Sachbericht zum Verwendungsnachweis

„Kulturgut bewahren durch Helfermotivation und geringe **Br**and**wa**hrscheinlichkeiten“

Teil 1 – Kurzbericht

Teilvorhaben:
Untersuchung der Anforderungen an ein zuverlässiges Brandmelde- und Alarmierungsnetzwerk

Akronym: BRAWA

Förderkennzeichen: 13N15419

Stand – 25.10.2024

Das Teilvorhaben „Untersuchung der Anforderungen an ein zuverlässiges Brandmelde- und Alarmierungsnetzwerk“ im BRAWA Verbund konzentrierte sich

I) auf die Entwicklung eines Alarmierungsnetzwerks mit optimiertem Warntondesign
II) auf die Verknüpfung von verschiedenen Sensordaten
III) auf technische Möglichkeiten und Auswahl einer Schnittstelle des Brandmeldesystems sowie die Weiterleitung von Informationen an eine dritte Stelle
IV) auf ein vertiefendes Verständnis von Falschalarmen bei spezifischen Gebäudenutzungen

Im BRAWA-Verbund sind daher folgende Arbeitspakete mit den Konsortialpartnern abgestimmt worden:

Monat	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**	**14**	**16**	**18**	**20**	**22**	**24**	**26**	**28**	**30**	**32**	**34**	**36**
AP 01 Identifikation und Bewertung von Gefahrenquellen																		
AP 02 Auswahl geeigneter Sensorik																		
AP 03 Entwicklung Branddetektionssystem																		
AP 04 Entwicklung von Auswertealgorithmen																		
AP 05 Alarmierungsnetzwerk																		
AP 06 Systemerprobung & Validierung																		
AP 07 Begleitforschung																		

In den einzelnen Arbeitspaketen wurden folgende Arbeiten und Veröffentlichungen erstellt:

AP 1

- Es wurde eine Auswertung der Daten der vfdb-Brandschadenstatistik durchgeführt um mögliche spezifische Gefahrenquellen von Bränden in soziokulturellen bzw. historischen Gebäuden zu identifiziert (Keine spezifischen Aussagen zu historischen Gebäuden möglich, deshalb wurden für die Analyse alle Gebäudebrände (ohne Wohnungsnutzungen) verwendet)
- Außerdem wurde die Wirksamkeit von Brandmeldeanlagen auf Basis vorhandener Daten dargestellt.

- Daten über die Ursachen von Gebäudebränden sowie Falschalarmen des assoziierten Partners Klassik-Stiftung Weimar wurden ausgewertet.

AP 2

- An der Beschreibung und Beurteilung relevanter Kenngrößen als Basis für die Auswahl geeigneter Sensoren hat Hekatron mitgearbeitet.
- Mitarbeit an der Festlegung und Konzeptionierung der relevanten durchzuführenden Brandversuche sowie Täuschungsgrößenversuche in Bezug auf historische und soziokulturelle Gebäude

AP 3

- Durchführung einer Machbarkeitsanalyse mit dem Ergebnis, dass die Daten der Brandmelder durch BMA abgerufen und gespeichert werden und durch Live-Anbindung an das Zielsystem über MQTT-Broker übertragen werden
- Festlegung des Datenformats und geeigneter Kommunikation. Implementierung, Testaufbau und Bereitstellung des modifizierten Systems.

AP 4

- Zusammen mit den Partnern wurde eine Datenbank konzipiert, die dem Labeling der einzelnen Versuche und damit der Brandszenarien in Abhängigkeit verschiedener Faktoren wie z.B. die Sensordaten, Raumdaten, Versuchsanagaben diente.
- Die gemeinsam durchgeführten Brandversuche (Brandraum ELBA Hekatron und Halle GTE) wurden von Hekatron mit geplant und gestaltet und mit extensiver Messtechnik (Brandmeldeketten) ausgestattet. Die Versuchsreihen wurden ausgewertet und im Verbund geteilt und verwertet
- Bereitstellung eines 3D-Modells des ELBA-Labors zur Durchführung und Berechnung von Brandsimulationen.

