

# SACHBERICHT ZUM VERWENDUNGSNACHWEIS

nach Anlage 2 (zu Nr. 4.4 NABF)

## TEIL II



## BERICHTSDATEN

|  |   |
|--|---|
| <b>Unternehmen</b>   | INSA4 Brandschutzingenieure GmbH<br>IFDT – Institut für Digitale Technologien gGmbH<br>Simba n <sup>3</sup> GmbH            |
| <b>Förderkennzeichen</b>   | 01IS22041A-C  |
| <b>Vorhabensbezeichnung</b>  | KMU-innovativ - Verbundprojekt MABIB: Multimodales Analyse-, Berechnungs- und Informationssystem für die Brandschutzplanung |
| <b>Laufzeit des Vorhabens</b>  | 01.09.2022 bis 28.02.2025   |
| <b>Autoren</b>   | Prof. Dr. Kyrill Meyer (IFDT)<br>Tobias Meyer, INSA4<br>Matthes Nagel (Simba n <sup>3</sup> )                               |
| Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 01IS22041A-C gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin/dem Autor. |   |

## ERGEBNISSE DER PROJEKTARBEIT

### Aufgabenstellung

Das Verbundvorhaben MABIB adressiert ein signifikantes informationstechnisches Defizit im Bereich der Brandschutzplanung, das sich besonders kritisch in der Analyse- und Begehungsphase manifestiert. Die gängige Praxis der Datenerfassung bei Objektbegehungen stützt sich oft auf traditionelle, analoge Werkzeuge wie Notizblock, Zollstock, gedruckte Pläne, Diktiergerät und Fotoapparat. Diese Vorgehensweise birgt erhebliche Nachteile: Sie führt häufig zu Medienbrüchen, Mehrfacherfassungen von Daten, Informationsverlusten, inkonsistenten Datenbeständen und resultiert oft in veralteten oder rein analogen Brandschutzdokumentationen. Im schlimmsten Fall können diese Mängel zu unzureichenden oder ungeeigneten Brandschutzmaßnahmen führen. Dieses Defizit erschwert oder verhindert eine durchgängige digitale Prozesskette und behindert die effiziente Integration der vor Ort gewonnenen Daten in nachgelagerte digitale Planungswerkzeuge wie Building Information Modeling (BIM) oder Software für Brandsimulationen. Insbesondere für die überwiegend

kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), die die Brandschutzbranche prägen, stellt dieser Mangel an durchgängiger digitaler Unterstützung eine erhebliche operative Herausforderung dar.

Die Kernaufgabe des Projekts MABIB war es deshalb, als Proof-of-Concept ein innovatives Softwaresystem zu entwickeln, das gezielt für den Einsatz auf mobilen Endgeräten (Smartphones, Tablets) konzipiert ist. Dieses System soll die spezifischen Herausforderungen der Datenerfassung und -analyse bei brandschutzplanerischen Begehungen – sowohl in der Bau- oder Umbauphase als auch bei Begutachtungen im existierenden Gebäudebestand – adressieren und diese Prozesse digital unterstützen, optimieren und erleichtern

## Ziele

Die übergeordneten und spezifischen Ziele des Vorhabens MABIB lassen sich wie folgt detaillieren:

1. Entwicklung eines mobilen, multimodalen Softwaresystems: Ziel war die Schaffung eines anwenderfreundlichen, softwaretechnischen „Ingenieur-Werkzeugs“. Dieses System sollte als multimodales Erfassungs-, Analyse-, Berechnungs- und Informationssystem fungieren, das auf mobilen Geräten lauffähig ist und deren spezifische Hardwarefähigkeiten (z.B. Kamera, Sensoren) nutzt.
2. Digitale Unterstützung und Optimierung der Begehungsphase: Das System sollte insbesondere brandschutzplanerische Erstbegehungen in Bezug auf die Datenerfassung digitalisieren, optimieren, konkretisieren und erleichtern. Dies sollte durch die Bereitstellung spezifischer Funktionalitäten zur strukturierten Erfassung und (Vor-)Berechnung relevanter Daten direkt vor Ort geschehen.
3. Integration von Fachwissen, Normen und Berechnungsverfahren: Ein Kernziel war die Entwicklung verschiedener Fachmodule für zentrale Anwendungsfälle des Brandschutzes (explizit genannt: Maßnahmen aus den Bereichen Brand- und Rauchausbreitung, Entrauchung, Abschottungssysteme, Tragwerksbemessung für den Brandfall, Bestimmung von Entfluchtungszeiten). Diese Module sollten relevante normative Vorgaben und gesetzliche Regelwerke sowie die dazugehörigen analytischen und empirischen Berechnungsverfahren integrieren und notwendige (Vor-)Berechnungen und Bemessungen direkt während der Begehung ermöglichen.
4. Nutzung und Erprobung moderner Technologien (KI und AR): Das Projekt zielte darauf ab, das Potenzial von Künstlicher Intelligenz (KI) / Machine Learning und Augmented Reality (AR) für die Brandschutzplanung zu erschließen.
  - KI: Es sollte eine KI-Algorithmik entwickelt werden, die auf eine Referenzdatenbank (gespeist aus abgeschlossenen Projekten) zugreift, um Abschätzungen zu ermöglichen, Plausibilitätsprüfungen durchzuführen, ähnliche Referenzfälle zu identifizieren und relevante Kennwerte oder Berechnungsvorschriften vorzuschlagen (z.B. basierend auf Fotos).
  - AR: Es sollte untersucht werden, wie AR die intuitive Erfassung von Kennwerten (z.B. Abstände, Dimensionen durch Markierungen im Kamerabild) direkt über das mobile Endgerät unterstützen kann, um die manuelle Eingabe zu reduzieren.

5. Verbesserung des Datenmanagements und Auflösung von Medienbrüchen: Die vor Ort erfassten und qualifizierten Daten sollten digital und strukturiert gespeichert werden. Das System sollte geeignete Schnittstellen bereitstellen, um eine medienbruchfreie Übertragung der Daten an nachgelagerte Planungs- und Simulationssysteme (z.B. für Brandsimulationen oder modellorientierte Planung/BIM) zu gewährleisten.
6. Nachhaltige Unterstützung von KMU: Durch das gezielte Schließen bestehender Digitalisierungslücken im Begehungsprozess und die Bereitstellung eines praxisnahen, anwenderfreundlichen Werkzeugs sollte die Digitalisierung für KMU im Brandschutz nachhaltig unterstützt und deren Wettbewerbsfähigkeit gestärkt werden. Dies schließt die Förderung einer fachspezifischen Vernetzung durch qualifizierte Datenbereitstellung ein.
7. Erforschung geeigneter technischer Konzepte: Das Vorhaben umfasste auch die Untersuchung und Auswahl geeigneter technischer Grundlagen. Dazu gehörte die Evaluation passender Softwarearchitekturparadigmen, insbesondere die Prüfung, ob sich Microservices aufgrund ihrer Kapselung und unabhängigen Deploybarkeit eignen und welche Vorteile sie gegenüber anderen Modularisierungsansätzen bieten. Ebenso sollten technische Interaktionskonzepte für die hybride mobile Anwendung und die Einbindung von AR-Lösungen (unter Berücksichtigung von APIs/SDKs wie ARCore, ARKit etc.) geprüft und genutzt werden.

Zusammenfassend verfolgte MABIB das ambitionierte Ziel, durch die synergetische Verknüpfung von tiefgreifender Fachexpertise im Brandschutz mit modernen digitalen Technologien (Mobile Computing, KI, AR) einen signifikanten Fortschritt zu erzielen. Es sollte die Effizienz, Qualität, Nachvollziehbarkeit und Sicherheit der Brandschutzplanung, beginnend bei der Phase der Vor-Ort-Begehung, maßgeblich verbessern und somit einen wichtigen Beitrag zur Schließung digitaler Lücken in einer Branche mit hoher gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Bedeutung leisten.

## **Ausgangssituation zum Projektstart**

Zu Beginn des Vorhabens MABIB offenbarte sich eine ambivalente Ausgangssituation. Einerseits wurde ein klares informationstechnisches Defizit bei durchgängigen, universell einsetzbaren Softwarewerkzeugen für die Brandschutzplanung konstatiert. Es mangelte an Lösungen, die normative und gesetzliche Vorgaben integriert umsetzen und eine zielgerichtete Datenerfassung, speziell in der Begehungsphase, ermöglichen. Der bestehende Softwaremarkt zeigte sich fragmentiert; verfügbare Lösungen deckten nur Teilbereiche wie CAD, Simulation oder Dokumentation ab und waren nicht auf einen ganzheitlichen Prozess von der Erfassung bis zur Maßnahmenableitung ausgelegt. Eine Datenkonsolidierung war kaum möglich, und ältere Ansätze waren technisch überholt oder ungeeignet.

Andererseits wurde eingeschätzt, dass die grundlegenden Softwaretechnologien zur Adressierung dieses Defizits prinzipiell verfügbar waren. Dies betraf Web- und Mobiltechnologien, Datenanalyse, Augmented Reality (AR) sowie Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) bzw. des Machine Learnings (ML). Insbesondere im Bereich KI/ML boten etablierte Open-Source-Frameworks wie TensorFlow oder PyTorch zwar die technische Basis, jedoch fehlten speziell für die Brandschutzplanung trainierte Modelle. Der Fokus des Vorhabens lag daher auf der Entwicklung und dem Training spezifischer KI-Modelle. Diese

sollten auf Basis der im Projekt verfügbaren Daten (z.B. aus Referenzprojekten, Bilddokumentationen) lernen, brandschutzrelevante Muster zu erkennen, Plausibilitätsprüfungen durchzuführen oder bei der Analyse von Begehungsdaten zu unterstützen.

Auch Building Information Modeling (BIM) wurde als vielversprechender Ansatz für eine integrierte Datenhaltung erkannt, dessen Potenzial für den Brandschutz jedoch noch erschlossen werden musste, da offene Standards und spezifische Datenmodelle noch in den Anfängen steckten.

