

Teil I: Kurzbericht

Hochwasserlagen, wie im Jahr 2002 und 2021, stellen die Gesellschaft vor enorme Herausforderungen. Die frühzeitige Erkennung entstehender Gefahrenlagen sowie bessere Datengrundlagen für die Entscheidungsunterstützung in der Bewältigung von Krisensituationen können maßgeblich zur Vermeidung bzw. Verringerung von Schäden beitragen. Das BMBF-geförderte Verbundprojekt KIWA entwickelte eine nichtinvasive, KI-basierte Technologie zur automatischen Überwachung von Fließgewässern anhand von Kamerabildern. Die Technologie ermöglicht es, Kamerabilder automatisch auszuwerten und kontinuierlich wichtige Gewässerparameter zu bestimmen. Diese Parameter werden in Niederschlags-Abflusssimulationen eingespeist, die wiederum eine feinsträumige Hochwassergefährdungsprognose und Lagebewertung ermöglichen. Die Mess- und Prognoseergebnisse werden dafür in das digitale Einsatzführungssystem MobiKat integriert. Ziel ist, die Entscheidungsträger bei der Beurteilung der Lage und Analyse der Handlungsmöglichkeiten effektiv zu unterstützen. Das KIWA-Teilvorhaben „Demonstrator“ unter Leitung des Fraunhofer IVI verfolgte u.a. folgende Aufgabenstellungen:

- Unterstützung des Projektkonsortium bei der Auswahl und Bereitstellung von geeigneten Standorten für die Methodenentwicklung und deren anschließenden Test
- Konzeption für den zuverlässigen Transfer der Bilddaten zu den KI-fähigen Hochleistungsrechnern des Projektpartners TU Dresden
- Identifikation geeigneter Systemkomponenten und deren Konfiguration und Test
- Ausrüstung von Pegelmessstellen des assoziierten Partners BfUL mit Kamertechnik für die KI-Entwicklung („Messstelle Typ A“); Bereitstellung von ergänzenden Messstellen des Fraunhofer IVI an hochwassergefährdeten Gewässern für die Methodenentwicklung und Verbesserung der Robustheit der Methoden („Messstelle Typ B“)
- Entwicklung eines mobilen, autarken Hochwasserkamerasystems zur Überwachung bislang unbeobachteter Standorte und dem Test neuer Einsatzszenarien („Messstelle Typ C“). Primäres Einsatzszenario ist die ad-hoc Überwachung von Fließgewässern bei sich abzeichnenden Starkniederschlägen oder Hochwasserlagen
- Generierung von Bilddatenarchiven für die Methodenentwicklung, Überwachung der Bilddatengewinnung, Behebung von Störungen und Identifizierung von Störeinflüssen
- Aufnahme von Praxisanforderungen, Demonstration und Evaluierung der entwickelten Lösungen
- Bereitstellung einer erweiterten Informationsbasis für Stäbe unmittelbar im Fraunhofer-Einsatzführungssystem MobiKat sowie in einem Web-Dashboard

Fraunhofer IVI konnte für das Vorhaben an umfassende Projekterfahrung anknüpfen und vorhandene Technologien einbringen: Seit 2006 entwickelt das Team, das System MobiKat zur verteilten Einsatzführung und Ressourcenverwaltung. MobiKat ist seit mehreren Jahren in Leitstellen, auf Einsatzleitwagen/Kommandowagen, mobilen sowie ortsfesten Befehlsstellen im Einsatz und wird kontinuierlich und bedarfsgerecht weiterentwickelt. Anwender sind Einsatzleiter sowie -stäbe in den Bereichen Feuerwehr, Rettungsdienst, Katastrophenschutz und Polizei. Seit Ende der 90er-Jahre entwickelt das Team statische Videosysteme für verschiedenste Anforderungsprofile (u.a. Verkehrsüberwachung, Hochwasser), seit 2010 auch mobile Kamerasysteme. Hieraus bestehen Erfahrungen in den Bereichen Kamerasensorik, Datenübertragung und -speicherung sowie Energieversorgung. Für die Darstellung, Archivierung und Bereitstellung der Kamerabilder wurde auf der MobiKat-Kamerawebplattform aufgebaut. Das Fraunhofer IVI koordiniert(e) und beteiligt(e) sich an zahlreichen nationalen und europäischen Forschungsvorhaben, u.a. IDIRA, IMPRESS, PRIMAIR, COSMOD, sowie CIFAD. In diesen Projekten wurden technologische Grundlagen und Komponenten geschaffen sowie Endanwenderkontakte begründet.

Die Laufzeit des Projektes KIWA erstreckte sich auf den Zeitraum vom 01. April 2021 bis 30. März 2024. Die Arbeiten des Teilvorhabens „Demonstrator“ unterstützten alle vier Arbeitspakete des Gesamtvorhabens. Schwerpunkte der Arbeit im Teilprojekt „Demonstrator“ in den einzelnen Teilarbeitspaketen (TAP) bestanden in:

- **TAP 1.1 Revision Stand von Wissenschaft und Technik:** Analyse von Technologietrends, Vergleich und Labortest von technischen Komponenten
- **TAP 1.2 Standorte und Gebiete:** Bewertung vorhandener und zusätzlicher Messstellenstandorte bezgl. Kameraposition, Medienanbindung, Platz für Installation, bauliche Erweiterungsmöglichkeiten etc., Bereitstellung von Testaufnahmen, Beratung mit Partnern zu Prioritäten der Hochwasser-Überwachung
- **TAP 1.3 Messtechnik und Datenfluss:** Darstellung und Einrichtung des Datenflusses, Installation vorhandener statischer/mobiler Kamerasysteme zur kontinuierlichen Gewinnung von Messdaten, Netzwerkverbindung und Server
- **TAP 1.4 Anforderung Demonstrator:** Festlegung der Einsatzszenarien und -bedingungen, Aufnahme, Bewertung und Priorisierung der Anforderungen, Durchführung von Gesprächen und Workshops
- **TAP 2.1 Datenakquise für das erste Anlernen der KI,** hierfür: Konfiguration von Kameraparametern, Bildversand, Kontrolle/Einrichtung Fernzugriff auf Messstellen, Realisierung erforderlicher Upgrades
- **TAP 3.1 Datenakquise für die KI-Generalisierung:** Gewinnung umfangreicher, vollständiger und vielseitiger Daten für das robuste Anlernen der KI, insb. in Extremereignissen, Schneefall, Hagel, Starkniederschlag und Nebel, kontinuierliche techn. Verbesserungen an Kamerastandorten
- **TAP 4.1 Anwenderworkshops:** Aufnahme von speziellen Endanwenderanforderungen, Präsentation und Bewertung des Demonstrators bestehend aus Messstelle und Informationspräsentation im

- Einsatzführungssystem MobiKat, Organisation und Ausrichtung des Abschlusskolloquiums
- **TAP 4.2 Technisches Design für den Demonstrator:** Auswahl Komponenten, Erarbeitung von Systemdarstellungen und Varianten, Festlegung der Konfiguration von Einzelkomponenten, GUI-Entwurf und Implementierung in MobiKat
- **TAP 4.3 Teststellung Demonstrator:** Implementierungsplanung, Beschaffung von Komponenten, Prüfung, Konfiguration der Einzelkomponenten im Labor, Bau Messstelle Typ C (mobil), Installationen vor Ort an den Messstellen Typ A und B, kontinuierliche Verbesserung und Dokumentation
- **TAP 4.4 Evaluierung und KI-Update-Routinen:** Festlegung der Evaluierungsziele und des Vorgehens, Organisation und Durchführung von bilateralen Beratungen, Vor-Ort-Besprechungen und Präsentationen, kontinuierliche Aufbereitung von Verbesserungshinweisen, Erarbeitung des Abschlussberichtes

Das Teilvorhaben erzielte für alle Aufgabenstellungen und Arbeitspakete die beabsichtigten Ergebnisse, u.a.:

- die Planung und dauerhafte Einrichtung von insgesamt sieben Messtellen (Typ A - an den Pegelstationen der BfUL in: Elbersorf (Wesenitz), Großschönau (Mandau), Lauenstein (Müglitz), Typ B - Erweiterung der vorhandenen Standorte in: Großröhrsdorf (Große Röder), Neukirch/Sachsen (Wesenitz), Zittau (Neiße) und Heidenau (Müglitz)),
- die Konzeption, der Bau und die Demonstration eines neuen, modularen, autarken mobilen Hochleistungskamerasystems für ad-hoc Einsätze (Messstelle Typ C), die Gewinnung umfangreicher Bild- und Videoarchive, einschließlich Extremereignisse im Sommer 2021 und Winter 2022 mit deren Hilfe die KIs entwickelt werden konnten, sowie
- die Konzeption, Entwicklung und Demonstration einer Integration der Ergebnisse in MobiKat, für die Lageanalyse und Entscheidungsunterstützung

Herausragende Termine für Fraunhofer IVI im Projektverlauf waren:

- 18.05.2021: Projekt Kick-Off-Meeting (online)
- 13.07.2021: Beratung mit der LFUG zu möglichen KIWA-Standorten in den Landkreisen Sächsische-Schweiz-Osterzgebirge, Bautzen und Görlitz
- 16.07.2021: Vor-Ort Besichtigung und Beratung an geeigneten KIWA-Standorten
- 19.08.2021: Bau und Inbetriebnahme des Kamerasystems am Pegel Elbersdorf
- 02.12.2021: Verbundtreffen 1 (online)
- 08.12.2021: Bau und Inbetriebnahme des Kamerasystems am Pegel Lauenstein
- 03.02.2022: Bau und Inbetriebnahme des Kamerasystems am Pegel Großschönau
- 19.05.2022: Verbundtreffen 2 (online)
- 11.10.2022: Meilensteintreffen am Fraunhofer IVI
- 04.05.2022: Vorstellung KIWA beim BMBF-Innovationsforum "Zivile Sicherheit" in Berlin
- 17.01.2023: Endanwenderworkshops am Fraunhofer IVI mit Vertretern des LK Görlitz sowie LK Sächsische-Schweiz-Osterzgebirge
- 10.03.2023: Strategieworkshop zum möglichen Praxistransfer, an der TU Dresden
- 15.05.2023: Verbundtreffen 3 (online)
- 14.-17.06.2023: Vorstellung KIWA auf der 112 Rescue in Dortmund
- 29.06.2023: Vorstellung KIWA beim LK Bautzen, Vorbereitung Stabsrahmenübung (online)
- 24.10.2023: Verbundtreffen 4 am Fraunhofer IVI
- 05.-06.12.2023: Vorstellung KIWA auf BMBF-Symposium zur europ. ziv. Sicherheitsforschung in Brüssel
- 17.01.2024: Vorstellung der KIWA-MobiKat-Lösung beim Anwendertreffen MobiKat am IVI
- 07.03.2024: Vorstellung KIWA-Kamerasystem im Feuerwehrtechnischen Zentrum des LK Bautzen, Testbetrieb Pegel Kleinröhrsdorf (Taglicht) sowie an der Großen Röder (Nachtlicht)
- 19.03.2024: Vorstellung KIWA-Kamerasystem im LK Sächsische-Schweiz-Osterzgebirge (Rathaus Kreischa, Feuerwache Glashütte) sowie im Landratsamt Görlitz
- 21.03.2024: Evaluation KIWA-MobiKat-Integration mit LK Görlitz, LK Sächsische-Schweiz-Osterzgebirge, LK Görlitz (online)
- 26.03.2024: Abschlusskonferenz am Fraunhofer IVI

Verbundpartner im Projekt KIWA waren die Professur für Hydrologie (Koordinator) und die Juniorprofessur für Geosensorsysteme der TU Dresden sowie seitens des Fraunhofer IVI, die Abt. Strategie & Optimierung.

Assoziierte Projektpartner waren: Das Landeshochwasserzentrum Sachsen, die Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft des Freistaats Sachsen sowie die Landkreise Bautzen, Görlitz und Sächsische Schweiz-Osterzgebirge. Mit den Projektpartnern wurden die praxisrelevanten Anforderungen an den Demonstrator erhoben und deren Umsetzung in der entwickelten Lösung kontinuierlich auf Akzeptanz überprüft. Die assoziierten Partner stellten den Zugang für die Messstellen bereit. Die Projektergebnisse wurden publiziert und in wissenschaftlichen und anwendungsorientierten Veranstaltungen vorgestellt, u.a. im Rahmen der BMBF-Innovationsforen 2022 und 2023 sowie der „Tage der Sicherheit“ im Rahmen der Fachmesse 112 Rescue.

Teil II: Eingehende Darstellung

Beschreibung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Unterstützung durch das BMBF im Projekt KIWA bezog sich auf Personalkosten, Reisekosten und Abschreibungen für technische Ausrüstungen sowie unmittelbare Vorhabenkosten, z.B. Messestände sowie das Abschlusskolloquium. Im folgenden Bericht wird ein ausführlicher Überblick über die Mittelverwendung bzw. die durchgeführten Arbeiten im Projekt KIWA, Teilvorhaben „Demonstrator“ gegeben. Aufgrund der Vielzahl der Arbeiten im gesamten Projektzeitraum und der erzielten Ergebnisse können diese nur schlaglichtartig dargestellt werden.