AP 5

- Umfangreiche Literaturrecherche zu Gestaltungsmöglichkeiten von Alarmierungstönen und ihre Auswirkungen auf verschiedene Parameter.
- Ein optimaler akustischer Alarmierungston konnte anhand der durchgeführten Studien und Versuchsdaten analysiert und beschrieben werden.
- Auswirkungen von Sprachalarmierungen bei Alarmierungssignalen getestet, ausgewertet und bewertet.

AP 6

- Gemeinsame Planung und Durchführung eines Anwenderworkshops zur Verifizierung der Forschungsergebnisse

AP 7

- Auswertung und Aufbereitung umfangreicher Falschalarmdaten von Brandmeldeanlagen des assoziierten Partners Klassik Stiftung Weimar sowie Vergleich und Einordnung der Daten mit bisherigen Brand bzw. Falschalarmstatistiken.

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

„Kulturgut bewahren durch Helfermotivation und geringe **Br**and**wa**hrscheinlichkeiten“

Teil 2 – Eingehende Darstellung

Teilvorhaben:
Untersuchung der Anforderungen an ein zuverlässiges Brandmelde- und Alarmierungsnetzwerk

Akronym: BRAWA

Förderkennzeichen: 13N15419

Stand – 25.10.2024

Aufgestellt von:

M.Sc. Chiara Herbster
Dr.-Ing. Sebastian Festag

Hekatron Vertriebs GmbH
Brühlmatten 9
79295 Sulzburg
E-Mail: hec@hekatron.de
E-Mail: fes@hekatron.de

I. Eingehende Darstellung

1. Aufgabenstellung

Im Teilvorhaben werden Informationen zu Bränden in historischen Gebäuden und Möglichkeiten der Branddetektion zusammengeführt, wobei besondere Gegebenheiten und die Ausbreitung von Brandkenngrößen in der Frühphase analysiert werden. Basierend auf Erkenntnissen aus dem Projekt TEBRAS unterstützte Hekatron sowohl bei der Auswahl geeigneter Sensoren sowie bei der Entwicklung von Algorithmen zur Berechnung der Brandwahrscheinlichkeit und Alarmierungsketten. Es wird die menschliche Reaktion auf Alarme untersucht, um die Schnittstelle zwischen Mensch und Technik zu verbessern. Eine Demonstrations-App integriert die Ergebnisse und die Anwendbarkeit wird in einem Alarmierungsnetzwerk dadurch simulieren.

Dazu wurden drei Kernziele verfolgt:

I. Identifizierung, Auswahl und Weiterentwicklung technischer Möglichkeiten zur zuverlässigen Branddetektion in soziokulturellen Infrastrukturen (technische Ebene)

Bei der Entwicklung eines sensiblen Sensorsystems wurden verschiedenste Sensoren auf einer Plattform installiert und anschließend verknüpft, wobei teilweise Erkenntnisse aus dem TEBRAS-Projekt über Brandkenngrößen genutzt wurden. Herstellerspezifische Erfahrungen flossen in die Entwicklung ein. Ziel war es, geeignete Sensoren für die identifizierte Gefährdungsszenarien auszuwählen und Wissen über die Funktionsweise von Sensorknoten sowie der Verknüpfung der erhaltenen Daten zu erwerben. Die Sensorknoten wurden im Hekatron Brandraum ELBA sowie beim Konsortialpartner GTE erprobt. Die Daten aus den Versuchsräumen dienten dabei als Lerndaten für den zu entwickelnden Algorithmus.
Durch die Verteilung von Brandmeldern mit Hilfe von Messketten im Brandraum ELBA konnten Daten als Simulationsgrundlage für die Projektpartner bereitgestellt werden. Dadurch wurde eine Simulation des Ausbreitungsmodells in komplexeren Gebäudestrukturen ermöglicht.
Eine modifizierte Brandmeldeanlage mit Echt-Zeit-Datenanbindung wurde im Rahmen einer Versuchsreihe eingesetzt. Dadurch konnten die Live-Daten einer klassischen Brandmeldeanlage mit den Live-Daten der Sensorknoten gemeinsam auf einer Web-Oberfläche dargestellt und verarbeitet.

