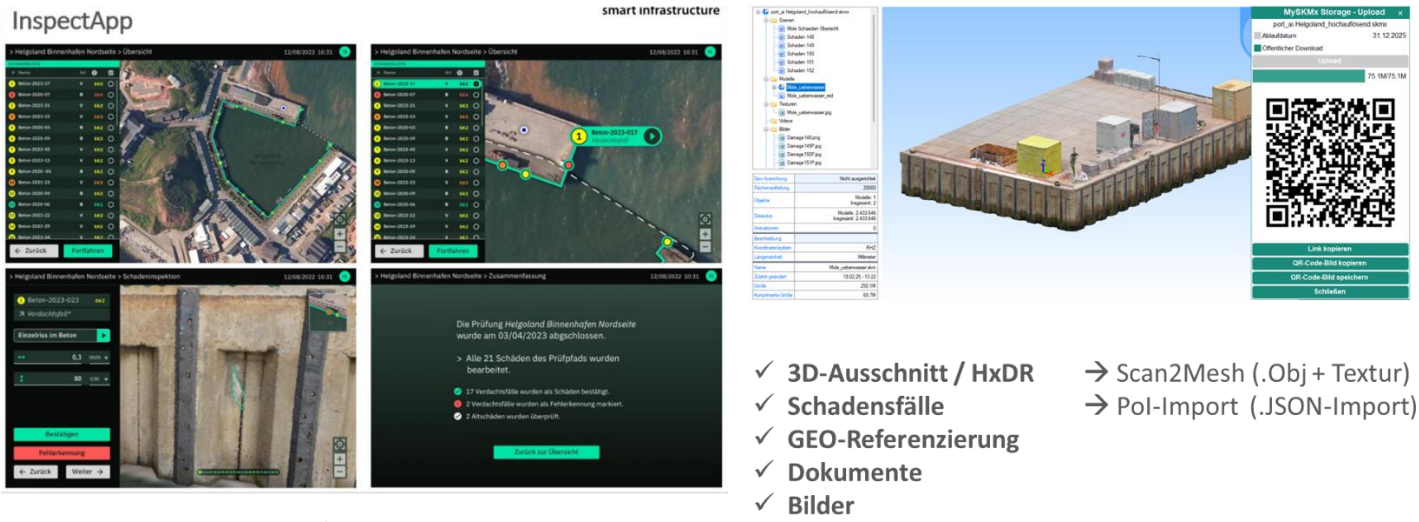


Abb-14: Testdaten aus HxDR/InspectApp von WKC (Helgolandkai)