TAP 1.1 Revision Stand von Wissenschaft und Technik

Schwerpunkte der Arbeit in TAP 1.1 bestanden in:

- Analyse von Technologien und -trends, d.h. insbesondere der Analyse der Veröffentlichungen von Herstellern, Kontaktierung der Anbieter für die Beantwortung von aufkommenden Fragen
- Vergleichende Desktop-Recherche und Labortests ausgewählter technischer Komponenten, wie Kamerasensoren und Mobilfunkrouter
- Recherche zu Normen und Standards, insb. für den Datentransfer
- Aufbereitung der Erkenntnisse, Diskussion und Bewertung gemeinsam mit den Projektpartnern

Die Arbeit dieses Teilarbeitspakets fokussierte auf die wichtigsten Bestandteile der statischen und mobilen Kameras. Zu weiteren Komponenten und Detailspekten wurden Untersuchungen im Rahmen der nachfolgenden TAP durchgeführt.

Als wesentlichster Bestandteil von Kamerasystemen sind eingehauste Kamerasensormodule zu nennen. Es wurden Kameramodule für drei verschiedene Einsatzszenarien gesucht, für:

- Messstelle Typ A – Bau neuer Kamerastandorte an BfUL-Pegeln
- Messstelle Typ B – Upgrade an vorhandenen Fraunhofer-IVI-Kamerastandorten
- Messstelle Typ C – Ausrüstung des geplanten mobilen Kamerasystems

Allgemeine anzunehmende Anforderungen an Kameramodule sind:

- mind. Full-HD Standbilder und Videos, hohe Empfindlichkeit des Sensors bei schwachem Licht; d.h.: mind. ½-Zoll-Bildsensor, digitale Restlichtverstärkung, WDR, automatischer IR-Cut-Filter,
- Regelbasierter Versand von Standbildern in Full-HD sowie Videoclips (25 bis 30 fps) per SFTP und HTTPS in wählbaren Videoformaten und Kompressionen,
- Betriebssystem vorzugsweise Linux,
- Edge-Speicherung auf SD-Karte als Backup,
- Wetterschutzgehäuse, hoher Temperatureinsatzbereich von mind. -30 ... 50 °C
- LAN-Konnektivität,
- Hohe Zuverlässigkeit, langlebig, langer Supportzeitraum für die Firmware > 3 Jahre nach Beschaffung - insb. für Sicherheitsupdates

Folgende spezielle Anforderungen für die unterschiedlichen Messstellentypen wurden angenommen:

- Messstelle Typ A: motorischer Zoom, um den Bildausschnitt während des Projektes remote optimieren zu können, horizontales Sichtfeld etwa 45 - 90°
- Messstelle Typ B: mind. manueller Zoom, ggf. Sichtfeld durch Wechselobjektiv wählbar, in Form und Größe passend für bereits vorhandene Wetterschutzgehäuse T92 (Herst. Axis),
- Messstelle Typ C: motorische Pan-Tilt-Zoom-Fähigkeit: 360° horizontal schwenkbar, breiter Zoom-Bereich des Objektivs (horizontaler Blickbereich ca. 5 bis 45°), leistungsfähiger integrierter IR-Strahler für Ausleuchtung auf Entfernungen von mind. 100 m, vorzugsweise hohe OnBoard-Leistung für Signalverarbeitung und für Systemmanagement, sehr hohe Robustheit bzw. Unempfindlichkeit gegen Wasser und Staub ausgewiesen etwa durch Übereinstimmung mit MIL-STD-810 bzw. Schutzart IP68

Aus der Vielzahl von Herstellern und Modellen wurden folgende Kameramodule identifiziert und für die weitere Verwendung in KIWA ausgewählt:

- Messstelle Typ A – Axis Q1645
- Messstelle Typ B – Axis Q1645 und Q1615-III
- Messstelle Typ C – Axis Q6215

Kameramodule dieses Typs wurden sukzessive für Tests und anschließend für die Ausrüstung der Messstellen beschafft.

Neben Kameramodulen sind weitere wichtige Bestandteile für Kamerasysteme:

- Mobilfunkrouter für die Datenübertragung,
 - Infrarotstrahler zur Ausleuchtung sehr dunkler Messstellen,
 - Systeme für die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV), um temporäre Stromabschaltungen überbrücken zu können,
 - Rechner für die Prozessierung der Kameradaten sowie zur Systemfernsteuerung und -überwachung.
- Ihr Bedarf richtet sich am konkreten Einsatzort aus.



Abbildung 1: links: Typ A - BfUL-Pegel Großschönau, mittig: Typ B - IVI-Standort Kirnitzschtal, rechts: Typ C (Vorläufer) im Hochwasser 2013 an der Elbe

Als wesentliche Anforderungen an Mobilfunkrouter wurden identifiziert:

- 5G-Kompatibilität, Dual-SIM für Redundanz,
- Bereich der Eingangsspannung ca. 10-15 V für mobilen Betrieb an Kfz.-Batterie oder Li-Batteriesystem,
- CDA/CUG-Fähigkeit für Fernzugriff,
- OpenVPN für flexible Sicherung der Datenverbindung,
- Interner DHCP-Server und NAT-Funktion für Management angeschlossener Sensoren,
- SMS-Steuerung als Backup, u.a. für Erzwingen eines Neustarts, Wechsel der Mobilfunkverbindung,
- Mind. 2 WAN/LAN-Anschlüsse für Anschluss Kamera, Rechner und evtl. WAN,
- WLAN zur Konfiguration des gesamten Kamerasystems im Nahbereich,
- Auto-Fail-Over-Umschaltung für verschied. Netzwerkszenarien,
- GNSS zur automatischen Erfassung der Position,
- hoher Temperaturbereich ca. -30 ... +50°C, hoher Luftfeuchtebereich bis ca. 90% (nicht kondensierend)
- externe Antennenanschlüsse, z.B. SMA sowie
- vorteilhaft: Übereinstimmung mit UNECE-R10 (E-Kennzeichen) und UNECE-R118 als Voraussetzung bei Fahrzeugeinbau.

Nach einer Marktanalyse wurden folgende Systeme ausgewählt, beschafft, konfiguriert und getestet: Teltonika RUTX50 (5G) sowie Netmodule NB2800 NWac-G (5G). Zusätzlich wurden die folgenden im Institut bereits vorhandenen Mobilfunkrouter in den Vergleich einbezogen: Advantech Smartmotion 4G sowie Lucom LR77 4G. Die Router wurden in einem einwöchigen Test individuell auf ihre Zuverlässigkeit bezgl. der Datenübertragung per Mobilfunk getestet. Hierfür wurde minütlich eine 10-sekündige Videosequenz einer angeschlossenen Kamera an den Server der TU Dresden (Zentrum für Informationsdienste und Hochleistungsrechnen) gesendet. Alle getesteten Mobilfunkrouter übertrugen die Daten fehlerfrei. Das System von Teltonika erfüllte, abgesehen von der Fahrzeugzulassung, alle gestellten Kriterien und wurde aufgrund seiner signifikant günstigeren Kosten daher sowohl für die bedarfsweise Erweiterung von Messstellen (Typ B) als auch als Grundausstattung für die mobile Messstelle (Typ C) ausgewählt.

Weitere Analysen, Konfigurationsarbeiten sowie Tests im Labor und im IVI-Außengelände bezogen sich auf externe LED-Infrarotstrahler zur Ausleuchtung sehr dunkler Messstellenstandorte, insbesondere außerhalb besiedelter Bereiche, einschließlich zugehöriger Streulinzen. Ausgewählt wurde hier der LED-Strahler von Raytec VAR2 IP POE I6. Dieser zeichnet sich 1) durch die Möglichkeit zur Kombination mit verschiedenen Streulinzen und damit zur Anpassung an unterschiedliche Standortsituationen und darüber hinaus 2) durch die Möglichkeit zur individuellen Konfigurierbarkeit über eine Weboberfläche aus (Leuchtstärke, Einschaltlichtstärke).

TAP 1.2 Standorte und Gebiete

Schwerpunkte der Arbeit in TAP 1.2 waren:

- Analyse der Anforderungen an Messstellenstandorte Typ A, B und C
- Analyse und Bewertung vorhandener und evtl. neuer Messstellenstandorte bezgl. Kameraposition, Medienanbindung, Platz für Installation, Möglichkeit für bauliche Erweiterung etc.
- Bereitstellung von Testaufnahmen an bestehenden und potenziellen Standorten
- Beratung mit Projektpartnern zum erwarteten Schwierigkeitsgrad und Zuverlässigkeit der KI-basierten Erkennung der Gewässersituation
- Beratung mit assoziierten Partnern zu Prioritäten der HW-Überwachung
- Beratung vor Ort mit den Standorteigentümern bzgl. Installation

Das Projekt KIWA unterscheidet zwischen drei verschiedenen Messstellentypen (sh. Abbildung 1):

- Messstelle Typ A: langjährige Messpegel des assoziierten Partners BfUL mit langjährigen Wasserstands- und Durchflussmessungen. Für das Projekt KIWA dienen sie als Standorte mit Referenzpegel zur Methodenentwicklung. Im Rahmen des Vorhabens waren geeignete Standorte mit optischen Kamerasystemen sowie bei Bedarf mit IR-Beleuchtung auszurüsten. Stromversorgung und Netzwerkverbindung sind vorhanden.
- Messstelle Typ B: Hochwasserkameras des Projektpartners Fraunhofer IVI zur Hochwasserbeobachtung. Der Einsatzzweck für KIWA ist die Methodenentwicklung. Geeignete Standorte wurden durch die TU Dresden mit einem Messsystem für Wasserstand (Radar und GSM) ausgerüstet.
- Messstelle Typ C: Hochwasserkameras KIWA: stationäre/mobile/autarke Kameras zur ad-hoc Hochwasserbeobachtung für den Methodentransfer. Für diese Systeme ist eine PTZ-Kamera mit Stativ inkl. IR-Strahler, 4G/5G-Router, PC und Batteriesystem vorzusehen.

Der erste Arbeitsschritt für Fraunhofer IVI bestand in der Erarbeitung einer Dokumentation aller bereits durch das Fraunhofer IVI aufgebauten und betreuten Kamerastandorte (sh. Tabelle 1):

Tabelle 1: Standorte Fraunhofer IVI Gewässerkameras

Stadt Dresden	Landkreis SOE	Landkreis BZ	Landkreis GR
Dresden/ Alberthafen (Elbe)	Kirnitzschal (Kirnitzsch) Heidenau (Müglitz) Königstein/Sachsen (Elbe) Kreischau (Lockwitzbach) Malter (Talsperre Malter)	Brettnig-Hauswalde (Große Röder) Großröhrsdorf (Große Röder) Kamenz/Wiesa (Schwarze Elster) Möhrsdorf (Haselbach) Neukirch/Sa. (Wesenitz) Ringenhain (Wesenitz) Weißenberg/Nostitz (Löbauer Wasser)	Eibau (Landwasser) Löbau (Löbauer Wasser) Lodenau (Lausitzer Neiße) Seiffenndorf (Mandau) Zittau (Neiße)

In der folgenden Abbildung (sh. Abbildung 2) finden sich beispielhaft Bilder von Gewässerkameras des Fraunhofer IVI an drei Standorten.

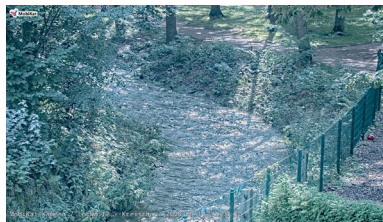


Abbildung 2: Beispielbilder von Fraunhofer IVI Gewässerkameras (links: Kamenz, mittig: Kreischau, rechts: Neukirch/Sa)

Folgende Aspekte wurden für jeden Standort herausgearbeitet:

- Standort (geogr. Koordinaten, Adresse)
- Objektbeschreibung, Befestigungsort und -art
- Karte und Darstellung der Blickrichtung
- Beispielhaftes Kamerabild für Tag und Nacht
- Angabe zu Gewässer und Entfernung
- Eigentümer des Standortes
- Stromversorgung und Internetanbindung
- Angabe des aktuell verbauten Kameramodells und Objektivs, ggf. IR-Beleuchtung
- Entfernung zu benachbarten Pegeln des hydrologischen Messnetzes
- Einschätzung zur Möglichkeit der Anbringung zusätzlicher Kamerasysteme
- Bewertung der Aufnahme von öffentlichen Bereichen

Nach einer gemeinsamen Beratung zur Analyse der Standorte im Kreis der Verbundprojektpartner sowie im Rahmen von zwei Begehungen zahlreicher potenzieller Standorte im Juli 2021 in den Landkreisen Sächsische-Schweiz-Osterzgebirge, Bautzen, Görlitz und unter Mitwirkung des assoziierten Partners BfUL wurden die in Tabelle 2 dargestellten Standorte als prioritär bewertet und für die weitere Nutzung ausgewählt.