II. Gemeinsame Entwicklung, Erprobung und Optimierung von Algorithmen (Situationsbewertung)

Hekatron unterstützte bei der Entwicklung von Auswertealgorithmen zur Modellierung der Brandwahrscheinlichkeit. Erfahrungen aus bestehenden Brandmeldesystemen wurden eingebracht, um die Sensitivität und Schwellenwerte anzupassen. Durch die Auswertung der Daten von Brandmeldeanlagen eines Endanwenders (soziokulturelle, historische Liegenschaft), konnten außerdem spezifische Erkenntnisse zu Falschalarmen im konkreten Anwendungsbereich identifiziert werden sowie mit bereits vorhandenen Daten verglichen werden.

III. Entwicklung eines Netzwerks zur Alarmierung (Situationsresponse)

Hekatron vervollständigte das Konzept des Alarmierungsnetzwerks durch die Untersuchung der Wirksamkeit von verschiedenen Warntönen sowie Warnsignalen (Warnton mit Sprachalarmansage) und Anpassung an die Mensch-Technik-Schnittstellen. Es wurde untersucht, wie Brandersthelfer unterschiedlichen Alters auf Warntöne reagieren und welche Parameter bei der Warntongestaltung für eine optimierte Alarmierung berücksichtigt werden sollten. Die Ergebnisse der beiden durchgeführten

webbasierten Alarmierungsstudien zeigten, dass die Alarmierung durch einen Alarmierungston, welcher ein sirenenähnliches Tonmuster aufweist, präferiert wird und eine Kombination mit einer Sprachansage als besonders typisch, erregend, dominant, eindeutig sowie handlungsfördernd bewertet wurde. Grundsätzlich konnte keine deutliche Präferenz zwischen einer männlicher oder weiblicher Stimme der Sprachansage festgestellt werden.

Auf Grund der starken Limitation von Realbrandversuchen beim Endanwender, wurde alternativ ein Anwenderworkshop geplant und durchgeführt, um das im Rahmen des Projektes entwickelte System mit Fachexpertise auf einer theoretischen Basis zu besprechen, kritisch zu betrachten und Erfahrungen bzw. Wissen aus dem Praxisumfeld zu erlangen. Dabei konnte festgestellt werden, dass der Einsatz von sensitiver Sensorik in soziokulturellen sowie historischen Gebäuden auf Interesse stößt, in der Regel jedoch neben Brandereignissen auch andere Gefahrensituationen wie z.B. Wasserschäden, Schimmelbefall etc. eine wichtige Rolle für die Endanwender spielen. Darüber hinaus sind vor allem die Punkte der Finanzierung sowie der Haftungsfrage von freiwilligen Ersthelfern wichtige noch zu klärende Fragestellungen.

2. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Auswertung bestehender Brandschadenstatistiken im Hinblick auf Brandereignisse in soziokulturellen Gebäuden in Deutschland stellte den Ausgangspunkt für unser Projekt dar. Durch die sorgfältige Analyse dieser Daten gewannen wir wertvolle Einblicke in die Häufigkeit und die Ursachen von Bränden in Gebäuden, die kulturellen oder sozialen Zwecken dienen. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen analysierten wir relevante Täuschungsgrößen in solchen Gebäuden.

Parallel dazu erfolgte die Definition von relevanten und charakteristischen Referenzszenarien. Diese Szenarien stellten typische Brandereignisse und deren Verläufe dar und dienten als Grundlage für die Entwicklung und Bewertung der folgenden Arbeiten. Dabei wurden zwei Versuchsreihen sowohl im Hekatron eigenen ELBA-Brandlabor wie auch in der Fahrzeughalle des Konsortialpartners GTE geplant und durchgeführt.