Die zentrale Herausforderung und somit die Notwendigkeit zur Integration und Adaption bestand darin, diese verfügbaren, aber generischen Basistechnologien – insbesondere die spezifisch zu trainierenden KI-Modelle hinsichtlich ihrer Genauigkeit und Performanz – anwendungsorientiert für das Feld der Brandschutzplanung zu erschließen. Dies erforderte eine enge Verknüpfung der fachlichen Anforderungen mit der softwaretechnischen Realisierung. Das Projekt MABIB startete somit in einem Umfeld, das durch einen klaren Bedarf an integrierten digitalen Lösungen bei gleichzeitiger Verfügbarkeit potenziell geeigneter, aber noch spezifisch anzupassender und zu trainierender Basistechnologien gekennzeichnet war.

## Projektdurchführung und erzielte Ergebnisse

Die Durchführung des Projekts erfolgte planmäßig und in enger, kooperativer Abstimmung zwischen den Verbundpartnern INSA4, Simba n<sup>3</sup> und dem Institut für Digitale Technologien (IFDT). Das Konsortium etablierte von Beginn an eine agile Projektbearbeitungsmethodik. Kernstück waren 14-tägige Sprintzyklen, die jeweils mit einem virtuellen Sprint-Meeting aller Partner über Microsoft Teams abgeschlossen wurden, um Fortschritte zu präsentieren, nächste Schritte zu planen und aufkommende Fragen zu klären. Diese strukturierte Vorgehensweise wurde durch flexible bilaterale Absprachen zu spezifischen Projektaufgaben ergänzt, die ebenfalls größtenteils virtuell stattfanden. Die technische Arbeitsorganisation und der Datenaustausch wurden über eine virtuelle Arbeitsumgebung sichergestellt, welches über Office365/Sharepoint/MS Teams technisch abgebildet wurde.

Für das Vorhaben wurde ein Arbeitsplan genutzt, welcher 9 inhaltliche Arbeitspakete und damit verbundenen Aufgaben konkretisierte. Die Arbeitspakete bauten aufeinander auf und wurden einerseits konsekutiv im Sinne des Projektfortschrittes erarbeitet, gleichzeitig aber wo notwendig im Sinne der agilen Projektbearbeitungsmethodik im Hinblick auf die Arbeitsergebnisse kontinuierlich fortgeschrieben und erweitert. Die Fortschritte und Ergebnisse aus den einzelnen Arbeitspaketen stellen sich wie folgt dar:

### *AP1 - Anforderungsanalyse*

Das geplante Ziel dieses Arbeitspakets war die Ermittlung von funktionalen und nichtfunktionalen Anforderungen an die zu entwickelnde Lösung, basierend auf dem Stand der Wissenschaft und Technik, sowie die Ableitung der funktionalen, algorithmischen und normativen Voraussetzungen aus Use Cases und die Identifikation kritischer Zielgrößen für Performance und Akzeptanz. Dieses grundlegende Arbeitspaket wurde erfolgreich abgeschlossen. Die Anforderungsermittlung erfolgte durch verschiedene Erhebungsmethoden, darunter intensive Workshops mit den Fachexperten von INSA4 und die detaillierte Beschreibung von Use Cases. Die erhobenen Anforderungen wurden im Wesentlichen durch Simba n<sup>3</sup> dokumentiert und anschließend vom IFDT auf

softwaretechnische Adäquanz geprüft und im qualifizierten Lastenheft fixiert. Mit der Finalisierung dieses Dokuments wurde Meilenstein M1 fristgerecht erreicht.

Als Teil der Anforderungsanalyse von MABIB wurde das Ziel der nachfolgenden Entwicklungen noch einmal wie folgt heruntergebrochen. Es sollte die Entwicklung eines Informationssystems für die Brandschutzplanung in Form eines "Werkzeugkastens" für Brandschutzingenieure erfolgen. Dieses System sollte verschiedene fachliche Module in einer einheitlichen Softwarelösung vereinen und sowohl mobil als auch im Büro nutzbar sein. Zwei der initial identifizierten Kern-Use-Cases als Teil der Anforderungen sind "Begehungen" und "Berechnungen" (z.B. nach EUROCODE).

#### Use Case I: Begehungen

Dieser Use Case beschreibt den Prozess der brandschutztechnischen Begehung eines Objekts durch einen Sachverständigen oder Projektingenieur. Die Begehung kann entweder während der Bauausführung zur Bauüberwachung oder als Bestandsaufnahme eines existierenden Objekts erfolgen. Voraussetzung für die Begehung sind vorhandene Pläne (Grundrisse) des Objekts im PDF-Format. Die Vorbereitung umfasst die Planung der Begehung in der Anwendung (Eingabe von Metadaten, Hochladen und ggf. Zerlegen der Pläne in Abschnitte) und die optionale Übertragung dieser Daten auf ein mobiles Endgerät zur Offline-Nutzung. Während der Begehung erfolgt die Erfassung von Mängeln durch die Aufnahme eines Fotos, die Verortung des Mangelstandorts auf dem digitalen Plan (unterstützt durch die Standortanzeige des Geräts), die Kategorisierung des Mangels (mit optionaler KI-Unterstützung basierend auf dem Foto), die Eingabe einer Beschreibung (mit optionaler Vorbefüllung und interner Notiz) und die Zuweisung eines Status. Alle Mängel werden automatisch nummeriert. Nach der Begehung erfolgt die Nachbearbeitung, idealerweise am Desktop-PC, wo die erfassten Daten geprüft und mit Textvorlagen für ein Begehungsprotokoll ergänzt werden können. Das Ergebnis ist ein Begehungsprotokoll als PDF-Datei, optional auch als Excel-Datei, das die Mängelliste mit Fotos, Beschreibungen und Status enthält. Zukünftig soll die Anwendung auch die mehrfache Prüfung desselben Objekts bei baubegleitenden Begehungen unterstützen.

#### Use Case II: Berechnungen (z.B. nach EUROCODE)

Dieser Use Case adressiert die Notwendigkeit, im Rahmen der Brandschutzplanung verschiedene Berechnungen auf Basis der Formelapparate wie z.B. der DIN EN 1991-1-2 bzw. DIN EN 1991-1-2/NA (sog. Eurocodes) durchzuführen. Die Anwendung soll einen Katalog gebräuchlicher Formeln und Berechnungen bereitstellen, die unabhängig von einem spezifischen Projekt aufgerufen werden können. Nutzer sollen lediglich die erforderlichen Eingabewerte eingeben oder aus Referenzwerten übernehmen müssen. Die Ergebnisse der Berechnungen sollen als Kennzahlen oder interaktive Grafiken dargestellt und als Bilddatei, PDF oder Excel exportiert werden können. Für durchgeführte Berechnungen soll ein Protokoll geführt werden, um die Historie einsehbar und Ergebnisse ggf. für weitere Berechnungen nutzbar zu machen. Beispiele für geplante Berechnungen sind Brandereignisse mit Brandverlaufskurven, parametrische Temperatur-Zeit-Kurven, Plume-Berechnungen und Flammenausbreitung an Fenstern. Die Nutzung soll primär im Büro erfolgen, aber bei Bedarf auch mobil möglich sein.

#### *AP 2 - Fachliche Modulspezifikation und Erfahrungswissen*

Ziel in diesem Schritt der Projektbearbeitung war hier die Erarbeitung der fachlichen Modulbeschreibungen zur Unterstützung der Use Cases, die Sichtung und Aufbereitung von Projektdaten als Basis für das Machine Learning, die Modularisierung von Berechnungsvorschriften und Normen sowie der Aufbau einer Falldatenbank inklusive Identifikation relevanter Datenformate durchzuführen. Die Aufbereitung der fachlichen Inhalte wurde in diesem AP durchgeführt. Ein standardisierter Prozess zur Modulbeschreibung (Template vom IFDT, Spezifikation durch INSA4, bilaterale Prüfung) wurde etabliert und führte zur erfolgreichen Beschreibung und anschließenden Implementierung zentraler Berechnungsmodule als Teil des AP7. Obwohl damit Meilenstein M2 inhaltlich erreicht wurde (Beschreibung notwendiger Module vorhanden), blieb das AP bewusst offen für weitere Module, weshalb kontinuierlich weitere Module beschrieben werden konnten.

Im Ergebnis konnten bis zum Projektende die folgenden Module beschrieben (und als Teil von AP 7 umgesetzt werden):

- Brandlastgesteuerter Brandverlauf nach Eurocode
- Ventilationsgesteuerter Brandverlauf nach Eurocode
- Sicherheitskonzept (Teilsicherheitsbeiwerte) nach Eurocode
- Flash Over – Berechnung nach Eurocode
- Lokales Brandereignis nach Eurocode
- Temperatur-Zeitkurven nach Eurocode
- Parametrisierte Temperatur-Zeitkurven nach Eurocode
- Kapazitätsanalyse nach DIN 18009
- Verein. dynamisches Rechenmodell nach DIN 18009 Anhang E.3
- Sprinklerauslösezeitpunkte nach VDI 6019 Blatt 1

Parallel erfolgte der Aufbau der Falldatenbank durch INSA4 mit Unterstützung des IFDT und Simba n<sup>3</sup>, womit Meilenstein M3 (klassifizierte Falldatenbank) erreicht wurde. Dazu wurden bis zum Meilenstein zunächst 205 GB an Bilddaten aus der Projekthistorie der INSA4 genutzt. Um die verschiedenen gesichteten Bilder unterschiedlichen Kategorien von Fällen bei Begehungen (brandschutztechnischen Mängeln) zuzuordnen, wurde ein Klassifikationssystem für die Integration durch die INSA4 erarbeitet. Diese Falldatenbank diente als Ausgangspunkt für das Training von ML-Algorithmen. Im weiteren Verlauf des Projektes wurde aufgrund der Ergebnisse der weiteren Arbeitspakete entschieden, dass die Erweiterung der Falldatenbank die Möglichkeiten des Einsatzes der KI-basierten Klassifikation verbessern kann. Aus diesem Grund wurde die Falldatenbank schrittweise erweitert und es wurden im Ergebnis noch einmal ca. 8000 Bilder klassifiziert.