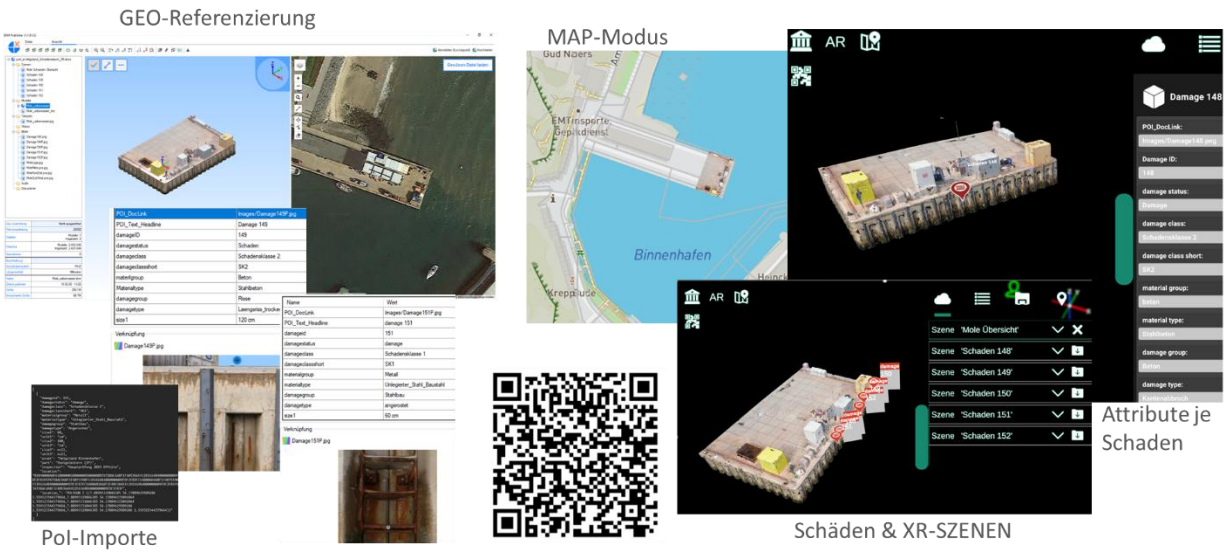


Abb-15: Testdaten aus HxDR/InspectApp von WKC (Helgolandkai) und digitale Prozesskette XR (Backend → Frontend)

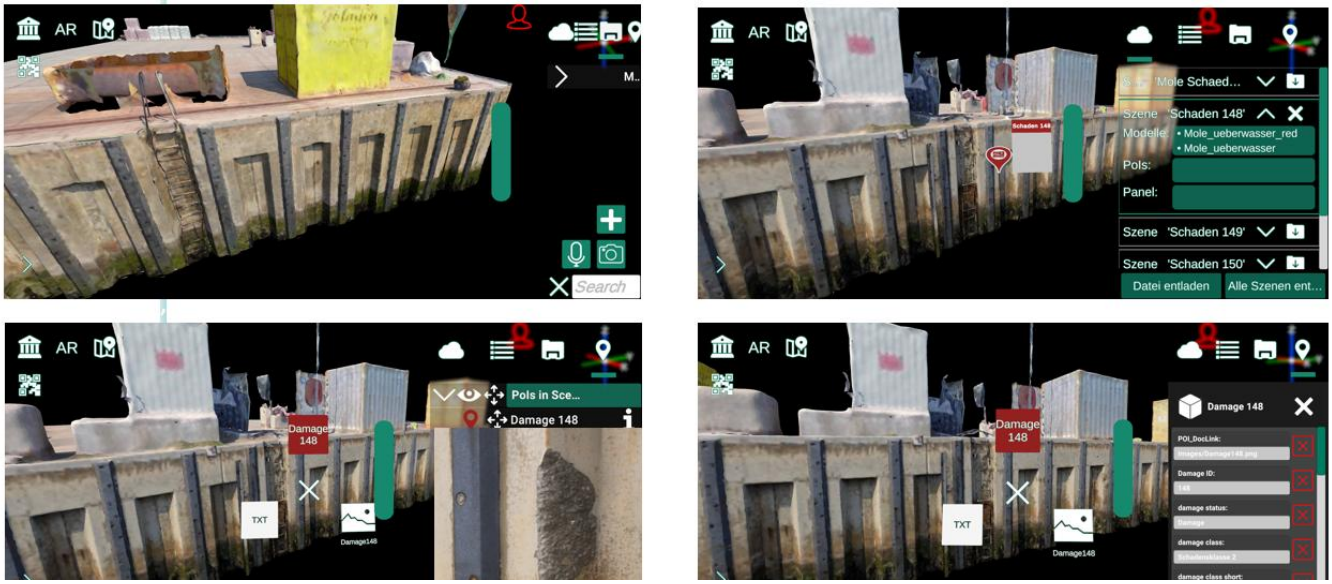


Abb-16: Helgolandkai mit Inspektionsdaten im XR-Viewer mit Funktionen für Navigation, POI-Instruktion und POI-Erfassung