Die 5-tägigen Versuchsreihe im ELBA-Labor dienten dazu erste Erkenntnisse über die Sensoren an sich, die Datenmenge, die notwendige Sensitivität, die Zeitversätze der Datenbereitstellung der einzelnen Sensoren sowie die Konzentrationen emittierender Brandgase zu erlangen. Hierfür wurde umfangreiche Messtechnik eingesetzt. Zum einen verschiedene FTIR-Geräte der Projektpartner (Siemens, Hekatron, Uni Magdeburg, BAM), sowie neun Sensorknoten. Darüber hinaus wurden Messketten mit konventionellen Brandmeldern (insgesamt 43 Stück) an verschiedenen Positionen abgehangen, sowie einzelne Sensoren und eine manuell gesteuerte Drohne eingesetzt (siehe Abbildung 1).

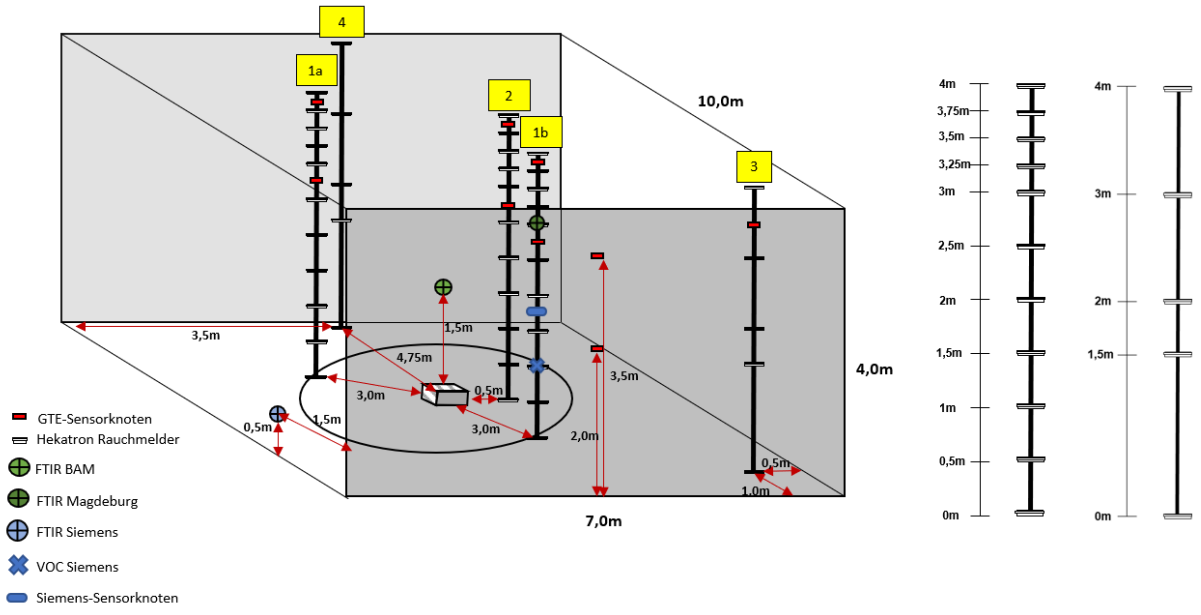

Abbildung 1 - Versuchsreihe im ELBA-Labor

Insgesamt wurden 19 Versuche durchgeführt. Diese basierten auf zuvor ausgewählten wahrscheinlichen Brand- sowie Täuschungsgrößenszenarien in historischen und soziokulturellen Gebäuden, die im Rahmen des AP2 identifiziert wurden. Als Brandszenarien wurden gemäß AP2 folgende Szenarien festgelegt: A) vier brennende Teelichter, die in einen Vollbrand übergehen, B) ein Buchenholzstück, welches durch einen Heizstrahler thermisch beaufschlagt, wird, C) ein mit einer Überlast beaufschlagtes Kabel sowie ein D) modifiziertes Testfeuer 3 nach der EN 54-7 (Baumwolllunten, welche durch eine Heizwendel zum Glimmen gebracht werden). Darüber hinaus wurden drei unterschiedliche Täuschungsgrößenversuche durchgeführt: i) erhitztes und freigesetztes Ethanol, ii) ein im Raum versprühtes Deospray sowie iii) versprühtes Haarspray.