### *AP 3: Framework-Evaluation und Ableitung Pflichtenheft*

Geplant war in diesem AP die Sichtung und Bewertung geeigneter Technikframeworks zur Umsetzung der Anforderungen aus AP1 und AP2, die Erarbeitung eines Bewertungskatalogs und die Erstellung eines Pflichtenhefts. Die Evaluation geeigneter Technikframeworks wurde systematisch durchgeführt. Das IFDT erarbeitete hierfür einen detaillierten Kriterienkatalog, auf dessen Basis in Abstimmung mit Simba n<sup>3</sup> die technologische Basis für die definierte Gesamtarchitektur festgelegt wurde. Diese wurde anschließend für die weitere Entwicklungsarbeit im Projekt getroffen. Aufgrund des agilen Vorgehens für die Entwicklung wurde auf ein starres Pflichtenheft verzichtet; die Entwicklung erfolgte iterativ auf Basis des Lastenhefts und der Technologieentscheidungen. Aus diesem Grund wurde Meilenstein 4

(finales Pflichtenheft verabschiedet) modifiziert auf „finales Architekturkonzept verabschiedet“.

Der Kriterienkatalog umfasst die folgenden Kriterien:

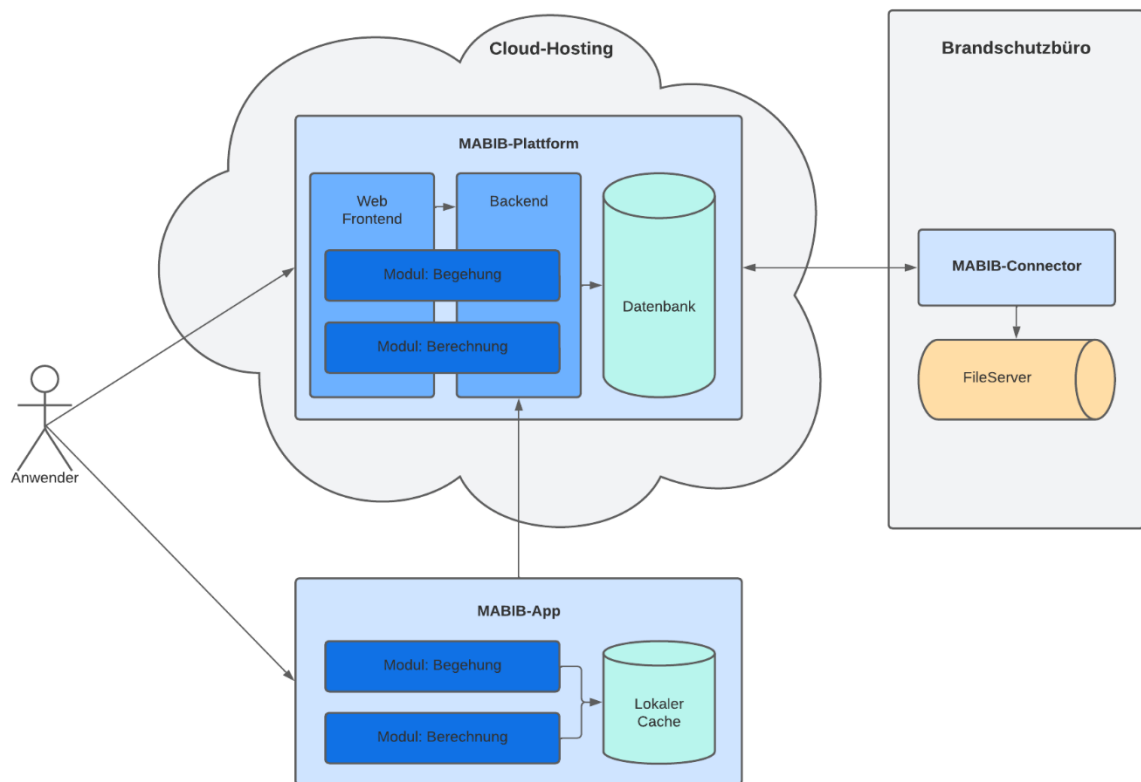
- Generisches Kriterium: Bekanntheit und Verbreitungsgrad
- Generisches Kriterium: Aktualität
- Generisches Kriterium: Dokumentation und Community
- Generisches Kriterium: Lizenz und Kosten
- Generisches Kriterium: Entwicklungsunterstützung
- Generisches Kriterium: Performanz und Skalierbarkeit
- Anwendungsfallbezogenes Kriterium: Unterstützung plattformspezifischer Funktionen
- Anwendungsfallbezogenes Kriterium: Benutzeroberfläche / Interaktionsdesign
- Anwendungsfallbezogenes Kriterium: Erfahrungen im Konsortium / Lernkurve

Das konzipierte Informationssystem unterstützt die verschiedene Arbeitsabläufe, die bei der Brandschutzplanung durchgeführt werden und in den Use Cases des Projektes beschrieben sind.

Die Softwarelösung sollte als Mobile App auf mobilen Endgeräten (Tablet und/oder Smartphones) mit den Betriebssystemen iOS und Android umgesetzt werden. Darüber hinaus soll auch eine Nutzung im Büro (z.B. auf dem Rechner eines Ingenieurs) möglich sein. Nutzer sind primär die Brandschutzingenieure und Brandschutzingenieurinnen des Brandschutzbüros, die Begehungen der Objekte durchführen und Brandschutzkonzepte erstellen.

Die Gesamtanwendung wurde demnach als Web-Applikation konzipiert, um eine zeitgemäße User Experience zu gewährleisten und einen orts- und geräteunabhängigen Zugriff zu erlauben. Das Konzept sah deshalb vor, die Kernanwendung über einen Cloud-Hosting-Provider zu betreiben und besteht aus mehreren container-basierten Komponenten. Für den Anwender wird ein Web-Frontend bereitgestellt, welches sowohl vom Desktop als auch von Mobilgeräten aus bedient werden kann. Die eigentliche Geschäftslogik wird in einem Backend implementiert und bietet REST-Schnittstellen, die vom Web-Frontend und der Begleit-App verwendet werden. Die entstehenden Daten werden in einer separaten Datenbank persistiert. Dies umfasst eine relationale Datenbank für die vom Nutzer erfassten Daten, sowie einen File-Storage für anfallende Binärdaten (Fotos, Baupläne als PDF etc.). Dieser kann optional über eine Connector-Anwendung oder alternativ lokal im Brandschutzbüro liegen.

Um Begehungen auch offline durchführen zu können werden Apps für iOS und Android entwickelt. Diese nutzen die Schnittstellen des Backends, um Daten in die App zu laden und erfasste Informationen zum Server zurückzuspielen. Während einer Begehung werden alle erfassten Daten in einem lokalen Cache zwischengespeichert, um eine Nutzung auch bei fehlender Datenverbindung zu ermöglichen. AR-Komponenten sollen in die Mobile Anwendung integriert werden, um die Möglichkeiten der jeweiligen mobilen Betriebssysteme nutzen zu können.



**Abbildung 1: Gesamtarchitektur des MABIB-Systems**

Entsprechend der avisierten Gesamtarchitektur wurden die folgenden Komponenten zu betrachten und geeignete Technologien für die Umsetzung zu evaluieren:

- Technologie zur Umsetzung der Mobile App
- Technologie zur Umsetzung des WebFrontEnds der MABIB-Plattform
- Technologie zur Umsetzung des Backends der MABIB Plattform
- Technologie zur Datenhaltung
- Unterstützungstechnologien für Entwicklung und Deployment

Im Ergebnis wurde auf Basis des Kriterienkatalogs folgende Auswahl getroffen und für die als Technologie für die weiteren Entwicklungsarbeiten zur Anwendung gebracht:

- Technologie zur Umsetzung der Mobile App: Flutter
- Technologie zur Umsetzung des WebFrontEnds der MABIB-Plattform: Angular mit Angular Material Design sowie Tailwind CSS
- Technologie zur Umsetzung des Backends der MABIB Plattform: SpringBoot, Keycloak
- Technologie zur Datenhaltung: Postgresql mit Liquibase
- Unterstützungstechnologien für Entwicklung und Deployment: Git, Docker, CI

#### *AP 4: Interface-Design und Augmented Reality*

Der Schwerpunkt dieses Arbeitspakets lag auf der Sicherstellung der Nutzbarkeit einer softwaretechnischen Unterstützungslösung für brandschutzplanerische Begehungen. Es sollte vermieden werden, eine hochkomplexe oder schwer erlernbare App für die Anwender zu entwickeln. Ebenso wurde ein geringer Nutzen in Lösungen gesehen, die aufwändige Dateneingaben (z.B. in langen Listen) erfordern. Daher waren Interface-Design und Usability zentrale Aspekte.

Die grundlegende Prämisse war, dass die Softwarelösung bei der Erfassung und Dokumentation von Werten und Berechnungen während der Begehungen intuitiv und dem Anwendungsfall angemessen nutzbar sein muss. Informationen aus Vorprojekten sollten bei Bedarf eingeblendet und Daten nach dem BIM-Prinzip (Building Information Modeling) objektspezifisch einmal erfasst und für verschiedene Berechnungen wiederverwendet werden können.