Tabelle 2: KIWA-Messstellenstandorte.

Messstellen Typ A (neu): Pegel Elbersdorf (Wesenitz) Pegel Großschönau (Mandau) Pegel Lauenstein (Müglitz)	Messstellen Typ B (Bestand): Großröhrsdorf (Große Röder) Heidenau (Müglitz) Neukirch/Sachsen (Wesenitz) Zittau (Neiße)
--	---

Der neue Standort Pegel Elbersdorf befindet sich am Fluss Wesenitz, die mit etwa 84 km Länge zu den wesentlichen rechten Nebenflüssen der Elbe gehört. Im August 2002 kam es entlang des Flusslaufes zu verheerenden

Überschwemmungen in den Siedlungsgebieten. Der Standort Pegel Lauenstein befindet sich südlich vom Ortskern, außerhalb des Siedlungsbereiches. Durch das Hochwasser 2002 wurde die Ortschaft Lauenstein massiv geschädigt. In Folge der Überschwemmungen wurde ein Hochwasserrückhaltebecken im Müglitztal, oberhalb des Standortes, errichtet. Der Standort Pegel Großschönau im Landkreis Görlitz befindet sich innerhalb der gleichnamigen Gemeinde, die in vergangenen Hochwasserlagen, insbesondere im Jahr 2010, schwer betroffen war. Durch die neuen Kamerasysteme entsteht ein nachhaltig hoher Nutzen für den Katastrophenschutz.

Für die Messstellen vom Typ A wurde umgehend mit der Planung und Realisierung der Kamerasysteme begonnen. An den Messpunkten des Typ B wurden erste Tests und Maßnahmen zur Ertüchtigung vorgenommen.

Für die Arbeiten am Standort Zittau (Neiße), welcher sich im unmittelbaren Grenzgebiet Deutschland/ Polen befindet, wurde die Kreisverwaltung, die Euroregion Neisse sowie die polnischen Behörden für Grenzschutz und Wasserwirtschaft kontaktiert und deren Einverständnis beantragt. Die erzielte schriftliche Genehmigung bezog sich auf sämtliche geplante Arbeitsschritte, insb. die GPS-Vermessung des Gewässerprofils, die Anbringung von Passpunkten auf deutscher und polnischer Seite, sowie die grenzüberschreitende drohnengestützte Vermessung.

TAP 1.3 Messtechnik und Datenfluss

Schwerpunkte dieses Arbeitspaketes waren:

- Abstimmung zum Datenfluss zwischen den Systemkomponenten (Kameramodul, Server für Speicherung, KI-Anwendungen, Klienten)
- Einrichtung/Konfiguration der bereits vorhandenen Kamerasysteme zur Gewinnung von Bilddaten
- Einrichtung/Konfiguration Netzwerkverbindung zur Übertragung der Bild- und Videodaten
- Einrichtung/Konfiguration Serversystem zur Datenspeicherung
- Einrichtung von Nutzerzugängen zum Datenabruf
- Analyse/Überwachung des Datenaufkommens (flankierend und im Fehlerfall)

In einem ersten Schritt wurden für die Projektpartner Zugänge zum passwortgeschützten Fraunhofer-Kameraportal (sh. Abbildung 3) eingerichtet, einschließlich:

- der Berechtigungen zum Einsehen von Live-Bildern der ausgewählten Kamerastandorte (Typ B),
- historischer Aufnahmen sowie,
- dem Download von Bilderarchiven.

Für die neu einzurichtenden Kameras wurde im bestehenden Fraunhofer-Kamerawebsystem Speicherplatz eingerichtet.

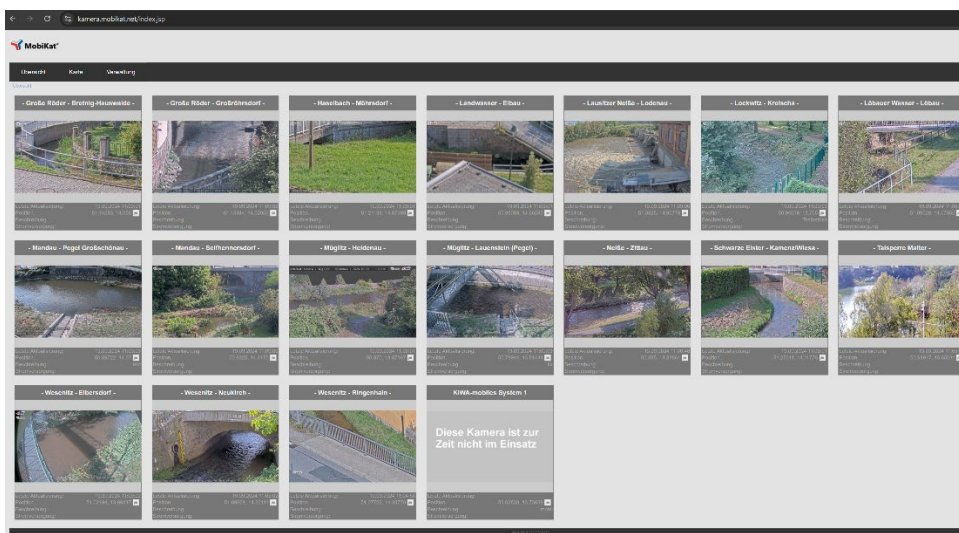


Abbildung 3: MobiKat-Kamerawebsystem

Im nächsten Schritt wurde versucht, die vorhandenen Kamerasysteme (Typ B) des Fraunhofer IVI so zu konfigurieren, dass die Bilder automatisch auf den vom TU/ZIH bereitgestellten Server per SFTP übertragen werden. Hierbei wurde festgestellt, dass die Firmware der vorhandenen Kameramodule diese Protokollart nicht unterstützt. Aus diesem Grund wurde beschlossen, die Kamerasysteme an den ausgewählten Standorten schnellstmöglich auszutauschen. Mit fortschreitender Umrüstung der Kamerasysteme konnte sukzessive kameraseitig der Versand der Bilder und Videosequenzen per SFTP an den TU/ZIH-Server eingerichtet werden.

Parallel zur Ertüchtigung der Typ B Messstellen erfolgte die Planung und Realisierung der Typ A Standorte. Hierzu wurde zunächst eine Beratung vor Ort mit Vertretern des BfUL zur hydrologischen Situation und Varianten der

Kamerainstallation durchgeführt. Nach Vereinbarung des grundsätzlichen Vorgehens wurde mit den IT-Verantwortlichen die Einbindung des Kamerasystems in das jeweilige an den Standorten vorhandene IT-Netzwerk abgestimmt. Nach Beschaffung der Kameramodule erfolgte:

- die Konfiguration der wesentlichen Variablen sowie ein Test der Zuverlässigkeit der zu verbauenden Kameramodule, Einbau der Kameramodule in Gehäuse und Vorbereitung der Verkabelung (im Fraunhofer IVI-Labor)
- die Kalibrierung der Kamerasysteme (Feststellung der internen Geometrie) sowie die Installation, einschließlich Einbindung in das lokale Netzwerk und erste Tests (vor Ort an den Messstellen)
- die Konfiguration im Detail, die Einrichtung der Bildübertragung an die Fraunhofer IVI-Kameraserver sowie Übertragung Bilder/Videosequenzen an den Server TU/ZIH (remote)
- die Einbindung der neuen Kamerasysteme in das Icinga-System,
- die Dokumentation und Bereitstellung der Kameraparameter für die Projektpartner.

Die nachfolgende Abbildung (sh. Abbildung 4) zeigt die Kamerabilder an den neuen Standorten Elbersdorf, Lauenstein und Großschönau.



Abbildung 4: Kamerabilder an den Pegel-Standorten Elbersdorf (links), Lauenstein (mittig) und Großschönau (rechts)

Die statischen Gewässerkameras wurden wie in Abbildung 5 dargestellt ausgeführt, teilweise auch in Wandmontage.



Abbildung 5: Statische Gewässerkamera.

Das Volumen, der von den Messstandorten an den TU/ZIH-Server übertragenen Daten, wurde statistisch analysiert (exemplarisch sh. Abbildung 6) um eine fundierte Grundlage für:

- die Optimierung der Kameraeinstellungen (Kompressionen, Framerate, Auflösung, Takt),
- die Auslegung der Netzwerkanbindung, insb. für mobile Anwendungen sowie,
- die Anforderungen an die Rechenleistung für die KI-Prozessierung zu gewinnen.

TAP 1.4 Anforderung Demonstrator

Schwerpunkte im Arbeitspaket 1.4 waren die Herausarbeitung von:

- Anforderung aus unterschiedlichen Perspektiven
- Einsatzszenarien und Einsatzbedingungen
- praktische Aspekte von Aufbau bzw. Montage, Modularität und Erweiterbarkeit sowie von
- geeigneten Formen der künftigen Informationspräsentation
- absehbaren Entwicklungen

Hierzu wurden zahlreiche Gespräche (teilweise online, teilweise in Präsenz im Fraunhofer IVI) mit den

Verantwortlichen des Katastrophenschutzes aus den Landkreisen Sächsische Schweiz-Osterzgebirge, Görlitz und Bautzen am Fraunhofer IVI organisiert und durchgeführt. Die Themen der Gespräche waren:

- Führungsprozess in Hochwasserlagen
- Informationsverfügbarkeit und -verwendung im Führungsprozess, Informationsquellen zur Erkennung der Schwere einer entstehenden Lage
- mögliche Maßnahmen der Vorbereitung auf Hochwasserlagen
- erste Vorstellung des KIWA-Ansatzes: Technologieüberblick, Messstellen, Modelle/ KIs
- erste Konzepte zur Integration MobiKat/ KIWA
- erste Überlegungen zu Anforderungen an Kamerasysteme, Einsatzszenarien und -bedingungen für mobile Systeme

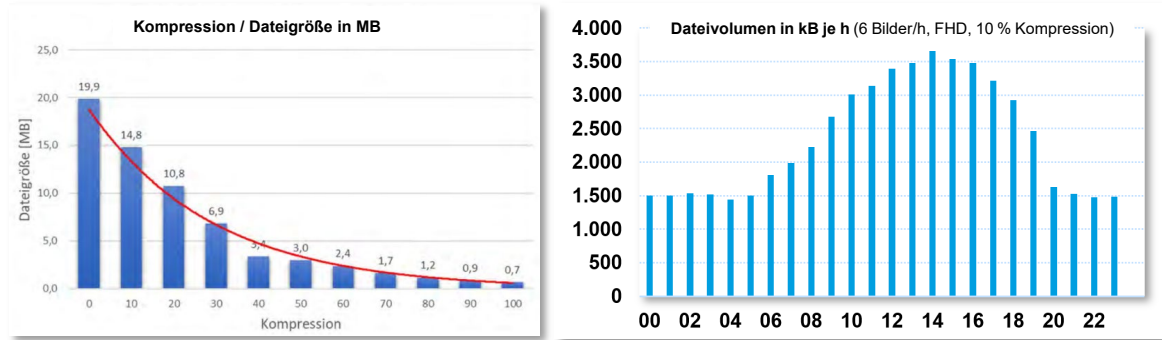


Abbildung 6: Reales Datenvolumen für den Versand von Standbildern und Videosequenzen (links: Datenvolumen in Abhängigkeit von der Kompression, rechts: Tagesganglinie)

Die Ergebnisse dieser Beratungen wurden zusammengeführt und den Projektpartnern an der TU Dresden vorgestellt.

Im Rahmen der regelmäßigen Projektbesprechungen hat das Team die Erkenntnisse aus der Analyse des Datenaufkommens (TAP 1.3) mit den ersten Erfahrungen bei der Ausführung der drei KIs abgeglichen und daraus Rückschlüsse auf die erforderliche Rechnerhardware seitens der TU gezogen.

TAP 2.1 Datenakquise

Zielstellung dieses TAPs war die Gewinnung umfangreicher Kamerabilder und Videosequenzen zum ersten Anlernen der KIs an den statischen Messstellen, nachdem dies in AP 1 an allen ausgewählten sieben Standorten in Betrieb genommen wurde.

Um Ausfälle zeitnah zu erkennen und beheben zu können wurden seitens Fraunhofer IVI, das bereits vorhandene System *Icinga* für die neuen Standorte konfiguriert. Dieses sendet automatisiert eine Meldung im Fall, dass Kamerabilder oder Videosequenzen nicht zeitgerecht auf den Server übertragen werden.

Um einen Zugriff aus der Ferne auf die Kameras zu ermöglichen, wurden auf allen Internetroutern entsprechende Portweiterleitungen zum Kameramodul konfiguriert. Im Falle von Mobilfunkanbindung (Messstelle Typ B Neukirch/Sa.) wurde zusätzlich das lokale Netzwerk über den Mobilfunkrouter mit entsprechender Konfiguration und SIM-Karte in das Fraunhofer-CDA-Netzwerk (Corporate Data Access, Vodafone) eingebunden.