Folgende Versuche wurden durchgeführt:

Versuchsart	**Wiederholung**
Heizstrahler mit schwelendem Buchenholz	3
Kerzenbrand	3
Kabelschmorbrand	4
Verdampfung von Ethanol	3
Modifiziertes TF 3 – Glimmende Baumwolllunten	3
Deo	2
Haarspray	1

Abschließend wurden die Daten der Rauchmeldern aufbereitet und stellten sie zu Simulationszwecken den Projektpartnern bereit.

Parallel dazu wurde eine 5-tägige Versuchsreihe beim Konsortialpartner GTE in Viersen geplant und durchgeführt. Diese Versuchsreihe war entscheidend, um die Funktionalität und Zuverlässigkeit der integrierten Systeme unter realistischen Bedingungen zu testen und zu bewerten. Nach der Versuchsreihe bereiteten wir auch hier die Daten der Rauchmelder auf und werteten sie aus.

Die Integration der Daten einer klassischen Brandmeldeanlage sowie der daran angeschlossenen Rauchmelder an einen externen Server und die Bereitstellung der Echtzeitdaten stellten einen zentralen Teil unseres Projekts dar. Diese Maßnahme ermöglichte es uns, kontinuierlich aktuelle Informationen über den Zustand der Brandmelder zu erhalten und diese Daten zusätzlich zu den anderen Sensordaten in einer gesamtheitlichen Weboberfläche zur Verfügung zu stellen und diese gemeinsam darstellen zu können. Dies beinhaltet sowohl die Definition von Transferdaten, die Festlegung der geeigneten Kommunikation sowie die anschließende Implementierung mit dazugehörigem Testaufbau und anschließender Bereitstellung des modifizierten Systems. Die nachfolgende Systemskizze in Abbildung 2 zeigt das System und seine Funktionsweise beispielhaft.

Eine Anbindung von fremden Sensoren an das Brandmeldesystem wurde nach einer Prüfung der Firm- und Hardware, einschlägigen Normen und Richtlinien, sowie der Anforderungen als nicht zielführend eingeschätzt, da eine Brandmeldeanlage zur Sicherstellung ihrer dauerhaften Betriebszuverlässigkeit strengen Regularien sowohl für die einzelnen Bestandteile einer BMA als auch deren Auswahl und Zusammenwirken unterliegen.