Das System sollte mobil nutzbar und für mobile Geräte optimiert sein, um deren technische Möglichkeiten für eine intuitive Benutzung auszuschöpfen. Eine besondere Chance wurde in der Nutzung von Augmented Reality (AR) gesehen. Es sollte untersucht werden, wie AR die Wahrnehmung unterstützen kann, z.B. durch:

- Nutzung von Kamerabildern sowie Ergänzung von Kamerabildern/-videos mit Zusatzinformationen.
- Markierung baulicher Elemente und direkte Bestimmung von Abständen/Messwerten.
- Abgleich aufgenommener Fotos mit dem Erfahrungsbestand (Anzeige ähnlicher Fälle).

Konkrete Aufgaben waren:

- Identifikation sinnhafter AR-Unterstützungsmöglichkeiten für die identifizierten brandschutzplanerischen Prozesse.
- Bewertung der technischen und softwaretechnischen Aspekte für eine AR-Nutzung.
- Prüfung, ob die Genauigkeit von AR-basierten Messungen für die Anwendung ausreichend ist.
- Erarbeitung eines geeigneten Interaktionsdesigns unter Nutzung der Möglichkeiten von AR, das eine arbeits- und aufgabenangemessene Interaktion sowie kontextsensitive Informationsdarstellung ermöglicht.
- Recherche und Evaluation von AR-Technologien/-Frameworks hinsichtlich ihrer Eignung.
- Ergänzung der technischen Konzeption aus AP3 durch die Ergebnisse, in Verbindung mit klassischem softwaretechnischem Interaktionsdesign.

Das Ziel der Erarbeitung eines geeigneten Interaktionsdesigns unter Nutzung von AR-Möglichkeiten wurde wie intendiert verfolgt. AR-Technologien und Frameworks wurden recherchiert und auf ihre Eignung für die Anwendungsszenarien evaluiert.

Zunächst wurden für das Interface-Design Mockups erstellt und diese im Rahmen der Technologieentwicklung und Lösungs-Implementierung (in AP 5/7) iterativ umgesetzt und weiterentwickelt. Die umgesetzten Funktionalitäten wurden konsequent durch den

Anwendungspartner INSA getestet, wobei das IFDT insbesondere die Informationsmodule implementierte und Simba n<sup>3</sup> die Kamerafunktionalitäten in die App integrierte

Für das Interface-Design erwies sich die Nutzung von Material Design in Kombination mit Tailwind CSS als hilfreich, um ein einheitliches Look&Feel sicherzustellen. Auf Usability durch Erklärungen, Tooltips und (nach Rückmeldung von INSA) integrierte Berechnungshelfer wurde geachtet und in der späteren Bewertung/Evaluation als hilfreich und für die Benutzung ausreichend angesehen.

### Berechnungshilfe Ventilationsöffnung

Hinzufügen

| Breite | Höhe | Anzahl | A <sub>w</sub> | B <sub>ges</sub> |  |
|--------|------|--------|----------------|------------------|--|
| 1      | 2    | 2      | 4              | 2                |  |

**Fläche der Ventilationsöffnung A<sub>w</sub>: 4**

**Höhe der Ventilationsöffnung H<sub>w</sub>: 2**

Übernehmen

Abbildung 2: Beispiel für einen "Berechnungshelfer" zur Ermittlung der Größe einer Ventilationsöffnung

Im Rahmen der AR-Evaluation wurden verschiedene Technologien für Mobilgeräte geprüft. Ein zentraler Punkt war die Anwendbarkeit und Genauigkeit von mittels AR ableitbaren Maßen. Tests ergaben, dass die Genauigkeit dieser Maße stark von verschiedenen Faktoren (wie z.B. Lichtverhältnisse, Oberflächenbeschaffenheit, Kameraqualität) beeinflusst wird und für die erforderliche Präzision in der Anwendung häufig nicht ausreichend ist. Folglich wurde festgestellt, dass der Mehrwert von AR in den identifizierten Anwendungsfällen aufgrund dieser Genauigkeitsbeschränkungen häufig nicht gegeben ist. Aus diesem Grund wurde sich stärker auf die Nutzung der Funktionen der Kamera in Verbindung mit den ML-Algorithmen fokussiert. Hier konnte das Ziel der Verknüpfung mit dem Erfahrungswissen/Fachbestand an vergleichbaren Fällen realisiert werden.

Ebenso wurde getestet, inwieweit die Sensorik der mobilen Geräte es ermöglicht, eine direktere Verortung bei der Begehung zu ermöglichen. Durch Nutzung von GPS – Daten bzw. Daten zu Schritten/Anfangspunkte wurde versucht zu ermitteln, an welcher Stelle im hinterlegten Plan eine Aufnahme erfolgt. Auch hier zeigte sich, speziell bei Tests auf aktiven Baustellen (bei Begehungen), dass die Genauigkeit innerhalb von Gebäuden mit den existierenden Sensorikdaten nicht genau genug erfasst und zugeordnet werden kann.

### AP 5: Entwicklung Informationssystem

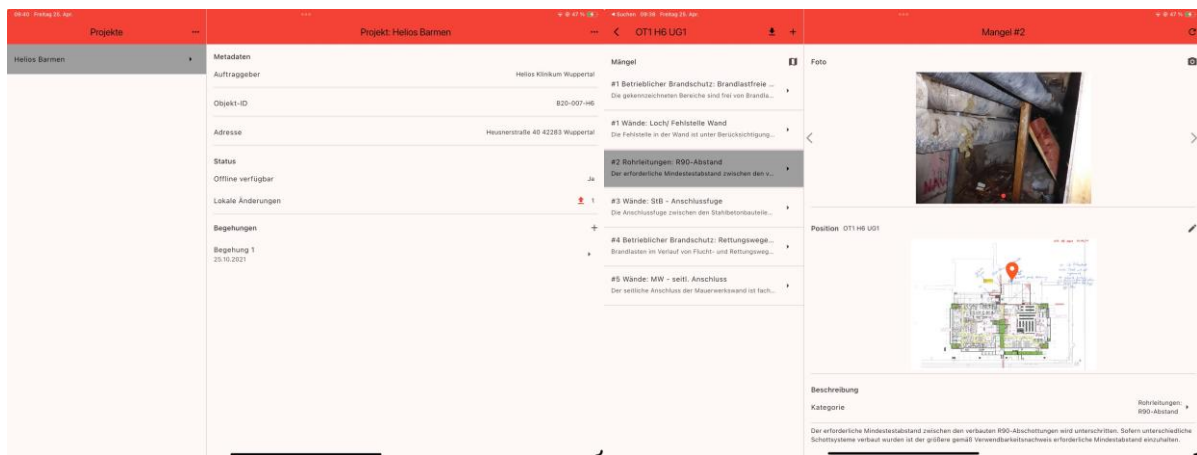
Das Hauptziel dieses Arbeitspaketes war die technische Umsetzung der mobilen App als grundlegendes Informationssystem. Es sollen die Ergebnisse der vorangegangenen

10

Sachbericht zum Verwendungsnachweis – Teil II

Arbeitspakete (insbesondere AP 1-4 bezüglich Zielsysteme, Modularitätskonzept, Anforderungen und Interaktionsdesign) zusammengeführt und mithilfe des optimalen Entwicklungsframeworks implementiert werden. Dazu gehört auch die Entwicklung von Schnittstellen für die Synchronisation mit anderen Planungssystemen und die softwaretechnische Dokumentation.

Das Arbeitspaket konnte im Projektverlauf erfolgreich umgesetzt werden. Die grundlegende Anwendungsarchitektur wurde realisiert und als Cloud-basierte Lösung umgesetzt. Ein erstes Testsystem wurde von Simba n<sup>3</sup> für das Konsortium bereitgestellt. Es existiert eine funktionstüchtige Basisversion der mobilen App. Diese App ist als Prototyp grundsätzlich nutzbar und einsatzfähig und wurde bereits von verschiedenen Anwendern im Rahmen des Projektes getestet. Sie beinhaltet das grundlegende, modulare informationstechnische Konzept und das entworfene Interaktionsdesign. Notwendige Schnittstellen zu Backends oder anderen Systemen sind implementiert, und die Software ist dokumentiert. Mit der Software werden die Use-Cases des Projektes unterstützt. Dabei kann die Software auch offline genutzt werden, nachdem sie mit dem Backend synchronisiert wurde.



**Abbildung 3: Screenshots der Umsetzung von „Begehungen“ in der MABIB-App unter iOS**

Das Backend wurde ebenfalls entsprechend der Konzeption der vorherigen Arbeitspakete umgesetzt. Dieses dient einerseits der Datenhaltung und Berechnung für die MABIB-App und verfügt andererseits über ein eigenes Webfrontend. Über dieses ist die Vorbereitung und Bearbeitung von Begehungen sowie Berechnungen auch im Ingenieurbüro möglich. Integriert ist auch eine Nutzerbasierte Anmeldung sowie geeignete Reportingfunktionen, welche für eine weitere Nutzung über die Prototypphase hinaus noch zu verfeinern wären.

Die nachfolgenden Screenshots zeigen Ausschnitte aus der realisierten Funktionalität:

MABIB Begehungen Berechnungen angemeldet als \_\_@\_\_

Daten Berechnungstabelle Brandkurve

**Eurocode-Berechnung:**  
Bitte wählen Sie die Art der Berechnung und geben Sie jeweils die Kenndaten für eine Berechnung ein.

Grunddaten für den brandlastgesteuerten Brandverlauf:

Vorauswahl Gebäudenutzung: Bürogebäude

maximale Brandfläche\*: 200 m<sup>2</sup>

Wärmefreisetzung\*: 0.25 MW/m<sup>2</sup>

Brandlastdichte\*: 584 MJ/m<sup>2</sup>

Ausbreitungsgeschwindigkeit\*: 300 s

ventilationsgesteuerter Brand

Teilsicherheitsbeiwert berechnen

Flashoverberechnung

Berechnen Zurücksetzen

Abbildung 4: Parametererfassung für die Berechnung eines brandlastgesteuerten Brandverlaufes nach Eurocode

MABIB Begehungen Berechnungen angemeldet als \_\_@\_\_

Projekt: Helios Barmen - Begehung 1

Abschnitt OT1 H6 OG2 Ansicht Plan VORHERIGE BEGEHUNG LADEN PROTOKOLL HERUNTERLADEN

MÄNGEL ÜBERNEHMEN

1 ISSUE

Der seitliche Anschluss der Mauerwerkswand ist fachgerecht zu verfügen bzw. mit Mineralwolle nach DIN 4102-17 (Schmelzpunkt >= 1000 °C) zu verfüllen.