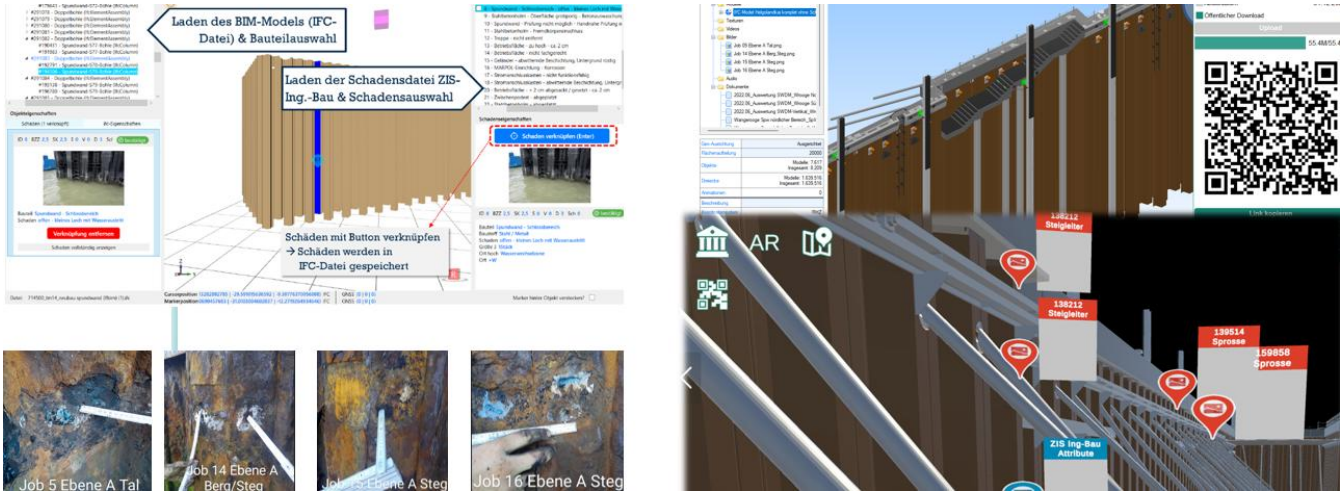


Abb-17: IFC-Testdaten des Partners NPorts mit Schadensübergabe aus ZIS-Ing-Bau in ein BIM-Modell (IFC)

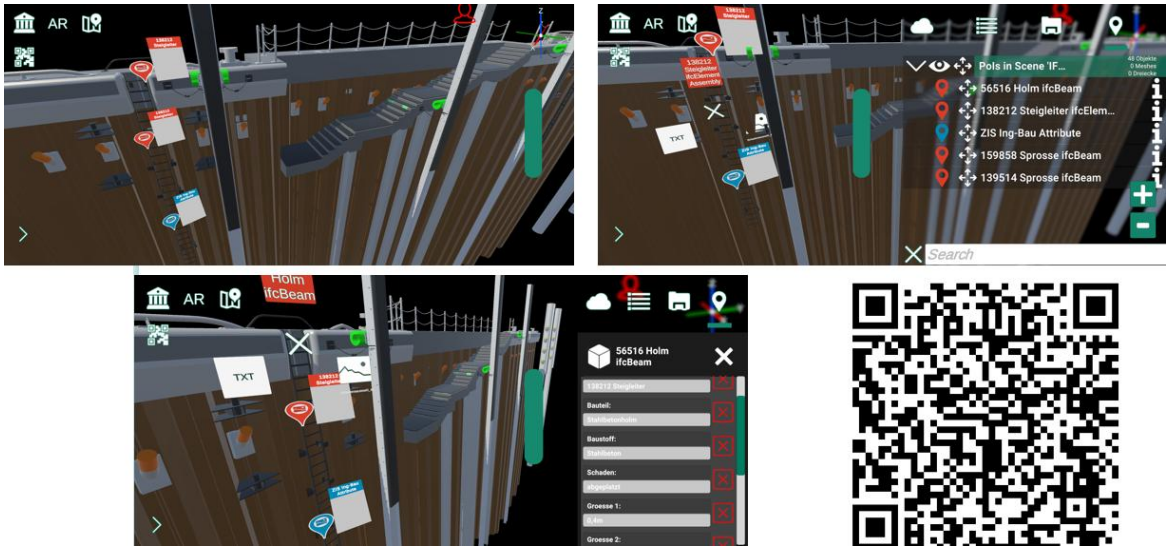


Abb-18: XR-Viewer mit Modellen, Daten und georeferenzierten Schäden (POI) – Testdaten Helgolandkai