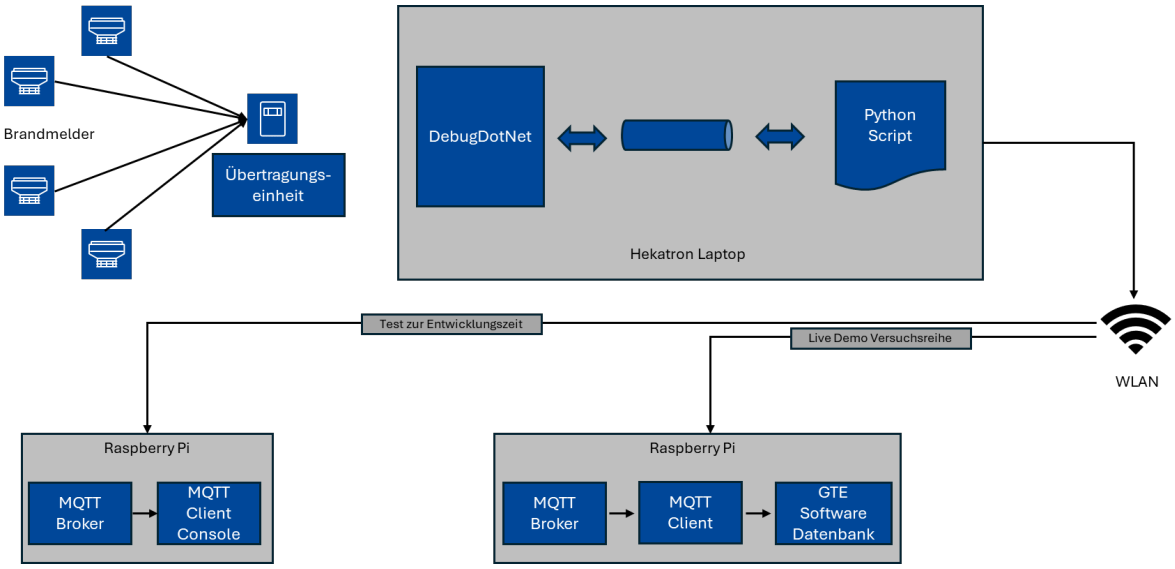

Abbildung 2 - Schematische Darstellung Live-Datenübertragung BMA

Ein weiterer wichtiger Schritt war die Erstellung eines Lastenhefts sowie die Betreuung und Umsetzung einer Alarmierungsapp durch einen Unterauftragnehmer. Das Lastenheft definierte die Anforderungen und Spezifikationen der App, die eine schnelle und effektive Alarmierung im Brandfall gewährleisten sollte. Der Unterauftragnehmer war verantwortlich für die technische Umsetzung der App.

Zur Optimierung von Alarmierungstöne wurde eine umfangreiche Literaturrecherche, von Studien zur Effektivität von Alarmierungstönen durchgeführt. Diese Töne mussten eindeutig und unverwechselbar sein, um in Notfallsituationen schnell Aufmerksamkeit zu erregen. Darauf aufbauend wurden acht verschiedene Alarmierungstöne konzipiert und als Grundlage für die folgenden Studien verwendet. In der ersten Studie wurden verschiedene Töne getestet, um deren Effektivität und Akzeptanz bei den

Nutzern zu evaluieren. Ziel war es, die Alarmierungstöne zu identifizieren, die in Notfallsituationen am besten wahrgenommen wurden und die schnellste Reaktion hervorriefen (siehe Abbildung 3).

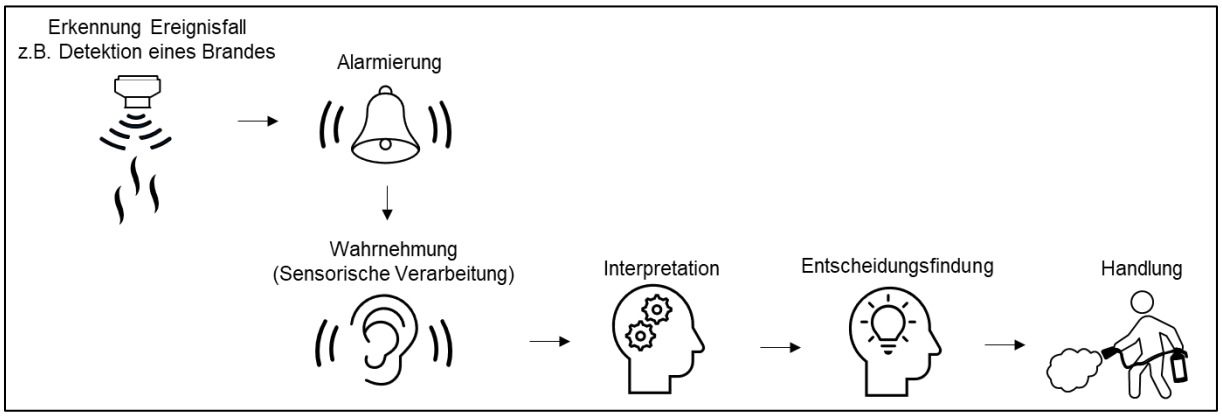

Abbildung 3 - Schematische Darstellung Reaktionsablauf bei einer Alarmierung

Darauf aufbauend wurden die effektivsten Alarmierungstöne zusammen mit einer männlich sowie einer weiblichen Sprachalarmansage zu einem Alarmierungssignal kombiniert und im selben Versuchsaufbau getestet. Ziel dabei war es, den Einfluss von Sprachalarmansagen auf Alarmierungen von Personen zu testen und Aussagen treffen zu können, ob diese förderlich für z.B. Handlungsintention, Motivation oder die Wahrnehmung der Signale an sich sind.