2 ISSUE

Der seitliche Anschluss der Mauerwerkswand ist fachgerecht zu verfügen bzw. mit Mineralwolle nach DIN 4102-17 (Schmelzpunkt >= 1000 °C) zu verfüllen.

Abbildung 5: Unterstützung von Begehungen mit Dokumentation von Mängeln

## Mangel bearbeiten



Mangel in Abschnittskarte markieren — Bild hochladen — Daten angeben

|                |   |
|----------------|---|
| Nummer*        | 1   |
| Status         | Mangel  |
| Kategorie*     | Wände   |
| Spezifikation* | MW - seitl. Anschluss   |
| Beschreibung   | Der seitliche Anschluss der Mauerwerkswand ist fachgerecht zu verfügen bzw. mit Mineralwolle nach DIN 4102-17 (Schmelzpunkt $\geq 1000$ °C) zu verfüllen. |

ABBRECHEN SPEICHERN

Abbildung 6: Strukturierte Erfassung von Mängeln bei Begehungen

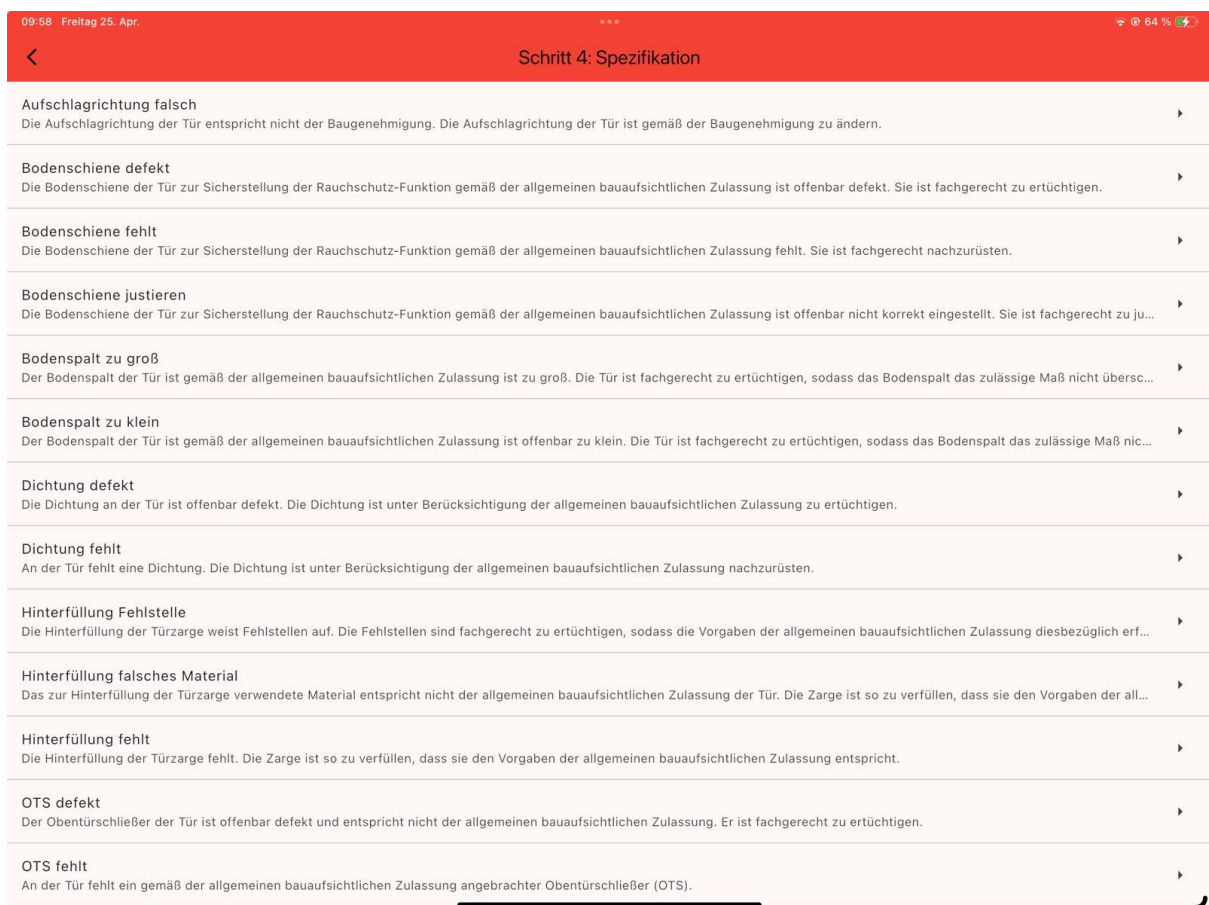
### AP 6: Machine Learning Integration

Ziel dieses APs war es, die mobile App durch den Einsatz von Machine Learning (KI/ML)-Algorithmen mit Erfahrungswissen anzureichern. Basierend auf einer Projektdatenbank (Fotos, Mangeltexte aus Altprojekten der INSA4) sollten Modelle trainiert werden, die Ähnlichkeiten zwischen aktuellen Begehungssituationen und bereits abgeschlossenen Projekten erkennen. Es soll geklärt werden, welche Inputdaten, Kriterien und Algorithmen geeignet sind und wie die Kommunikation sowie die Darstellung der Ergebnisse in der App erfolgen kann.

Ausgangspunkt für die Arbeiten in diesem Teil des Projektes war dabei der Datenbestand der INSA4. Es wurde in mehrere Iterationszyklen historische Projektdaten (insbesondere Begehungsprotokolle und damit verbundenen Aufnahmen verbundenen Mängeln) genutzt um häufig auftretende Mängel automatisch identifizieren zu können. Dazu wurde zunächst eine Kategorisierung vorgenommen. Die folgenden Kategorien wurden identifiziert:

- Anlagentechnik
- Betrieblicher Brandschutz
- Elektrische Leitungen
- Fenster und Verglasung
- Lüftungsleitungen
- Rohrleitungen
- Türen, Tore & Schürzen
- Wände, Decken & Stützen - massiv
- Wände, Decken & Stützen - Trockenbau

Für jede der Kategorien wurden die häufig auftretenden Fehler identifiziert und zugeordnet (siehe Abbildung 7).



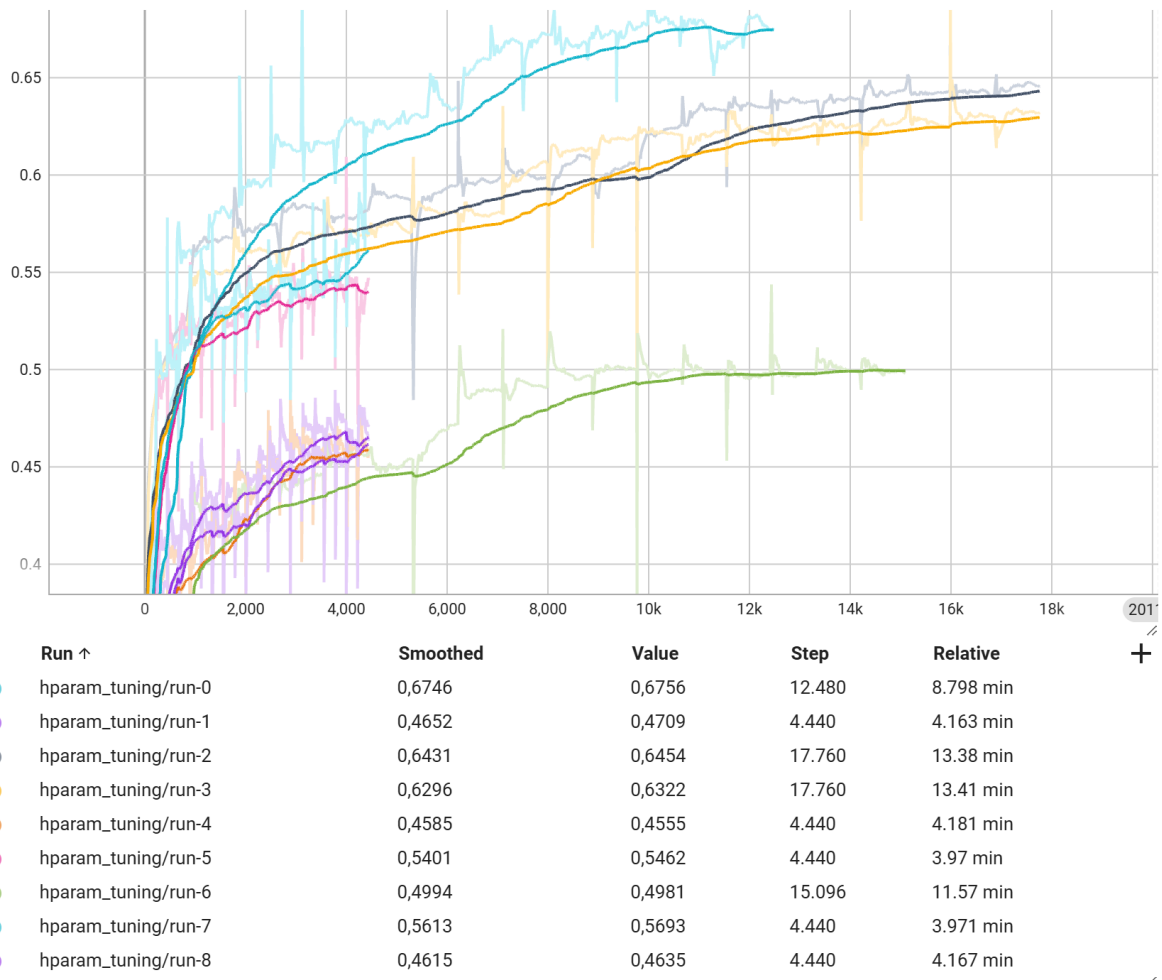
**Abbildung 7: Auszug aus der Fehlerliste für die Kategorie „Türen“**

Unter Nutzung von TensorFlow wurde dann ein Training eines Modells vorgenommen. Hierfür wurden in zunächst 205 GB an Daten mit historischen Projektbegehungen genutzt und es wurden ca. 5000 Bilder im Rahmen des Projektes für das Modelltraining klassifiziert. Im weiteren Verlauf des Projektes wurden weitere 3000 Bilder aus weiteren Begehungen ergänzt, um die Modellgüte zu verbessern.