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeit

Das Projekt war von hohen wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Risiken begleitet, wie:

wissenschaftlich-technischen Risiken

- Entwicklungsdynamik relevanter IT-Werkzeuge und Anbieterplattformen bzgl. Verfügbarkeit, Stabilität und offener und leistungsstarker API´s bzw. SDK´s
- Verfügbarkeit Schnittstellen
- Komplexität Algorithmenanforderungen Berechnung und Optimierung
- Datenkomplexität und Machbarkeit von Datenreduktionsstrategien
- Datenverfügbarkeit Partner-Demonstratoren

Diese Risiken wurden durch die im Projekt geplante Vorgehensweise und die enge Kooperation mit den Projektpartnern gemindert.

wirtschaftlichen Risiken

- Abschwächende Konjunktur
- Ausfall Personal, Schlüsselpersonen in der SW-Entwicklung
- hohe Prozessanforderungen →Partner & Demonstratoren → Terminverzug

Die geleistete Arbeit war dem Ergebnis angemessen. Aus eigenen Mitteln wäre eine Vollfinanzierung der erforderlichen Untersuchungen nicht möglich, weshalb eine anteilige Förderung durch das BMWi notwendig war. Die kooperative Zusammenarbeit im Forschungsverbund trug maßgeblich zum Projekterfolg bei.

4. Voraussichtlicher Nutzen

Die Projektergebnisse tragen zu einer erheblichen Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit bei.

SKM als Entwickler von 3 eigenen Lösungen (TT, DCAM, XR) konnte und kann seinen Innovationsvorsprung weiter ausbauen und sein Produktportfolio konkret um komplexe leistungsstarke Lösungsbausteine für XR-gerechte digitale Prozessketten in seinen Technologiemodulen erweitern.

Durch die im Bericht aufgeführten Ergebnisse der XR-Daten-Konzepte und Entwicklungen von Datenservices und App-Funktionalitäten kann SKM seine Stellung am internationalen Markt weiter stärken und sichern.

Die Zusammenarbeit mit den Projektpartnern ermöglichte eine Verbesserung der Innovationskompetenz, die Erweiterung des Produktportfolios und die Gelegenheit, die SKM-XR-Lösungsplattform noch innovativer und konkurrenzfähiger zu machen.

In diesem High-Tech-Umfeld sichern die Projektergebnisse Umsatz, Ertragslage und sehr konkret die Sicherung und mögliche Erweiterung der Beschäftigtenanzahl durch Lizenzverkäufe, weitere Programmierung von CAM-Strategien bzw. kundenspezifische Applikationen, Inbetriebnahme, Pilotierung, Schulung und Service.

Die Vermarktung der konkreten Entwicklungen erfolgt primär über Produkte SKM-DCAM, SKM-TT-PLANT, SKM-XR zusammen mit seinen Technologie- und insbesondere Anlagenbaupartnern national und international.

Umsätze durch weiterführende Entwicklungen
Dadurch wird in den ersten 2 Jahren nach Projektende ein jährlicher Zuwachs von 1-2 Mitarbeitern und mindestens 150-200 T€ Umsatz je Jahr erwartet.

5. Während des Vorhabens bekannt gewordene Ergebnisse Dritter

Während der Durchführung des Vorhabens sind laufend Recherchen im Rahmen der Bearbeitung der einzelnen Arbeitspakete durchgeführt worden. Ergebnisse Dritter, die die vorliegenden Ergebnisse tangieren sind den Bearbeitern nicht bekannt geworden.

6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen

Geplante Maßnahmen zur Veröffentlichung der Projektergebnisse sind u. a.:

- Workshops
- Demonstration Kunden/ Interessenten
- Messepräsentationen (HMI 2025)
- Veröffentlichungen/ Vorträge auf Fachtagungen

Zur Demonstration stehen die im Bericht dokumentierten Demonstratorlösungen zur Verfügung und können jederzeit nach Absprache präsentiert werden.

Die Vorstellung der Ergebnisse erfolgt weiterhin laufend im Rahmen von Vorträgen auf Fachtagungen entsprechend den sich anbietenden Möglichkeiten.

Andreas Schroeder
27.08.2025