Darüber hinaus stellte der assoziierte Partner Klassik Stiftung Weimar im Laufe des Projektes umfangreiche Jahresdatensätze aller in ihrer Liegenschaft installierten Brandmeldeanlagen bereit. Hieraus konnten Erkenntnisse zu entstandenen Brand- sowie Falschalarmen beim Endanwender gesammelt werden. Diese Daten wurden detailliert analysiert, aufbereitet und ausgewertet und mit bestehenden statistischen Daten verglichen und dargestellt. Diese Erkenntnisse unterstützen die zu Beginn des Projektes durchgeführten Literaturrecherchen.

Als Ausgleich zu den sehr limitierten Möglichkeiten der Durchführung eines Realbrandversuches beim Endanwender, auf Grund der sensiblen Gebäudestrukturen wurde eine Anwenderworkshop geplant und durchgeführt. Hierbei wurde das im Rahmen des Projektes entwickelte Sensorsystem mit Anwendern auf einer theoretischen Basis vorgestellt, besprochen sowie kritisch betrachtet, um so einen Erfahrungs- bzw. Wissensaustausch aus dem direkten Praxisumfeld zu erlangen.

3. Ergebnisse und Nutzen

Identifizierung, Auswahl und Weiterentwicklung technischer Möglichkeiten zur zuverlässigen Branddetektion in soziokulturellen Infrastrukturen

Durch die umfangreiche Literaturrecherche sowie die Daten der vfdb-Brandschadenstatistik konnten Täuschungsgrößen wie Bauarbeiten, Wasserdampf und Aerosole als Hauptursachen für Falschalarme von Brandmeldeanlagen bei historischen, soziokulturellen Liegenschaften identifiziert werden. Zusammen mit verschiedenen Literaturquellen zu Brandereignissen von historischen und soziokulturellen Gebäuden konnte abgeleitet werden, welche Brand- und Täuschungsgrößenszenarien relevant sind

Gemeinsame Entwicklung, Erprobung und Optimierung von Algorithmen

Um zwischen Brandfall und Falschalarmen unterscheiden zu können, ist es wichtig über eventuelle spezifische Falschalarme des Endanwenders Erkenntnisse zu erlangen. Hierfür konnte der assoziierte Partner Klassikstiftung Weimar umfangreiche Datensätze ihrer installierten Brandmeldeanlagen bereitstellen. Ein Vergleich dieser Daten half uns, Muster und Abweichungen in diesem spezifischen Anwendungsbereich zu identifizieren und das im Rahmen des Forschungsprojektes entwickelte System dahingehend weiter zu optimieren. In Abbildung 4 sind die Ursachen für Falschalarme der Klassik Stiftung Weimar im Vergleich zu den Daten der vfdb Brandschadenstatistik dargestellt. Es ist hierbei zu erkennen, dass auch in soziokulturellen, historischen Liegenschaften der Täuschungsalarmanteil den größten Teil der Falschalarme bestimmt und sich insgesamt betrachtet die Verteilung ähnelt.