In einem ersten Schritt wurden verschiedene Trainingsverfahren zur Bildklassifikation auf die Anwendbarkeit auf den bestehenden Datensatz untersucht. Zur Auswahl standen verschiedene Konfigurationen von neuronalen Netzen die von Grund auf trainiert wurden, sowie das sogenannte Transfer-Learning, bei dem ein bereits vortrainiertes Neuronales Netz

mit den für den konkreten Anwendungsfall passenden Bildern weiter trainiert wird. Auch hier wurden verschiedene Konfigurationen untersucht. Es war allerdings schon nach wenigen Durchläufen erkennbar, dass mit Transfer-Learning die besten Ergebnisse zu erzielen sind.

Nach der Festlegung auf dieses Verfahren wurde der Einfluss weiterer Parameter durch ein Hyper-Parameter-Tuning untersucht. Abbildung 8 zeigt die Erkennungsgenauigkeit verschiedener Trainingsläufe. Im Lauf 7 wurde die beste Genauigkeit erzielt.



**Abbildung 8: Modellgenauigkeit für verschiedene Hyper-Parameter**

In Abbildung 9 werden die Einflüsse der verschiedenen Hyper-Parameter auf die Erkennungsqualität visualisiert. Untersuchte Parameter waren unter anderem die Größe des Neuronalen Netzes (dense\_layer), Generalisierungsfähigkeit (dropout), Verfahren zum Umgang mit unterschiedlich vielen Trainingsdaten in unterschiedlichen Kategorien (imbalance), sowie die Häufigkeit der Präsentation einzelner Bilder (repeat).

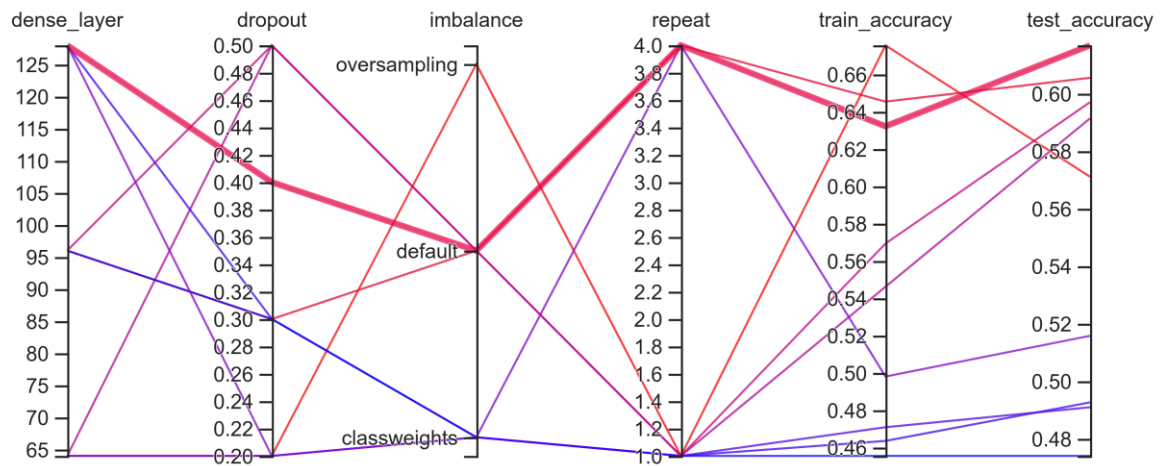


Abbildung 9: Hyper-Parameter

Zur Bewertung der Erkennungsgenauigkeit wurde eine Confusion-Matrix für das beste Modell erstellt (Abbildung 10). Diese gibt Auskunft darüber an welchen Stellen Verwechslungen zwischen den einzelnen Kategorien wahrscheinlich sind.

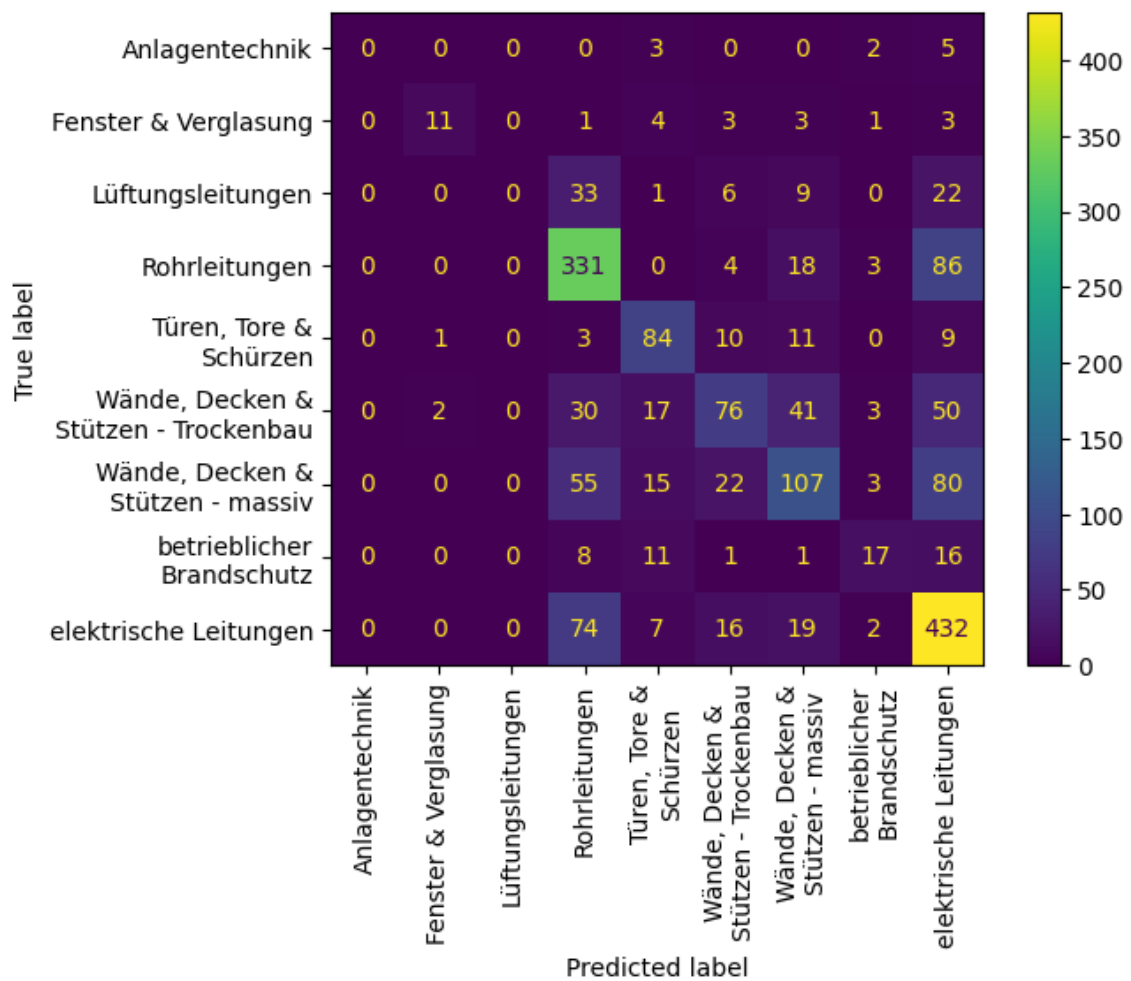


Abbildung 10: Confusion-Matrix

Das trainierte Modell wurde in die MABIB-App integriert und hilft bei der Erfassung von Mängeln. Wird für einen bei einer Begehung aufgetretenen Mangel ein Foto aufgenommen, kann dieses automatisch analysiert werden und die Mängelkategorie weitgehend eingegrenzt werden.



Abbildung 11: Klassifikationsergebnisse in der App

### AP 7 – Entwicklung Informationsmodule

Dieses AP zielte darauf ab, die in AP 2 fachlich-inhaltlich ausgearbeiteten Berechnungs- und Erfassungsmethoden als softwaretechnische Module in die mobile App (entwickelt in AP 5) zu integrieren. Dies soll modular erfolgen und umfasst z.B. Themen wie Brand-/Rauchausbreitung, Entrauchung, Abschottungen, Tragwerksbemessung im Brandfall und Entfluchtungszeiten.

Die nachfolgenden Screenshots zeigen Ausschnitte aus der realisierten Funktionalität an einem Beispielm modul. Nach einer Abfrage in der Regel weniger Initialwerte (Abbildung 12) erfolgt die Berechnung und die relevanten Ergebnisse werden sowohl als Wertetabelle (Abbildung 13) als soweit zutreffend auch in grafischer Form (Abbildung 14) ausgegeben. Es besteht dabei auch die Möglichkeit, die Werte – soweit für die Berechnung passend – für eine weitere Verwendung zu exportieren (z.B. als Excel-Tabelle oder als Grafik).