Weitere Tätigkeiten in diesem Arbeitspaket waren:

- kontinuierlichen Überwachung der Bildgewinnung (korrekte Anzahl eingehender Bilder täglich),
- Weiterführung der Analyse des Datenvolumens der Kameras im Einsatz (router- und serverseitig),
- Experiment zur Eliminierung von Spiegelungen auf der Wasseroberfläche mittels Polarisationsfilter am Standort Großröhrsdorf (Große Röder),
- Beseitigung verschiedener Probleme im Videoclip-Versand (sh. Abbildung 7) durch Fehlereingrenzung, Veränderung der Konfiguration und Kontaktaufnahme mit Kameramodulherstellern, Einspielung einer neuen Firmware an drei betroffenen Kamerastandorten (Elbersdorf, Lauenstein, Großschönau),
- sukzessive Optimierung der Kameraparameterkonfiguration, insb. der Nachtaufnahmen (sh. Abbildung 8),
- Nachrüstung von SSD-Speichern an Kamerastandorten und Konfiguration als Backup für den Fall von Netzwerkausfällen,
- Analyse des Stromverbrauches der Kamerasysteme mit und ohne IR-Strahler, Konfiguration und Labortest eines für stationären Einsatz geeigneten Systems zur Überbrückung von Stromausfällen (USV) im Falle von Unterbrechung der kommunalen Stromversorgung), Konfiguration des automatischen Versandes von Warnmeldungen per Mail und SMS sowie
- Nachrüstung von IR-Strahlern an den Messstellen Pegel Elbersdorf und Lauenstein aufgrund ihrer Lage außerhalb eines Siedlungsgebietes (sh. Abbildung 9).

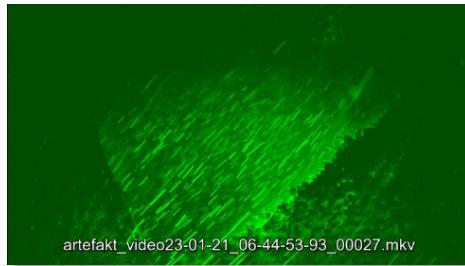


Abbildung 7: Sporadisch auftretende Fehlerbilder im Videoclip-Versand

Großschönau (Siedlung)



+0 dB



+12 dB



+24 dB



+36 dB



+48 dB



+60 dB

Lauenstein (Ländliches Gebiet)



+0 dB



+12 dB



+24 dB



+36 dB



+48 dB



+60 dB

Abbildung 8: Variation der max. Signalverstärkung bei Nachtsicht ohne IR-Strahler.



Abbildung 9: Nächtlche Kamerabilder mit IR-Strahlern (links: Elbersdorf, rechts: Lauenstein)

TAP 3.1 Datenakquise für die KI-Generalisierung

Die Zielstellung des Teilarbeitspaketes war die Gewinnung und Bereitstellung von KI-Trainingsdaten unter schwierigen Bedingungen, insb. um die Übertragung der Methoden auf sub-optimale Beobachtungspositionen zu ermöglichen. Die Schwerpunkte der Arbeit lagen in:

- Konfiguration redundanter Speicherung von Bild- und Videosequenzen, einerseits auf den Servern der TU/ZIH sowie bei Fraunhofer IVI, andererseits lokal am Kamerastandort auf SD-Karte. Dies war notwendig, um vollständige Trainingsdatenarchive, auch für Extremwetterlagen, zu gewinnen, bei denen sporadisch mit (kurzzeitigen) Netzausfällen zu rechnen ist,
- Beratung und Tests an den Kamerastandorten zu verschied. Blickrichtungen, den Lichtverhältnissen, geeigneten Kamerasensoren,
- Fortführung der kontinuierlichen Überwachung der Systemfunktionen und der Datengewinnung auf den lokalen und zentralen Datenspeichern,
- Bereitstellung von Bildern und Filmsequenzen an die TU-Partner für Extremereignisse,
- Fortführung der Abstimmung mit TU Dresden zur Verbesserung der Kamerasystemkonfiguration
- Gewinnung umfangreicher, vollständiger und vielseitiger Daten für das robuste Anlernen der KI, z.B. für Extremereignisse, Schneefall, Hagel, Starkniederschlag, Nebel



Abbildung 10: Standort Neukirch/Sachsen: Kamerastandort bei Normalwasser (links) und Hochwasser (mittig), Kamerablickrichtung bei Hochwasser am 19.07.2021

Als herausragendes meteorologisches Ereignis ist der Extremniederschlag im Juli 2021 zu nennen, für welches die Daten an sieben relevanten Standorten vollständig gewonnen werden konnten (sh. Abbildung 10). Zudem konnten für insgesamt 11 Standorte sämtliche Bildaufnahmen aus dem Zeitraum der Schneeschmelze im Februar 2021 aus dem Fraunhofer-Kamerawebsystem gesichert und den Projektpartnern für das Training der KIs zur Verfügung gestellt werden.

Weitere Arbeiten im Rahmen dieses TAPs betrafen den Standort Neukirch/Sachsen (Wesenitz): In einer Besichtigung der Standorte mit der Gemeindeverwaltung sowie dem LK Bautzen (Abtl. IT) wurden Möglichkeiten zur Schaffung eines zusätzlichen, höher gelegenen Kamerastandortes mit redundanten Stromversorgung und Netzwerkanbindung konzipiert.

Im Rahmen einer Qualifikationsarbeit wurden Untersuchungen/ Experimente zu:

- Mobilfunkantennen (4G/ 5G),
- Konfiguration von Routern für Auto-Fail-Over-Szenarien sowie
- Unterbrechungsfreien Stromversorgungen (USV) begonnen.

TAP 4.1 Anwenderworkshops

Schwerpunkt der Arbeit in diesem Teilarbeitspaket war die Aufnahme der Endanwenderanforderungen an den Demonstrator insbesondere bezüglich:

- Ansprüche an Genauigkeit der Messung bzw. Schätzung von Gewässerkenngrößen,
- Zuverlässigkeit bzw. Sensitivität der Erkennung anbahnender Extremereignisse,
- Nutzerinteraktion an neuen/veränderten Standorten,
- Informationspräsentation und Integration in bzw. mit dem vorhandenen Einsatzführungssystem,
- die Nutzung der Kenngrößen für die Planung von Reaktionsmaßnahmen sowie
- konstruktive Ansprüche (Handhabung, Installation, Betreuung während des Betriebes).

Gegenstand dieses Teilarbeitspaketes war die Vorbereitung und Durchführung des interdisziplinären Abschlusskolloquiums.

Ein Teil der o.g. Aspekte wurde bereits in TAP 1.4. im Rahmen der bilateralen Gespräche angesprochen. Das Teilarbeitspaket 4.1 erzielte eine weitere Vertiefung und Detaillierung. Zudem konnten in die, im Rahmen von TAP 4.1 durchgeführten, Workshops bereits erste Erfahrungen zu den KIs eingebracht werden, etwa zu den möglichen Einsatzszenarien und Grenzen. Darüber hinaus konnten erste Ideen zur Integration von KIWA mit dem Einsatzführungssystem MobiKat in Form eines GUI-Mockups vorgestellt werden.

Im Rahmen von Teilarbeitspaket 4.1 wurden insgesamt drei ganztägige Workshops mit Vertretern der

Praxispartner sowie der Projektpartner Fraunhofer IVI und TU Dresden veranstaltet (sh. Tabelle 3).

Tabelle 3: Workshops mit Vertretern der Praxispartner sowie der Projektpartner Fraunhofer IVI bzw. TU Dresden

Partnerorganisation	Workshopteilnehmer der Partnerorganisation	Ort
Landkreis Bautzen	Vertreter des Sachgebietes Brand- und Katastrophenschutz	Landratsamt Kamenz
Landkreis Sächsische Schweiz-Osterzgebirge	Kreisbrandmeister, Amtsleiter Bevölkerungsschutz, Leiter der Stadtwehr Glashütte	Fraunhofer IVI (sh. Abbildung 12)
Landkreis Görlitz	stellv. Kreisbrandmeister, Vertreter des Amtes für Brandschutz/ Katastrophenschutz/ Rettungswesen	Fraunhofer IVI

Gegenstand der Workshops war die vertiefte Beratung folgender Aspekte:

- Erfahrungen in der Bewältigung von Hochwasserlagen, u.a. das Hochwasser im Jahr 2021,
- Möglichkeiten der Erkennung der Schwere einer entstehenden Lage,
- Informationsverfügbarkeit bzw. -aufbereitung im Führungsprozess, Informationsquellen in Lageführungssystem (analog/ digital),
- Maßnahmen der Vorbereitung, wie bspw. Alarmierung, Räumung, Evakuierung,
- Detaillierte Vorstellung des KIWA-Ansatzes:
 - Technologieüberblick
 - Messstellen Typ A, B, C
 - KIs und Prognosemodelle
- Anforderungen an die Integration der Prognosedaten in das Einsatzführungssystem, die Informationspräsentation und Verknüpfung mit Maßnahmenplanung
- Vorstellung und Diskussion eines ersten Vorschlags zur Integration KIWA-Prognosen in MobiKat im Rahmen verschiedener Komponenten (Einsatzführungsmodul und Kamerasubsystem und , Ableitung von Verbesserungsmöglichkeiten,
- Praktische Anforderungen an Messstellen Typ C (mobile Kamerasysteme):
 - Einsatzszenarien und -bedingungen und Flexibilität,
 - Erforderliche Komponenten, Erweiterbarkeit und Modularisierbarkeit,
 - Stromversorgung und autarke Laufzeit,
 - Netzwerkanbindung,
 - Mobilität/ Portabilität,
 - Betreuungsaufwand im Betrieb,
- Anforderungen an die Genauigkeit der Messung bzw. Schätzung von Gewässerkenngrößen, Zuverlässigkeit bzw. Sensitivität der Erkennung/ Prognose sich abzeichnender Extremereignisse.

Die nachfolgende Abbildung 11 zeigt eine erste Konzeptdarstellung des mobilen Kamerasystems, welche im Rahmen der Workshops diskutiert wurde.




Abbildung 11: Konzeptdarstellung Kamera für mobile Gewässerüberwachung.



Abbildung 12: Anwenderworkshop zur Vertiefung der Nutzeranforderungen mit Vertretern des LK Sächsische Schweiz-Osterzgebirge

Gegenstand dieses Arbeitspaketes war zudem die Vorbereitung und Durchführung des KIWA-Abschlusskolloquiums. Dieses wurde in den Räumlichkeiten des Fraunhofer IVI in Dresden am 26.03.2024 durchgeführt (sh. Abbildung 13 und Abbildung 14). Hierfür trafen sich die Projektpartner und die assoziierten Partner, die Vertreterin des VDI/VDE sowie zahlreiche weitere Interessierte, um die Ergebnisse des Projekts zu reflektieren und über Möglichkeiten zur weiteren Entwicklung und der Verwertung zu diskutieren. Abbildung 13 zeigt die Agenda der interdisziplinären Veranstaltung, an der mehr als 50 Teilnehmer aus u.a. folgenden Organisationen teilnahmen, insbesondere Vertreter von:

- Landratsämtern (insb. Ämter für Brandschutz/ Katastrophenschutz/ Rettungswesen),
- Gemeindeverwaltungen,
- Ortsfeuerwehren,
- Rettungszweckverbänden,
- Gewässermessdiensten,
- Kommunalen Umweltämtern,
- unteren und obersten Wasserbehörden sowie
- THW und DWA (Deutscher Vereinigung für Wasserwirtschaft).



Projekt KIWA

„Künstliche Intelligenz für die Hochwasserwarnung“

Abschlusskolloquium

Agenda

(Stand: 22.03.2024)

Termin: 26.03.2024, 9:00 - 15:00 Uhr
Ort: Fraunhofer IVI, Zeunerstr. 38, 01069 Dresden, Raum 107
Anreise: <https://www.ivf.fraunhofer.de/de/kontakt.html>

Ablauf:

Ab 9:00 Uhr: Einlass, Registrierung und Kaffee

9:30 Uhr: Begrüßung / Grußworte (Raum 107). Moderation Jens Grundmann

- Prof. Matthias Klingner (Fraunhofer IVI - Institutsleiter)
- Prof. Niels Schütze (TU Dresden, Hydrologie - Projektleiter)
- Anna Guerrero Lara (Projekträger VDI)

Ab 9:45 Uhr: Vorträge und Diskussion (20 min + 10 min) (Raum 107)

9:45 Uhr: Einführung und Überblick zum Projekt: TU Dresden / Projektkoordination - Jens Grundmann

10:00 Uhr: KI für die optische Gewässermessung / 3D-Modelle: TU Dresden / JProf. Geosensorysysteme - Anette Eitner & Xavier Blanch

10:30 Uhr: Optische Durchflussbestimmung mit KI: TU Dresden / Prof. Hydrologie - André Kutscher & Jens Grundmann

11:00 Uhr: KI für die Vorhersage von Abflüssen: TU Dresden / Prof. Hydrologie - Tanja Morgenstern & Niels Schütze

11:30 Uhr: Demonstration und Integration der KI zur Einsatzführung und Überwachung: Fraunhofer IVI - Rolf Hedel & Björn Händler

12:00 Uhr: Diskussion

12:15 Uhr: Mittagspause & Live-Demos (Raum 230)

- Optische Wasserstandsmessung
- Optische Durchflussbestimmung
- Mobile KIWA-Kamera
- Kamera-Dashboard
- KIWA-MobikKat Integration
- Hochwasservorhersage mit KI

13:15 Uhr: Wie weiter mit KIWA?

Impulsvorträge (Raum 107)

- Einsatz von Drohnen für die Gewässermessung (JProf. Anette Eitner)
- Hochwasserfrühwarnung in kleinen Gebieten / Kommunikation von Unsicherheiten (Projekt HoWa-PRO - Jens Grundmann)

ca. 13:45 Uhr: Miniworkshops zu Bedarfen und Sichten der Anwender in zwei parallelen Gruppen (Raum 107 / Bibliothek)

- Bereich Katschutz / Wasserwehr / Hochwasserabwehr
- Bereich Umweltmonitoring (Wasserbehörden, Messdienste, etc.)

ca. 14:15 Uhr: Abschlussdiskussion im Podium

- Berichte aus den Gruppen
- Diskussion & Next Steps

ca. 15:00 Uhr Schlussworte und Verabschiedung

Abbildung 13: Agenda des KIWA-Abschlusskolloquiums am 26.03.2024 am Fraunhofer IVI

Eröffnet wurde das Abschlusskolloquium von Institutsleiter Prof. Dr. Matthias Klingner gemeinsam mit dem Projektleiter Prof. Dr. Niels Schütze von der TU Dresden und Anna Guerrero Lara vom Vorhabensträger VDI Technologiezentrum. Es folgten Vorträge zu den einzelnen Teilvorhaben mit anschließender Diskussion unter der Moderation des Projektkoordinators Jens Grundmann. Live-Demonstrationen machten die KIWA-Technologie für die Beteiligten vor Ort erlebbar. So konnte beispielsweise das am Fraunhofer IVI entwickelte Mobikat-System zeigen, wie sich die neuen KIWA-Verfahren nutzen lassen. Das Kolloquium wurde durch Impulsvorträge zu Potenzialen des Drohneinsatzes in der Gewässervermessung sowie zu neuen Ansätzen der Hochwasserfrühwarnung bereichert. In zwei separaten Workshops mit Anwendern aus den Bereichen Katastrophenschutz und Umweltmonitoring wurden die in KIWA entwickelten Lösungen sowie weitere Anwendungs- und Ausbaumöglichkeiten weiter diskutiert.



Abbildung 14: Impressionen vom Abschlusskolloquium

TAP 4.2 Technisches Design für den Demonstrator

Aufgabe dieses Teilarbeitspaketes war die Erarbeitung des Systemdesigns der Messstellen A, B und C mit folgenden wichtigen Gestaltungsmerkmalen: Kamerasensor, ggf. zusätzlich erforderliche aktive Beleuchtung und (On-board-)Prozessorleistung, Netzwerkkomponenten, Datenfluss, Schnittstellen, Serverkomponenten Stromversorgung, Witterungsschutz/Langlebigkeit, Modularität/Flexibilität und relevante Standards bzw. Normen. Gegenstand dieses Teilarbeitspaketes war zudem die finale Gestaltung der Funktionen in der Einsatzführungssoftware am Beispiel von MobiKat.

Die dafür ausgeführten Arbeitsschritte waren:

- Entwurfs- und Ausführungsplanung der Gesamtsystemarchitektur in versch. Varianten
- Auswahl und Festlegung der Einzelkomponenten für Messstellenvarianten,
- Erstellung von Teillisten, Konstruktionsskizzen, Schalt- und Netzwerklplänen für die Messstellenvarianten
- Dokumentation relevanter Konfigurationen von Einzelkomponenten
- Graphische Darstellung GUI-Implementierungsvorschläge für Ergebnispräsentation in MobiKat in unterschiedlichen Varianten
- Darstellung und Diskussion relevanter Standards bzw. Normen bzgl. Hardware sowie Datenfluss

Zunächst wurde gemeinsam mit den Partnern der TU Dresden die Gesamtarchitektur des KIWA-Demonstratorsystems in seiner Komplexität explizit dargestellt (siehe Abbildung 15). Datenquellen sind die stationären und die mobilen Gewässerbeobachtungssysteme sowie die Wettervorhersagen des DWD (Deutscher Wetterdienst). Im Mittelpunkt des Systems stehen die KIs, welche zentral auf den Servern der TU Dresden ausgeführt werden. Die Datenübertragung (JPG und MPEG) von mobilen und statischen Kameras erfolgt per SFTP (Authentifizierung am TU/ZIH-Server mittels MD5 public key). Die Netzwerkanbindung erfolgt bei statischen Kameras über DSL, für mobile Kameras über 4G/5G. Die Rohergebnisse der Berechnungen werden über eine einfache Webplattform

bereitgestellt. Das Fraunhofer IVI bezieht die Daten der KIWA-Server und stellt diese den Bedarfsträgern im Bereich KatS im MobiKat-Einsatzführungssystem sowie im Kamera-Dashboard zur weiteren Auswertung bereit.

Bezüglich der stationären Gewässerbeobachtungssysteme (Typ A und B) waren in diesem Teilarbeitspaket nur wenige neuen Aspekte zu betrachten, denn die bereits vorgenommene Auswahl der Kamerasensoren (Axis Q-Serie) hat sich im Dauereinsatz (AP 2 und 3) bewährt. Nach Bedarf wurden IR-Strahler von Raytec (Pegel Laurenstein und Elbersdorf) und Mobilfunkrouter (Neukirch/ Sa.) von Lucom für Netzwerkredundanz ergänzt. Zusätzlich wurden folgende Analysen im Hinblick auf stationäre Systeme durchgeführt:

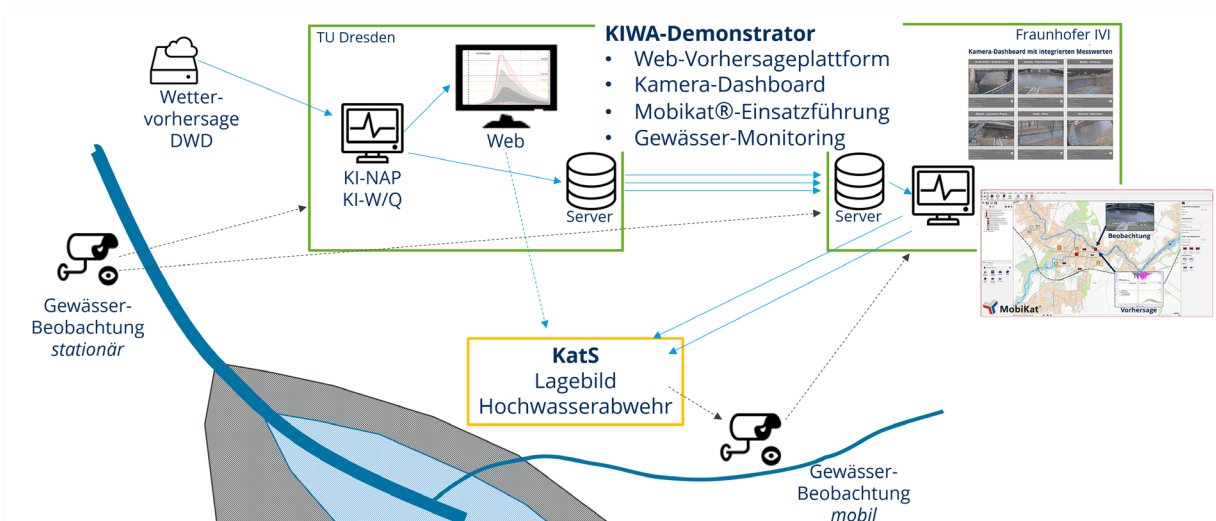


Abbildung 15: Gesamtsystemarchitektur des KIWA-Demonstrators

a) Antennentypen und Verbindungsqualität

In einem Vergleich ging es um die Auswahl geeigneter Antennen für die Verwendung von Mobilfunkroutern, welche dauerhaft in den Schaltkästen nahe der Kamerasysteme unterzubringen sind. Die festgestellten Unterschiede waren überwiegend marginal.

b) Datenanbindung und Auto-Failover-Konfiguration

Für den Fall von Netzwerkunterbrechungen, in der primär zu nutzenden Festnetzanbindung (WAN), wurde die automatische Umschaltung auf Mobilfunk an den Routermodellen von Lucom (LR77) sowie Teltonika (RUTX50) konfiguriert, getestet und in Neukirch/ Sa. installiert, da es an diesem Standort bezgl. der Netzanbindung sporadisch zu Ausfällen kommt. Mit der eingestellten Umschaltung ist die Netzanbindung und die Möglichkeit zur Fernwartung redundant ausgeführt.

c) Stabilisierung der Stromversorgung mit einem zusätzlichen USV-Modul

Im Falle von Hochwasserlagen kann es zu Stromausfällen bzw. auch zu gezielten Stromabschaltungen in Gewässernähe kommen. Um Ausfälle der Kamerasysteme zu vermeiden, wurde die Verwendung eines USV-Systems (AEG Protect AG, 1200 VA) getestet. Im Zentrum der Untersuchungen stand die Ermittlung von Laufzeiten der autarken Stromversorgung unter realitätsnahen Bedingungen, d.h. mit angeschlossener Kamera, IR-Strahler und Mobilfunkrouter. Zudem wurde das USV-System und ein für den Test angeschlossener mobiler PC für den Versand von E-Mail-Warnnachrichten konfiguriert.

Für die mobile Gewässerüberwachung wurden zahlreiche Aspekte vertieft untersucht, u.a.:

d) Anforderungen und geeignete Form eines Bordrechners

Die Integration eines PCs in ein mobiles Kamerasystem dient u.a.: der lokalen Prozessierung von KIs, der automatischen Archivierung der Kamerabilder/ Videosequenzen, der Systemüberwachung, dem Versand von Status- und Warnmeldung, sowie als Gegenstelle zur Systemsteuerung und zum Download der Archivdaten aus der Ferne. Testweise wurde ein vorhandener Laptop mit folgenden Merkmalen für den Einbau in der mobilen Kamera bzw. für die Verwendung an einem Pegelstandort vorbereitet.

- Hardware: Dell Latitude 5580, 15" Display, 500 GB SSD, 16 GB RAM, CPU i7-7820HQ 2,90 GH
- Windows 10
- Microsoft WSL/ Windows Subsystem für Linux
- WSL Distribution Ubuntu
- Docker Desktop

- MobiKat Camera Server als persistenter Speicher für Kamerabilder
- MySQL Databaseserver
- Python
- TeamViewer für Fernzugriff

Im Rahmen einer Facharbeit wurde eine Nutzwertanalyse zur Auswahl eines geeigneten Rechnersystems vorgenommen. Dabei wurden folgende Alternativen analysiert, diskutiert und verglichen:

- Einplatinenrechner Raspberry Pi 4B 8GB
- Laptop DELL Precision 3470 Workstation
- Micro Form Factor PC DELL OptiPlex 7000
- Industrie-Rechner (Embedded PC) DELL Embedded Box PC

Durch die Projektpartner wurden folgende Kriterien und Gewichtungen festgelegt:

- Beschaffungskosten: 5 %
- Performance: 25 %
- Einbaugröße: 5 %
- Handhabung: 10 %
- Haltbarkeit: 25 %
- Einsatzbedingungen: 25 %
- USV (integriert/ benötigt): 5 %

Die Merkmale einer jeden Variante wurden mit Hilfe eines Bewertungsschlüssels bzgl. der nachfolgenden Kriterien auf eine Skala von 0 bis 10 Punkten transformiert. Dabei schnitt der *Raspberry Pi*, trotz sehr geringer Kosten, der kleinen Einbaugröße und den guten Einsatzbedingungen, am schlechtesten ab, da er aufgrund der schlechten Performance und Haltbarkeit nicht überzeugte. Zudem sind zahlreiche weitere Peripheriegeräte anzuschließen, was die Handhabung erschwert. Mit einer Gesamtpunktzahl von 7,55 folgt der *DELL Micro Form Factor Optiplex 7000*. Preiswert für ein Gerät dieser Leistungsklasse, bei sehr guter Performance und Haltbarkeit. Seine Nachteile sind jedoch die anzuschließenden Peripheriegeräte. Als nächstes folgt der *DELL Laptop Precision 3470 Workstation* mit einer Gesamtpunktzahl von 7,65. Dieser überzeugt neben der Performance mit sehr guter Handhabung, da Keyboard, Touchpad und Monitor integriert sind. Zudem wird keine USV benötigt, da ein Akku vorhanden ist. Darüber hinaus sind die Einbaugröße und die Haltbarkeit gut. Als Sieger dieser Nutzwertanalyse ging jedoch der *Industrie-Rechner von DELL* mit einer Gesamtpunktzahl von 7,95 hervor. Dies begründet sich neben der sehr guten Performance auch aufgrund seiner sehr guten Haltbarkeit, den sehr guten Einsatzbedingungen und dem akzeptablen Preis.