MABIB Begehungen Berechnungen angemeldet als \_@\_

Daten Berechnungstabelle Brandkurve

**Eurocode-Berechnung:**  
Bitte wählen Sie die Art der Berechnung und geben Sie jeweils die Kenndaten für eine Berechnung ein.

Grunddaten für den brandlastgesteuerten Brandverlauf:

Vorauswahl Gebäudenutzung: Bürogebäude

maximale Brandfläche\*: 200 m<sup>2</sup>

Wärmefreisetzung\*: 0.25 MW/m<sup>2</sup>

Brandlastdichte\*: 584 MJ/m<sup>2</sup>

Ausbreitungsgeschwindigkeit\*: 300 s

ventilationsgesteuerter Brand

Teilsicherheitsbeiwert berechnen

Flashoverberechnung

**Berechnen** **Zurücksetzen**

Abbildung 12: Parametererfassung für die Berechnung eines brandlastgesteuerten Brandverlaufes nach Eurocode

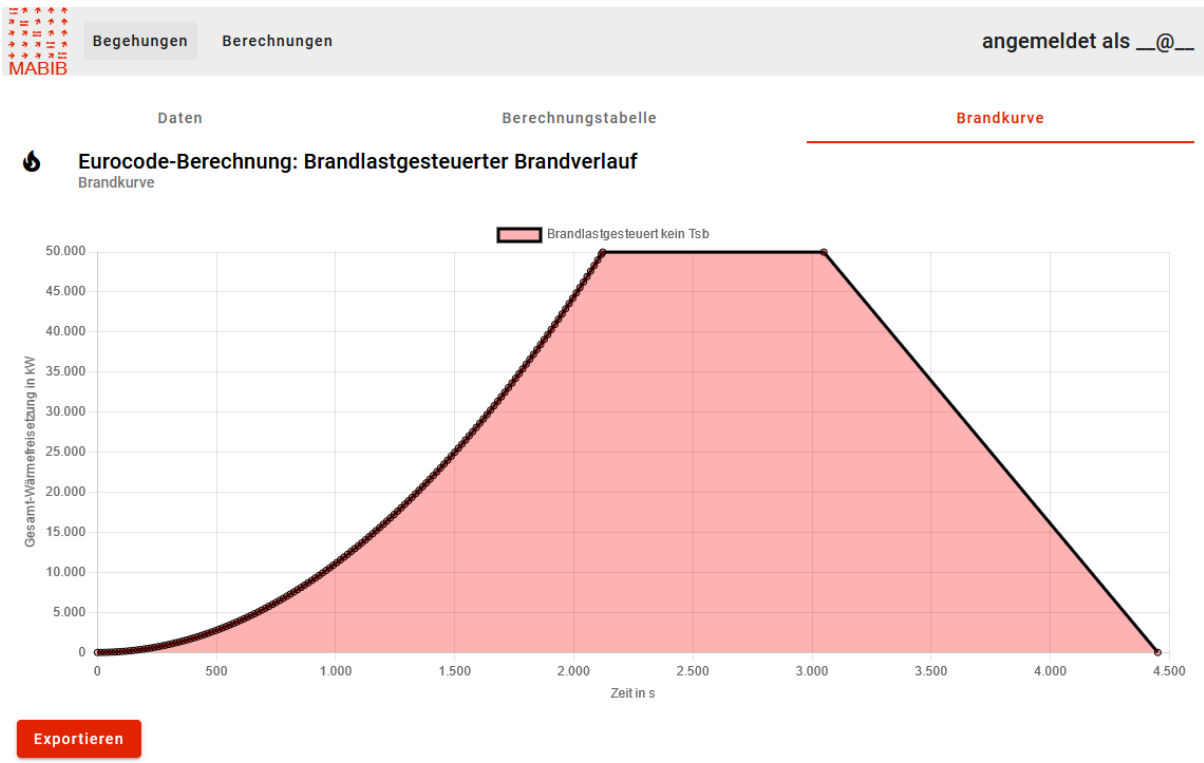
Daten **Berechnungstabelle** Brandkurve

**Eurocode-Berechnung: Brandlastgesteuerter Brandverlauf**  
Ergebnisse der Berechnung

| <i>i</i>                     | <i>T<sub>i</sub> in s</i> | <i>Q<sub>i</sub> in MJ</i> |
|------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1                            | 2.121                     | 35.339,32                  |
| 2                            | 3.049                     | 46.420,68                  |
| 3                            | 4.451                     | 35.040                     |
| <b>Ges</b>                   |                           | <b>116.800</b>             |
| <b>Q<sub>max</sub> (HRR)</b> |                           | <b>50</b>                  |

**Exportieren**

Abbildung 13: Berechnungsergebnisse in Tabellensicht



**Abbildung 14: Auswertung des Brandverlaufs in einer Brandverlaufskurve**

Alle spezifizierten Berechnungsmodule konnten auch als Informationsmodule umgesetzt werden. Sie wurden zunächst in das Web-Frontend integriert und sind über eine Browser-Komponenten auch in der MABIB-App verfügbar. Die umgesetzte Lösung ist somit um spezifische Fachmodule erweitert, die die Brandschutzplanung bei konkreten Berechnungs- und Erfassungsaufgaben unterstützen. Somit bietet der MABIB-Prototyp nicht nur eine Basis für die Datenerfassung, sondern auch eine aktive Unterstützung bei relevanten brandschutzplanerischen Maßnahmen und Berechnungen. Das modulare Konzept erlaubt zudem die zukünftige Erweiterung um weitere Fachmodule über den Projektzeitraum hinaus.

### *AP 8 – Anwendung und Erprobung*

Das Ziel dieses Arbeitspakets war die praktische Erprobung und systematische Evaluation der in den vorherigen Phasen (insbesondere AP 5, 6, 7) entwickelte Applikation bestehend aus MABIB-App und MABIB-Frontend/Backend. Es sollte überprüft werden, wie sich die Lösung im realen Einsatz bei Begehungen auf Baustellen bewährt, wie gut die implementierten Funktionen (Basis, Fachmodule, KI-Unterstützung) die Brandschutzingenieure und -innen unterstützen und welche Rückmeldungen die Nutzerinnen und Nutzer zur Praxistauglichkeit und Benutzerfreundlichkeit geben.

Die entwickelte mobile App wurde erfolgreich in der Praxis getestet. Im Rahmen dieses Arbeitspakets fanden Begehungen auf Baustellen statt, bei denen die MABIB-App zur Unterstützung ihrer Arbeit einsetzten. Im Anschluss an diese Erprobungsphase wurde eine Evaluation durchgeführt. Diese erfolgte anhand von Interviews, die mit einem

halbstandardisierten Gesprächsleitfaden geführt und anschließend qualitativ ausgewertet wurden. Die zentralen Ergebnisse und Erkenntnisse aus dieser Evaluation sind:

Die Benutzerfreundlichkeit der App erhielt von allen Befragten durchweg sehr positive Rückmeldungen. Die Mehrheit der Interviewten empfand die Benutzeroberfläche sowie die angebotenen Tools als selbsterklärend und intuitiv strukturiert. Eine umfassende Einweisung oder eine längere Einarbeitungszeit in die Anwendung waren nicht zwingend erforderlich; einige Testpersonen wünschten sich jedoch schlichte Unterstützung bei der Handhabung einzelner Tools oder Eingabefunktionen.

Im Rahmen der Nutzung zeigte sich die mobile App als hilfreiches Instrument zur Datenerfassung. Durch gezielte Anfragen, unterstützt von der integrierten KI, konnte die Probanden relevante Daten effizient anfordern. Dies führte zu einer signifikanten Zeitersparnis, da redundante Datenerhebungen vermieden werden konnten. Darüber hinaus leistete die KI wertvolle Unterstützung bei der Erfassung und Bewertung von Mängeln, was den Arbeitsaufwand deutlich reduzierte.

Die in der App durchgeführten Berechnungen wurden als entlastend wahrgenommen, da die erforderlichen Werte innerhalb weniger Sekunden bereitgestellt wurden und somit direkt verarbeitet werden konnten.

Für eine künftige Weiterentwicklung der App wurde die Integration eines Moduls für standardisierte Textvorlagen vorgeschlagen, um die Erstellung von Mängellisten und Berichten zu erleichtern und die Effizienz der Arbeitsprozesse zu erhöhen.

Diese Ergebnisse liefern wichtige Einblicke in die Stärken, Schwächen und das weitere Verbesserungspotenzial der entwickelten Lösung.

#### *AP 9 – Dissemination und Projektmanagement*

Das Arbeitspaket (AP) verfolgte das Ziel, Maßnahmen für den Transfer für die im Vorhaben umgesetzte prototypische Lösung vorzubereiten und durchzuführen. Dazu sollten insbesondere auch die Methoden des Service Engineerings und des Qualitätsmanagements eingesetzt werden, um die Nachhaltigkeit im Sinne der Verwertungsplanung sicherzustellen. Begleitend waren im Arbeitspaket Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit geplant, und die Ergebnisse sollten sowohl in wissenschaftlicher Sicht als auch in Bezug auf die Anwendersicht diskutiert und verbreitet werden. Zur nachhaltigen maximalen Verwertung und Nutzung war vorgesehen, die Projektergebnisse über verschiedene Kanäle an unterschiedliche Stakeholder zu verbreiten.

Diese Ziele wurden erfolgreich erreicht. Die Transfermaßnahmen wurden vorbereitet und durchgeführt.