- e) Stromversorgung mit leistungstarkem Batteriesystem und Solarmodul zur Verlängerung des autarken Betriebes

Für die Auswahl eines geeigneten Batteriesystems für die mobilen Kameras wurde zunächst der Gesamtenergiebedarf der Verbraucher in verschiedenen Lastprofilen ermittelt (Datenblätter, Labortest) Als Richtwert für die Auslegung der Stromversorgung eines angeschlossenen Rechners mit einem Verbrauch von etwa 40 W ist bei der ausgewählten Kamera mit einer Leistungsaufnahme von 25 bis 70 W zu rechnen. Dies ergibt täglich etwa 1.700 Wh. Um zumindest einen Tag autark arbeiten zu können, sollte das Batteriesystem mind. 2 kWh bereitstellen. Dies wurde experimentell im Labor mit einem im Institut vorhandenen Batteriesystem *GoalZero Yeti 3000x* überprüft und bestätigt (sh. Abbildung 16).



Abbildung 16: Labortest zum Stromverbrauch mit GoalZero Yeti 3000x, Axis Q6215 und Laptop

Folgende Kriterien wurden bei der Auswahl eines geeigneten Batteriesystems als relevant identifiziert:

- Kapazität mind. 2 kWh, erweiterbar durch weitere (externe) Akkus und Solar-Ladepanels zur Verlängerung der autarken Laufzeit
- Ladespannung 230 V AC und 12-24 V DC
- DC und AC-Ausgänge, separat aktivierbar
- Breite Einsatzbedingungen (Temperaturbereich) und zumindest grundlegender Schutz gegen kurzzeitige Feuchtigkeit/ Staub
- Gewicht unter 30 kg

Nach einem Vergleich marktverfügbarer Systeme (u.a. von den Herstellern Anker, Bluetti, Ecoflow, Goeal Zero Jackery, Zendure) wurde das *System Bluetti AC200 Max* mit 350 W Solarmodul ausgewählt. Hervorzuheben ist die besonders langlebige LiFePO4-Technologie des Akkus sowie die Ausführung aller Stromanschlüsse mit Abdeckungen. Im Nahumfeld des Batteriesystems kann der Batteriestatus über eine Smartphone-App abgefragt werden.

Für das Kameramodul selbst wurden keine neuen oder geänderten Anforderungen identifiziert, welche über die in Arbeitspaket 1 getroffenen Annahmen hinausgehen. Die wichtigsten Merkmale der zu verwendenden Kameramodule lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- herausragende Bildleistung bei dunklem Umgebungslicht
- motorische Schwenk/Neig/Zoom-Fähigkeit
- starker integrierter IR-Strahler
- lange Lebensdauer
- hohe Robustheit
- Versand Kamerabilder/Videsequenzen per SFTP
- lange Firmwaresupportzeiträume und damit verbundene hohe Sicherheit in Bezug auf Cybersecurity

Für den Demonstrator wurde demnach weiterhin das System Axis Q6215 vorgesehen. Für das ausgewählte Kamerasystem wurde eine Aufnahmeplatte mit DIN-Normzapfenaufnahme für die sichere Verankerung auf einem üblichen „Feuerwehrstativ“ konstruiert.



Abbildung 17: Test der Bildqualität und IR-Strahlerleistung mit Axis Q6215

Weitere für die Mobilkameras nach Anforderungs- und Marktanalyse ausgewählte wichtige Komponenten sind:

- Teleskop-Dreibeinstativ von Dönges („Feuerwehrstativ“) mit Luftdämpfung, nach DIN 14682, mit DIN-Normzapfenaufnahme, Masthöhe von bis zu 4,25 m, Füße verstellbar zum Niveaueausgleich, mit Abspannleinen
- Aluminium-Transportkiste von Zarges K 470 mit IP 65 Schutzart, Innenmaße ca. 750 x 550 x 580 mm, abschließbar und anschließbar, Lenkrollen

Weiterer Schwerpunkt dieses Teilarbeitspaketes war die Konzipierung und Gestaltung der Bereitstellung der Mess- und Prognosedaten im Fraunhofer Einsatzführungssystem MobiKat. Folgende Arbeitsschritte wurden hierfür realisiert:

- Workshop zur Planung der zukünftigen Nutzung der Mess- und Prognosedaten in MobiKat
- Beschreibung und Visualisierung der Workflows/ Features
- bilaterale Gespräche mit Endanwendern

Die Grundlagen dazu wurden in einem Workshop der Projektpartner TU Dresden und Fraunhofer IVI mit folgenden Inhalten geschaffen:

- Vorstellung der Webplattform aus dem Projekt *HoWa* der TU Dresden des Fachbereiches Hydrologie als Beispiel für Visualisierung der KIWA-Prognoseergebnisse
- Vorstellung des Funktionsspektrums in MobiKat für die Einsatzführung in Hochwasserlagen
- gemeinsame Ideenentwicklung mit folgenden Schwerpunkten:
 - Grundlagen des Datenaustauschs: Der KIWA-Server berechnet KI-Ergebnisse, pusht diese an Fraunhofer-MobiKat-Server, einzelne MobiKat- Clients holen sich die Daten vom MobiKat-Server
 - künftige Funktionen in MobiKat-Einsatzführungssystem:
 - In MobiKat kann ein beliebiger Pegelstandort/ Ort im Einsatzgebiet gewählt werden, per Mausklick öffnen sich die prognostizierten Zeitreihen als Diagramme/ Karten
 - Prognosedaten H/v/Q an den Pegelstandorten werden zu vorberechneten/ bekannten

- Überflutungsflächen im Einsatzgebiet in Relation gesetzt
 - Per Schieberegler können verschiedene Zeitpunkte in der (nahen) Zukunft ausgewählt und deren Zustände visualisiert werden
 - „Switch back to historic situation“ - Modus, um Werte und Überflutungsflächen aus vergangenen Situationen abzurufen und erlebbar zu machen, bspw. in Trainings bzw. Schulungen
 - Überflutungsflächen können mit den Geodaten des Einsatzführungssystems in Beziehung gesetzt/ verschnitten werden
- Künftige Funktionen im MobiKat-Kamerawebsystem
 - Übersichtsseiten mit deutlich erkennbarem Warnstatus
 - Detailseiten für jeden Standort mit Prognosen (Diagramm) und farblicher Markierung bei erreichten Warnstatus

Im Nachgang des Workshops wurden die künftigen Funktionen bzw. Workflows im Einsatzführungssystem weiter beschrieben:

- Auswählbarer Punktlayer mit Symbolen an den KIWA-Pegelstandorten (Tendenz steigend, fallend, gleichbleibend), Anzeige weiterer Metadaten auf Klick
- Workflow 1 „Lage zu beliebigem Zeitpunkt darstellen“:
 - Mittels Zeitschieber Prognosezeitpunkt auswählen („17:15“)
 - Darstellung von Infodialogen zur Historie und Prognose zu Niederschlag, Durchfluss, Kamerabild/ Video
 - Überflutungsfläche überlagert semitransparent die Einsatzkarte
 - Szenario auswählbar (wahrscheinlich – möglich – unwahrscheinlich)
- Workflow 2 „Statistik“:
 - Mittels Zeitschieber Prognosezeitpunkt auswählen („17:15“), Szenario auswählen
 - Ergebnis: Tabelle mit zahlreichen, sinnvollen Werten im Zeitverlauf (Anzahl Ew, Schulen, gesperrte Straßenkilometer u.a.m.), Exportmöglichkeit im CSV-Format für weitere Verwendung in der Stabsarbeit
- Workflow 3 „Visualisierung + Statistik“:
 - Seitenkomponente mit Tabelle ausgewählter statistischer Kennzahlen im Zeitverlauf
 - Bei Anklicken eines Zeitpunktes (Spaltenüberschrift), Darstellung der entsprechenden Überflutungsfläche
- Möglichkeit der Nutzung der Überflutungsfläche im Verkehrslageeditor, für Evakuierungen, Warnungen u.v.m.

Die neuen GUI-Features für Mobikat-Einsatzführung wurden als graphische Visualisierungen (Mockup) umgesetzt (sh. nachfolgende Abbildung 18). Vor der finalen Implementierung der neuen Funktionen erfolgte die Abstimmung der GUI-Entwürfe mit den Praxispartnern u.a. in den Workshops in TAP 4.1 und Überarbeitung der Entwürfe auf Basis des Anwenderfeedbacks, die Detaillierung zu Schnittstellen bzw. Datenformaten im Datenaustausch zwischen TU-Server und Mobikat-Server sowie die Umsetzungsplanung.

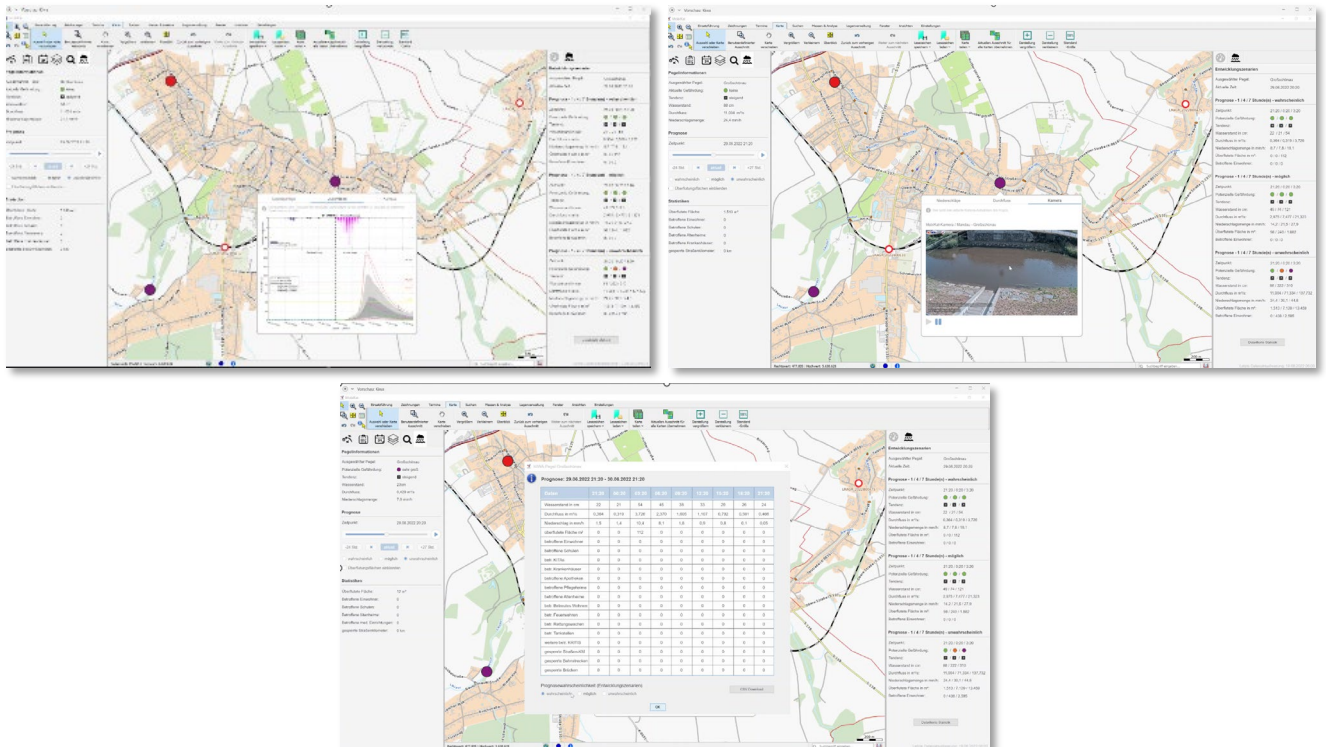


Abbildung 18: GUI-Entwürfe für neue Einsatzführungsfunktionen (links: Niederschlagsprognosen am ausgewählten Standort, mittig: Kamerabild, unten: Statistik nach Verschnitt der prognostizierten Überflutungsfläche mit MobiKat-Geodaten)

TAP 4.3 Teststellung Demonstrator

Aufgabenschwerpunkt dieses Teilarbeitspaketes war die hard- und softwareseitige Implementierung des Demonstrators.