Die geplanten Aufgaben zur Verbreitung und Öffentlichkeitsarbeit wurden ebenfalls erfolgreich umgesetzt. Hierzu gehörten ursprünglich die Präsentation auf Tagungen/Messen im Fachbezug (z.B. Feuertrutz Messe), die Erstellung von wissenschaftlichen Beiträgen für Konferenzen sowie weitere Öffentlichkeitsarbeit (Pressemitteilungen, Web-Site, Blog). Im Rahmen dieser Aktivitäten wurde das Projekt erfolgreich beim Feuertrutz-Brandschutzkongress am 25. und 26.06.2025 in Nürnberg vorgestellt, wo anschließend zielführende Fachgespräche und eine Artikelerstellung stattfanden. Des Weiteren wurde das Projekt erfolgreich auf der BMBF-Mittelstandskonferenz 2023 am 21. und 22.11.2023

präsentiert. Eine weitere Möglichkeit der Projektvorstellung im Zuge der Fachtagung "Sicherheit - Brandschutz" des Schweizerischen Verbands von Brandschutz- und Sicherheitsfachleuten (VBSF SSPS) am 19.06.2026 in Basel befindet sich derzeit in Abstimmung. Verschiedene Austausche mit Ingenieurbüros wurden ebenfalls erfolgreich durchgeführt, um die Ergebnisse aus Anwendersicht zu diskutieren und Feedback einzuholen. Dazu wurde auch das LESSIE-Netzwerk (assoziiertes Partner) durch das IFDT eingebunden. Das IFDT hat darüber hinaus einen Projektworkshop mit dem KI-Rechenzentrum der Universität Leipzig durchgeführt. Ebenso erfolgte die Entwicklung eines projektbezogenen Logos und die Information über das Vorhaben auf den Projektwebseiten der Partner.

Nicht erfolgreich im Projektzeitraum angegangen konnte die Teilnahme an internationalen Konferenzen. Dies ist insbesondere auf die Tatsache zurückzuführen, dass das Training und die Integration der ML-Modelle in die Softwarelösung erst in der letzten Projektphase umgesetzt werden konnte.

Mit Blick auf das Projektmanagement waren Leistungen vorgesehen, die einen effektiven und effizienten Projektablauf im Sinne des Projektplanes sicherstellen sollten. Die ursprünglichen Tätigkeitsfelder umfassten:

- Projektinitialisierung,
- Koordination und Management des Projekts,
- Organisation und Moderation von Projekttreffen,
- Kontinuierliche Überwachung und Fortschreibung des Projektplanes entsprechend des Projektfortschrittes,
- Einhaltung von Fristen und Berichtspflichten sowohl intern als auch gegenüber dem Fördermittelgeber.

Alle diese Aufgaben des Projektmanagements wurden erfolgreich erfüllt. Die Projektinitialisierung fand erfolgreich statt, die Koordination wurde sichergestellt, Projekttreffen wurden organisiert und moderiert, der Projektplan kontinuierlich überwacht und fortgeschrieben und alle Fristen sowie Berichtspflichten wurden eingehalten. Es wurden regelmäßige bilaterale und gemeinschaftliche Arbeits- und Abstimmungstreffen durchgeführt sowie eine effektive Kommunikations- und Austauschinfrastruktur und -kultur gepflegt.

## **WICHTIGSTE POSITIONEN DES ZAHLENMÄßIGEN NACHWEISES**

Bei der Betrachtung des zahlenmäßigen Nachweises ist hervorzuheben, dass die Finanzplanung über die gesamte Projektlaufzeit erfolgreich eingehalten wurde. Es konnte sogar erreicht werden, dass das ursprünglich vorgesehene Budget nicht vollständig ausgeschöpft wurde, was die hohe wirtschaftliche Effizienz des Projekts unterstreicht. Die wichtigste und dominierende Position innerhalb der Kostenstruktur waren dabei die Personalkosten. Dies ist nachvollziehbar und sinnvoll, da für den Projekterfolg sowohl die spezifische fachliche Expertise im Bereich des Brandschutzes als auch die notwendige IT-Expertise über entsprechend geeignete Experten in das Projekt eingebracht werden mussten, was den Kern der inhaltlichen Arbeit darstellte. Andere Kostenpositionen, wie beispielsweise Reisekosten oder Aufwendungen für Infrastruktur, spielten im Vergleich dazu budgetär nur eine untergeordnete Rolle.

## **NOTWENDIGKEIT UND ANGEMESSENHEIT DER GELEISTETEN PROJEKTARBEIT**

Die Durchführung des Projekts und die im Rahmen dessen geleisteten Arbeiten waren sowohl notwendig als auch in ihrer Art und ihrem Umfang angemessen. Die Notwendigkeit des Vorhabens ergab sich unmittelbar aus dem Bedarf an innovativen, praxisnahen Lösungen zur Digitalisierung spezifischer Prozesse im Brandschutz und der identifizierten Lücke zwischen theoretischen Brandschutzkonzepten und deren effizienter digitaler Unterstützung. Das Projekt adressierte somit eine klar definierte Problemstellung von hoher Relevanz für die Zielgruppe (z.B. Planer, Ingenieurbüros, Ausführende im Brandschutz) und zielte darauf ab, eine konkrete Verbesserung bzw. eine neue Möglichkeit zu schaffen.

Die Angemessenheit der durchgeführten Arbeiten spiegelt sich in mehreren Aspekten wider. Der gewählte Ansatz, eine prototypische Lösung zu entwickeln und deren Transfer gezielt vorzubereiten, war ein adäquater Weg, um die gesteckten Ziele praxisnah zu erreichen. Der Umfang der Arbeiten war dabei stets auf die Kernanforderungen fokussiert. Insbesondere die konzentrierte Einbindung spezifischer Fachexpertise aus den Bereichen Brandschutz und IT war für die Erreichung der Projektziele unerlässlich und stellt die Angemessenheit des Ressourceneinsatzes, insbesondere bei den Personalkosten, sicher. Nur durch diese Expertise konnte die erforderliche Qualität und fachliche Tiefe der prototypischen Lösung gewährleistet werden. Die durchgeführten Transfer- und Verbreitungsaktivitäten, wie die Vorstellungen beim Feuertrutz-Kongress, auf der BMBF-Tagung und der Austausch mit Ingenieurbüros nicht zuletzt im Rahmen der Evaluation, waren angemessene Maßnahmen, um die entwickelten Ergebnisse relevanten Stakeholdern zugänglich zu machen und Feedback für die Verwertung zu generieren. Die nachgewiesene wirtschaftliche Effizienz bei der Budgetnutzung bestätigt zusätzlich, dass die Projektarbeit nicht nur inhaltlich, sondern auch ökonomisch angemessen durchgeführt wurde. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Art und der Umfang der geleisteten Projektarbeit in einem angemessenen Verhältnis zur adressierten Herausforderung standen und zur Erfüllung einer relevanten Notwendigkeit beitrugen.

## **NUTZEN UND VERWERTBARKEIT DER ERGEBNISSE**

Die im Projekt erzielten Ergebnisse zeichnen sich durch einen hohen unmittelbaren Nutzen sowie eine vielversprechende Verwertbarkeit aus. Schon jetzt fließen die gewonnenen Erkenntnisse und die entwickelte prototypische Lösung direkt in die praktische Arbeit bei INSA4 ein und tragen dort zur Effizienzsteigerung und Qualitätsverbesserung bei. Darüber hinaus werden die Ergebnisse bereits aktiv in der Lehre eingesetzt. Nicht zuletzt hat die intensive Auseinandersetzung mit der Thematik die Expertise der beteiligten Personen und Institutionen in den relevanten Fachgebieten signifikant geschärft und erweitert.

Die Bemühungen zur Verwertung enden jedoch nicht mit dem offiziellen Projektende. Das Konsortium arbeitet engagiert und koordiniert weiter an der nachhaltigen Nutzung und Verbreitung der Ergebnisse. Ausdruck dieses Engagements ist, dass bereits nach dem Projektende weitere gemeinsame Arbeitstreffen stattgefunden haben, um die Verwertungsstrategie zu konkretisieren. Es sind bereits konkrete weitere Verwertungstreffen geplant, die sich gezielt mit den nächsten Schritten befassen: Im Fokus stehen dabei die Überführung des Prototypen in ein marktfähiges Produkt sowie die Planung einer strategischen Markteinführung. Dies unterstreicht das klare Bekenntnis der Partner, die

Projektergebnisse über den Förderzeitraum hinaus nachhaltig in die Praxis und den Markt zu transferieren.

## **BEKANNTER FORTSCHRITT AN ANDEREN STELLEN**

Im Rahmen des Projektes MABIB wurde für die Analyse und Klassifizierung erfolgreich ein spezifisches Modell mittels TensorFlow entwickelt und trainiert. Es ist jedoch anzumerken, dass das Feld der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens einer extrem schnellen Entwicklung unterliegt. Insbesondere die rasanten Fortschritte im Bereich großer Sprachmodelle (Large Language Models, LLMs), wie sie beispielsweise durch Tools wie Gemini, ChatGPT und anderen repräsentiert werden, eröffnen mittlerweile potenziell alternative Lösungsansätze für ähnliche oder sogar die hier adressierte Problemstellung. Denkbar wäre beispielsweise der Einsatz von Retrieval-Augmented Generation (RAG)-Pipelines, die es ermöglichen, die allgemeinen Fähigkeiten von LLMs mit spezifischem Domänenwissen – etwa aus Regelwerken oder Fachliteratur des Brandschutzes – zu kombinieren, um kontextgenaue Ergebnisse zu erzeugen. Auch die direkte Nutzung oder Anpassung von leistungsfähigen öffentlichen LLMs könnte eine Alternative darstellen. Diese Ansätze, die erst während bzw. gegen Ende der Laufzeit dieses Projekts ihre heutige Reife und breitere Verfügbarkeit erlangten, konnten im Rahmen der Projektarbeiten nicht untersucht werden. Sie stellen jedoch einen relevanten Aspekt des technologischen Fortschritts dar, der bei zukünftigen Weiterentwicklungen oder vergleichbaren Vorhaben berücksichtigt werden könnte.

## **VERÖFFENTLICHUNGEN**

Die Projektergebnisse wurden/werden nach Abschluss des Vorhabens auf der Fachmesse Feuertrutz in Nürnberg im Juni 2025 vorgestellt und präsentiert.