Hardwareseitig stand die Realisierung des mobilen Kamerasystems im Fokus, die mit folgenden Arbeitsschritten erreicht wurde:

- Implementierungsplanung,
- Beschaffung von Komponenten und Kleinteilen,
- Prüfung elektrischer Komponenten gemäß DGUV/VDE im Fraunhofer IVI,
- Konfiguration der Einzelkomponenten,
- Mechanische Arbeiten im Fraunhofer IVI Labor zur Herstellung bzw. Anpassung von Halterungen und Gehäusen, elektrische Verkabelung, elektrische Abnahme des fertigen Systems gemäß DGUV/ VDE
- Erste Funktionstests der mobilen Kamerasystems Fraunhofer-Labor sowie im Außengelände sowie an Gewässern (an der Großen Röder, tags: an der Pegelstation Kleinröhrsdorf, nachts: in Medingen (Ottendorf-Okrilla))
- Führung der Dokumentation (Teilelisten, Konfiguration, Zeichnungen und Skizzen).

Die Realisierung (sh. Abbildung 19 und Abbildung 20) erfolgte anhand der in den vorangegangenen Teilarbeitspaketen erarbeiteten Spezifikationen.



Abbildung 19: Kamerabau und elektrische Abnahme im Labor

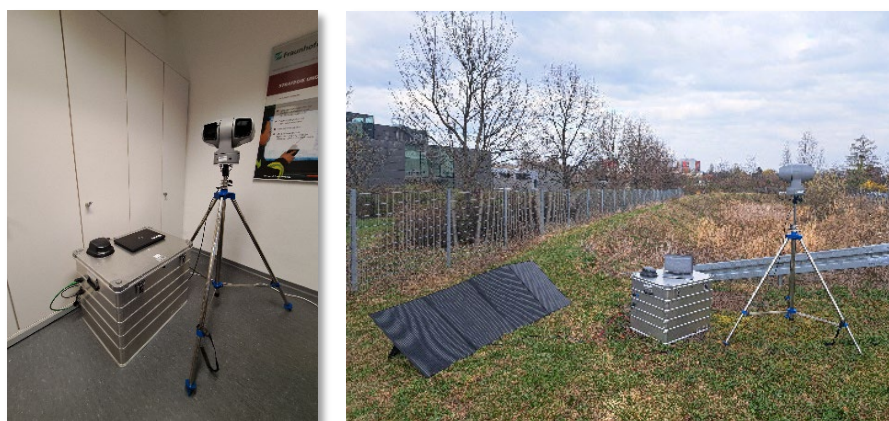
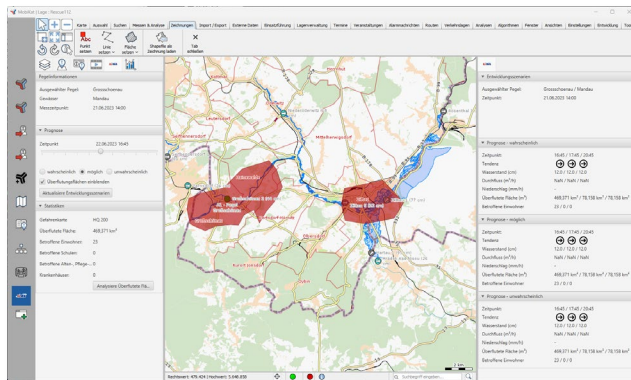


Abbildung 20: Erste Funktionstests im Labor sowie im Außengelände

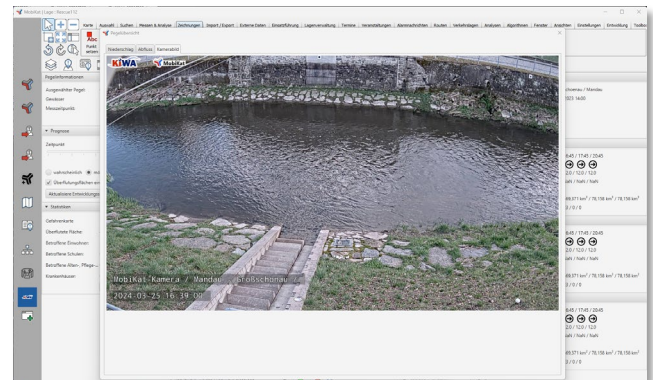


Abbildung 21: Test des mobilen Kamerasystems an der Großen Röder (links: Pegelstation Kleinröhrsdorf, rechts: Medingen).

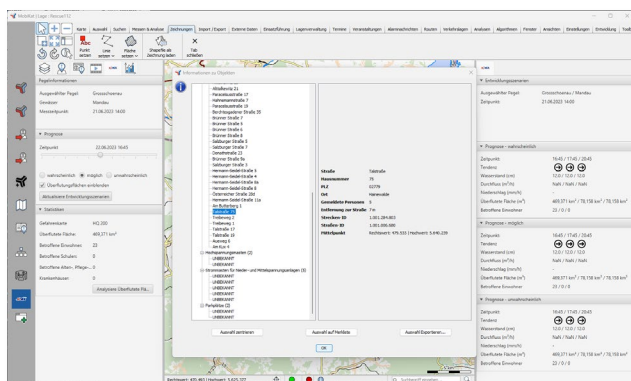
Gegenstand dieses Teilarbeitspaketes war zudem die softwareseitige Realisierung der Bereitstellung der KIWA-Live- und Prognosedaten im Fraunhofer-Einsatzführungssystem MobiKat. Die Umsetzung erfolgte anhand der in den vorangegangenen Teilarbeitspaketen erarbeiteten Entwürfe und Abstimmungen zu Schnittstellen (sh. Abbildung 22).



Pegelinformationen, Szenarien- und Prognosezeitauswahl, Statistik aus Verschnitt von Einsatz- und Überflutungsfläche



Ansicht des Kamera-Live-Bildes



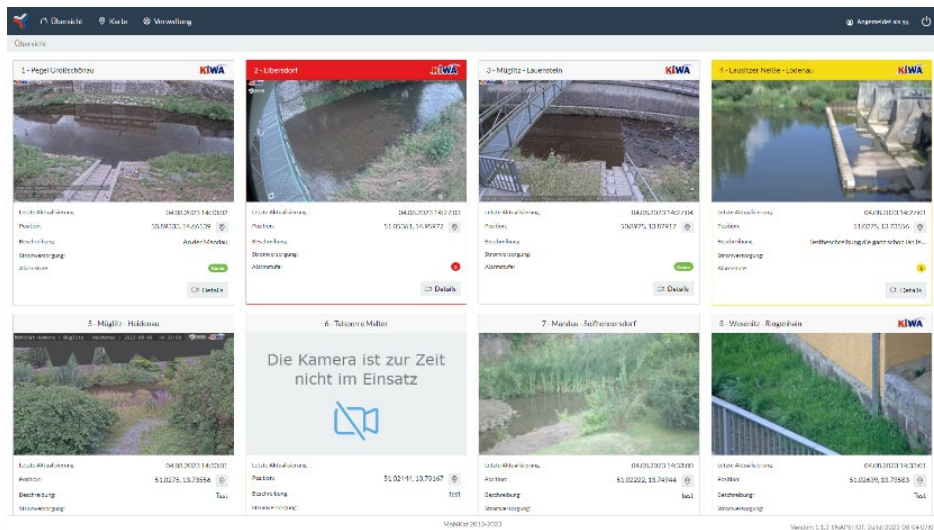
Detailstatistik zu betroffenen Adresspunkten einer überfluteten Fläche



Niederschlags- und Abflussprognosen an einem ausgewählten KIWA-Standort

Abbildung 22: Bereitstellung der KIWA-Daten in der MobiKat-Einsatzführung

Zusätzlich zur Integration der KIWA-Daten in Mobikat-Einsatzführungsmodul wurde die Bereitstellung der KIWA-Daten im MobiKat-Kamerasystem realisiert (sh. Abbildung 23).



Standortübersicht mit farblicher Markierung bei erreichtem Warnstatus



Diagramme für die Entwicklung von Wasserstand und Durchfluss mit farblicher Markierung für Warnung

Abbildung 23: Bereitstellung der KIWA-Daten im MobiKat-Kamerawebsystem

TAP 4.4 Evaluierung und KI-update-Routinen

Die Schwerpunkte des Teilarbeitspaketes 4.4 stellten folgende Arbeitsschritte dar:

- Planung der Evaluierung, Festlegung der Ziele und des Ablaufs,
- Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung von bilateralen Beratungen, Vor-Ort-Besprechungen und Präsentationen sowie
- Verfassen des Endberichtes.

Die Evaluierungsschritte bezogen sich auf die in KIWA vollständig neu entwickelten Komponenten:

- mobiles Kamerasystem,
- erweitertes MobiKat-Kamerawebsystem sowie MobiKat-Einsatzführungssystem

Die Bewertung der Lösungen erfolgte durch Personen mit folgenden Aufgabenbereichen:

- auf Gemeindeebene: Stadtwehleiter, Amtsleiter für den Bereich Feuerwehr
 - auf Landkreisebene: operativ/ taktische Mitarbeiter, IT-Administratoren sowie stellv. Kreisbrandmeister
- Alle Teilnehmer sind Vertreter der assoziierten Partnerorganisationen und mit dem Projekt KIWA vertraut.

Für die Vorstellung und Evaluierung der Lösungen wurden Geodaten mit einem realitätsnahen Hochwasserszenario in Ostsachsen, angelehnt an die Hochwasserlage im Jahr 2013, vorbereitet.

Angesprochene Themen in der Vorstellung und Bewertung waren:

- Genauigkeit bzw. Zuverlässigkeit, Grenzen des Gewässermonitorings und der Prognosen,
- die Informationspräsentation und Nutzerinteraktionen sowie
- Nutzung/ Verwendungsmöglichkeit in konkreten Szenarien

Die mobilen Kamerasysteme wurden in folgenden Einrichtungen vorgestellt und diskutiert (Abbildung 24):

- Feuerwehrtechnischen Zentrum (FTZ) Bischofswerda des Landkreises Bautzen,
- Rathaus Kreischa (Landkreis Sächsische Schweiz-Osterzgebirge,

- Stadtfeuerwache Glashütte/ Sachsen) sowie
- Landratsamt Görlitz.

Im Rahmen der Vorstellungen und Diskussionen gaben die Teilnehmer ein durchgängig positives Feedback zum entwickelten System. Anregungen für weitere Forschung und Entwicklung bezogen sich insbesondere auf:

- Verlängerung der autarken Betriebszeit durch Nutzung einer Brennstoffzelle anstelle des LiFePO4-Akkus
- Netzwerkredundanz bzw. Unabhängigkeit von öffentlichen Mobilfunknetzen durch Nutzung IoT-Netze und -Protokolle (z.B. LoRaWAN, LTE450) sowie lokalem Edge-Computing und
- vereinfachtem ad-hoc-Einsatz an bisher nicht vermessenen Beobachtungsstandorten durch automatische Kalibrierung des Kamerasystems.



FTZ Bischofswerda



Rathaus Kreischa



Stadtfeuerwehr Glashütte/Sn.



LRA Görlitz

Abbildung 24: Aufbau des mobilen Kamerasystems und Bildaufnahme der Kamera.

Die Vorstellung und Bewertung der entwickelten Softwarelösungen – der in KIWA erweiterten MobiKat-Einsatzführung und dem MobiKat-Kamerawebsystem – erfolgte in drei etwa einstündigen Online-Terminen (siehe Abbildung 25).

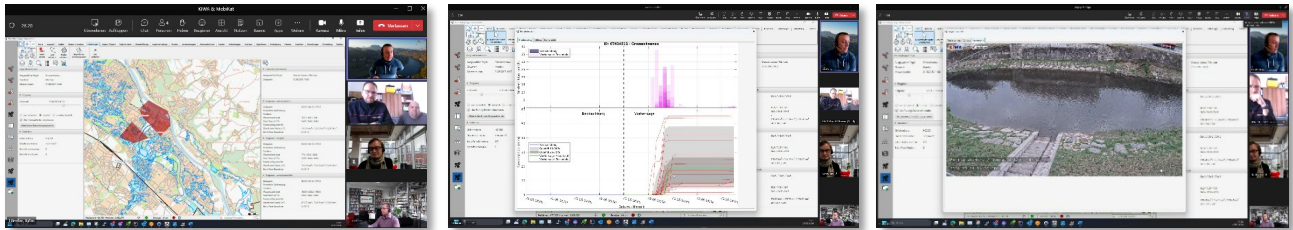


Abbildung 25: Screenshots aus Teams-Sitzungen zur Vorstellung der MobiKat-KIWA-Integration gegenüber den Praxispartnern

In diesen Beratungen zogen die Teilnehmer ein sehr positives Feedback für die in KIWA entwickelten Softwarelösungen, welche als sehr hilfreich für die Einsatzführung erachtet werden. Anregungen für künftige Entwicklungen bezogen sich auf:

- die Integration zusätzlicher KRITIS-Objektkategorien in die Statistiken, insbesondere den Einbezug von Schwerpunktoobjekte aus dem MobiKat-Stammdatenportal,
- die freie Konfigurierbarkeit des Zeitrasters bei der Auswahl eines Prognosezeitraumes (z.B. kleiner als 1 h für kleine Einzugsgebiete; größer für größere EZG),
- die Einbindung der KIWA-Prognosen in das Pegelüberwachungs-/ Alarmierungssystem, automatische Generierung von Reports und automatisierter Versand,
- die Kommunikation der Genauigkeit des Kameramessergebnisse (bei ad-hoc-Einsatz des mobilen Kamerasystems an bisher ungemessenen Standorten ohne Kamerakalibrierung ist die Messgenauigkeit zwar gering, kann aber dennoch – unter Angabe der Genauigkeit – für die Einsatzführung hilfreich sein, insbesondere relative Änderungen des Gewässerstandes),
- die Darstellung der Prognosen auch im Kamerawebsystem (nicht nur in der Einsatzführung),
- die Nutzung von Drohnen für das Gewässermonitoring,
- die Möglichkeit zur Nutzung der neu entwickelten MobiKat-Analysefunktionen auch unabhängig von aktuellen Messwerten und Vorhersagen zur Einsatzvorbereitung bzw. für Trainings.

Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die Ziele des Projektes waren konzeptionelle und technologische Entwicklungen in einem neuen, zukunftsorientierten Anwendungsfeld sowie die Vorstellung und Diskussion mit Praxispartnern. Bei dem Vorhaben handelt es sich um ein Projekt von öffentlichem Interesse, das darauf abzielt, den Schutz vor Hochwassergefahren zu verbessern, Schäden zu vermeiden bzw. zu verringern. Die angestrebten Vorteile sind insbesondere die frühzeitigere Erkennung und das gefahrlose Monitoring der Gewässer. Diese Vorteile kommen dabei gleichermaßen den für den KatS auf operativ/taktischer und den auf strategischer Ebene tätigen Personen als auch der Allgemeinheit zugute. Die konkrete Zielstellung von KIWA war die Entwicklung eines Demonstrators für ein zukunftsweisendes, zuverlässiges System für das Gewässermonitoring mithilfe von marktverfügbaren Kamerasensoren und die Bereitstellung der KI-generierten Gewässerkenntnisgrößen im Einsatzführungssystem. Diese Zielstellung wurde mithilfe der geleisteten Arbeiten und weiterer Aufwände, u.a. für Technikbeschaffung, Messebeteiligungen und Reisen erreicht. Die Kompetenzen des Fraunhofer IVI im Bereich Kamerasysteme, Energiespeicher, IoT-Datenübertragung, KI, Edge-Computing, GUI-Gestaltung wurden durch das Projekt für zukünftige F&E-Projekte signifikant erweitert. Die Projektförderung war zwingend notwendig, da die geplanten Experimente, die Trainingsdatengewinnung und Softwareentwicklung sich über einen langen Zeitraum erstreckten und erhebliche personelle und technische Ausstattung erforderten. Die Bearbeitung der Aufgabenstellung war nicht vollständig vorhersehbar und dieses Entwicklungsrisiko konnte nicht durch die Forschungseinrichtung Fraunhofer IVI im Vorfeld getragen werden.

Der voraussichtliche Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses

Die Ergebnisse des KIWA-Projektes sind im wesentlichen das funktionsfähige Demonstratorsystem und umfassen sowohl Hard- als auch Software. Die Weiterentwicklung zu einem in der Praxis einsetzbaren Systems ist auf Basis der in KIWA erzielten Entwicklungen möglich. Die Weiterentwicklung und perspektivische Praxisnutzung ist sowohl im Technologieverbund (Kameras-KIs-Einsatzführungssystem), als auch für einzelne Komponenten möglich. Die Entwicklungen lassen sich zudem auf weitere bislang nicht betrachtete Szenarien übertragen, etwa für die ad-hoc Überwachung von stehenden Gewässern (z.B. Tagebauseen). Hierfür erhielten die Projektpartner im Projektverlauf bereits erste externe Anfragen. Die Projektvorstellung im Rahmen des Abschlusskolloquiums im Fraunhofer IVI, sowie diverse Gespräche mit den assoziierten Partnern und weiteren externen Fachexperten im gesamten Projektverlauf haben deutlich gezeigt, dass ein großes Interesse an der kamerabasierten

Gewässerüberwachung und der Bereitstellung von Gewässerdaten für die Einsatzführung besteht. Dies ist vor allem begründet mit den stetig größer werdenden Herausforderungen, die durch häufigere und intensivere Starkniederschläge, Hochwasser und Überschwemmungen entstehen. Im ländlichen Raum erzeugt zusätzlich der demographische Wandel und die damit verbundene Personalknappheit im KatS Nachfrage nach Monitoring-Systemen mit geringem Betreuungsaufwand. Die Ergebnisse aus KIWA sind im gesamten Bundesgebiet nutzbar. Für Regionen, in denen bereits Einsatzführungssysteme oder Kamerasysteme von anderen Anbietern im Einsatz sind, können die entwickelten Ansätze adaptiert werden. Die gesamte Systemkette (Kamera → Bildübertragung → KI → Einsatzführung) wird bis Ende des Jahres 2025 von Fraunhofer IVI und TU Dresden exemplarisch für mindestens eine Kamera weiter betrieben, um das System anschaulich präsentieren zu können.

Der während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Eine der Aufgaben des Fraunhofer IVI bestand im kontinuierlichen Monitoring der technischen Entwicklung von für das Gewässermonitoring relevanten Komponenten. Die nachfolgend aufgeführten Entwicklungen wurden im Laufe des Projektes erkannt, konnten im Projekt KIWA aufgrund des begrenzten Projektzeitraumes jedoch nicht mehr berücksichtigt werden:

- Aufbau des (bundesweiten) gehärteten IoT-Netzes der Energieversorger „LTE450 MHz“, für verbesserte Ausfallsicherheit im Vergleich zu öffentlichen Mobilfunknetzen,
- stark zunehmende Leistungsfähigkeit der Kamerasysteme in der KI-Prozessierung, die jedoch eine Portierung der entwickelten KIs in die jeweilige proprietäre Programmiersprache voraussetzen würde,
- Ankündigung der Markteinführung passiv gekühlter, wettergeschützter Batteriesysteme mit mehr als 2 kWh (diese besitzen ein vollständig geschlossenes Gehäuse und können damit auch ohne weitere Einhausung im Freien betrieben werden, dies ermöglicht perspektivisch eine stärkere Modularisierung)
- Hochpräzise Gewässervermessung mit Drohnen als Ergänzung oder als Alternative zu mobilen Kamerasystemen

Die erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

Die Öffentlichkeitsarbeit im Teilvorhaben Demonstrator umfasste folgende Tätigkeiten:

- Erarbeitung bzw. Beteiligung an Fachpublikationen,
- Vorstellung bei Fachveranstaltungen sowie
- Internet/Social Media Posts.

Fachpublikationen zu den Projektergebnissen mit Beteiligung von Fraunhofer IVI:

1. Grundmann, J., Blanch, X., Kutscher, A., Hedel, R., Eltner, A. (2024): *Towards a comprehensive optical workflow for monitoring and estimation of water levels and discharge in watercourses*, EGU General Assembly 2024, Wien, 14.–19. April 2024, EGU24-12507. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-12507>. Poster + Abstract
2. Kutscher, A., Grundmann, J., Eltner, A., Blanch, X., und Hedel, R. (2024): *Zum Einsatz künstlicher Intelligenz für die optische Bestimmung von Wasserstand und Durchfluss in natürlichen Fließgewässern*. 47. Dresdner Wasserbaukolloquium, Dresden, 07.03.2024. Abstract + Vortrag + Beitrag
3. Grundmann, J., Schütze, N., Eltner, A., Hedel, R., Brausewetter, P., Morgenstern, T., Blanch, X., Kutscher, A. (2023): *Artificial Intelligence for Flood Warning*. BMBF-Symposium zur europäischen zivilen Sicherheitsforschung, Brüssel, 5.-6.12.2023. Poster
4. Schütze, N., Grundmann, J., Eltner, A., Hedel, R. (2023): *Künstliche Intelligenz für die Hochwasserwarnung*. Statusgespräch Potentialbereich Wasserforschung & Digitaler Katastrophenschutzkongress, 24.10.2023. Vortrag
5. Hedel, R.; Brausewetter, P.; Kunzmann, S.; Grundmann, J.; Eltner, A.; Kutscher, A.; Morgenstern, T.; Blanch Gorriz, X. (2023): *KIWA Künstliche Intelligenz für die Hochwasserwarnung*. 112 Rescue, Dortmund, 14.-17. Juni 2023. Vortrag + Publikation+ Abstract + Poster
6. Eltner, A., Zamboni, P., Hedel, R., Grundmann, J., Blanch Gorriz, X. (2023): *Image-based methods for real-time water level estimation*. EGU General Assembly 2023, Wien, 24.–28. April 2023. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-6745>. Poster + Abstract
7. Kutscher, A., Grundmann, J., Eltner, A., Blanch, X., and Hedel, R. (2023): *Application of optical Particle Tracking Velocimetry (PTV) to determine continuous discharge time series*. EGU General Assembly 2023, Wien, 24.-28. April 2023, EGU23-9946, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-9946>. Poster + Abstract

8. Kutscher, A., Grundmann, J., Eltner, A., Blanch Gorriz, X., Hedel, R. (2023): Anwendung von Partikel Tracking Velocimetry (PTV) zur Bestimmung von Durchflussganglinien. Tag der Hydrologie, Bochum, 23.03.2023. Poster + Abstract
9. Grundmann, J., Eltner, A., Blanch, X., Kutscher, A., Hedel, R. (2023): *Optische Bestimmung von Wasserstand und Durchfluss in natürlichen Fließgewässern mit KI-basierten und statistischen Verfahren*. Tag der Hydrologie, Bochum, 23.03.2023. Poster + Abstract + Vortrag
10. Kutscher, A., Grundmann, J., Eltner, A., Blanch Gorriz, X., Hedel, R., Saveska, V. (2022): *Determination of continuous discharge time series based on the optical Particle Tracking Velocity (PTV)*. EGU General Assembly 2022, Wien, 23.–27. Mai 2022. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-5967> . Abstract
11. Blanch Gorriz, X., Wagner, F., Hedel, R., Grundmann, J., Eltner, A. (2022): *Towards automatic real-time water level estimation using surveillance cameras*. EGU General Assembly 2022, Wien, 23.–27. Mai 2022. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-3225> . Vortrag + Abstract
12. Hedel, R., Schütze, N., Grundmann, J., Eltner, A., Morgenstern, T., Blanch Gorriz, X., Kutscher, A. (2022): *Künstliche Intelligenz für die Hochwasserwarnung*. BMBF Innovationsforum "Zivile Sicherheit", Berlin. 3.-4. Mai 2022. Poster.
13. Kutscher, A., Grundmann, J., Eltner, A., Blanch, X., Hedel, R. (2022): *Ermittlung kontinuierlicher Durchflusszeitreihen basieren auf dem optischen Partikel Tracking Velocity (PTV) Verfahren*. Tag der Hydrologie 2022, München, 23.03.2022. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-5967> . Poster + Abstract

Fraunhofer IVI hat das KIWA-Projekt u.a. bei den folgenden Fachveranstaltungen präsentiert:

- BMBF SiFo-Innovationsforum, Berlin 2021
- Messe Florian, Dresden 2022
- 112 Rescue / Tag der Sicherheit, Dortmund 2023
- Messe Florian, Dresden 2023
- Symposion der Europäischen Sicherheitsforschung, Brüssel 2023
- MobiKat Anwenderforum, Dresden 2024



Abbildung 26: Präsentation von KIWA auf Fachveranstaltungen

Das Projekt KIWA wurde anlässlich herausragender Termine auf der Institutswebseite sowie auf den Social-Media-Kanälen des Instituts bei Instagram, Facebook und LinkedIn vorgestellt (siehe nachfolgende Abbildung)

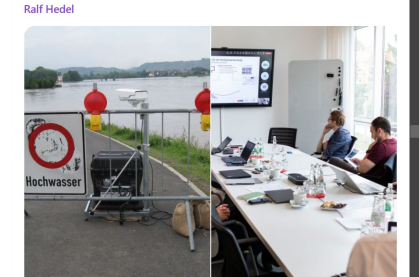
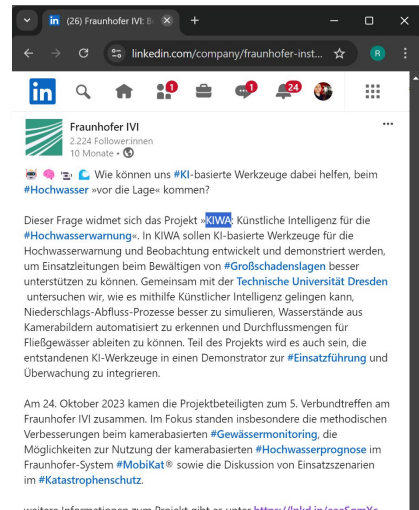


Abbildung 27: KIWA-News auf der Institutswebseite, bei Instagram und LinkedIn.

Die Ergebnisse des Projektes KIWA werden auf der 26. Fachtagung Kommunale Wasserwehren, am 10.10.2024 anlässlich der FLORIAN - Fachmesse für Feuerwehr, Zivil- und Katastrophenschutz vorgestellt.