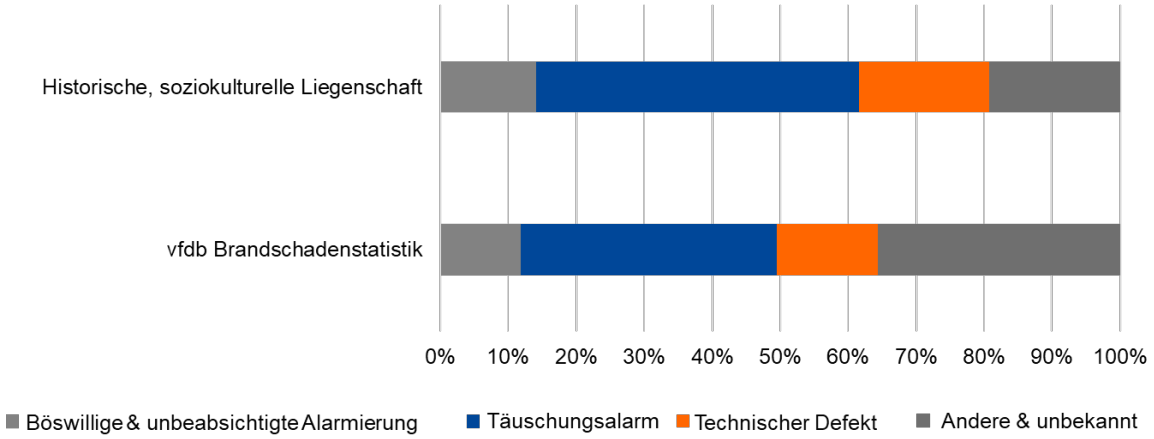

Abbildung 4 – Ursachen Falschalarme im Vergleich zwischen Daten der Klassik Stiftung Weimar sowie der vfdb Brandschadenstatistik[1]

Für die zur Verfügung gestellten Jahresdatensätze der Klassik Stiftung Weimar konnte außerdem die Falschalarmrate (FA_3), basierend auf der Anzahl der Falschalarme durch Brandmeldeanlagen im Verhältnis zur Anzahl der Brandmeldeanlagen in einer Liegenschaft berechnet werden. Außerdem konnte mit den vorliegenden Daten die Falschalarmrate (FA_4), basierend auf der Anzahl der Falschalarme durch Brandmeldeanlagen im Verhältnis zur Anzahl aller durch Brandmeldeanlagen verursachten Brandalarmauslösungen (Falschalarme und Brandalarme) im gleichen Zeitintervall einer Liegenschaft bestimmt werden.

Bestehende Daten zeigen, dass FA_3. im Mittel bei 79,49 % liegt und für die Klassik Stiftung Weimar eine Falschalarmrate von 81,5% berechnet werden kann. Für FA_4 liegt die Falschalarmrate im Mittel bei 87,44%, für die Klassik Stiftung Weimar ergibt sich eine Rate von 85,16%. Beide Falschalarmraten weichen nicht von bereits erhobenen Daten in weniger spezifischen Anwendungsbereichen ab.

Die durchgeführte Machbarkeitsanalyse zur Vernetzung einer bestehenden konventionellen Brandmeldeanlage mit dem innerhalb des Forschungsprojektes entwickelten Sensorknoten ermöglichte die Testung einer Live-Schnittstelle, die es bisher so nicht gab und nicht verwendet wurde. Zukünftig wird das Thema Gebäudeautomation zunehmen, und der Aspekt der Live-Datenübertragung ist ein erster Schritt zur Verknüpfung verschiedenster Daten innerhalb eines Gebäudes.

[1] Festag, S. & Döbbeling, E.P. (2020). vfdb-Brandschadenstatistik: Untersuchung der Wirksamkeit (anlagentechnischer) Brandschutzmaßnahmen. Technischer Bericht TB 14-01, Münster: vfdb

Entwicklung eines Netzwerks zur Alarmierung

Effektive Alarmierungstöne wecken die Aufmerksamkeit und lösen die sensorische Verarbeitung aus. Sprachalarme ergänzen diesen Prozess, indem sie die Absicht zu handeln unterstützen und die Motivation erhöhen. Die durchgeführten Studien haben gezeigt, dass sirenenähnliche Töne als besonders effektiv empfunden werden, da sie auffällig, erregend und motivierend sind. Ein alternierendes Tonmuster ist ebenfalls wirkungsvoll. Sprachansagen verbessern die Klarheit und Handlungsmotivation im Notfall, wobei der Inhalt auf den spezifischen Kontext abgestimmt sein sollte. Die Teilnehmenden bevorzugten tendenziell eine männliche Sprachansage. Dies trifft vor allem auf die wahrgenommene Typikalität bzw. Dominanz zu. Die Auswirkungen sind jedoch sehr gering. Auf Grundlage des bestehenden wissenschaftlichen Artikels in englischer Sprache zu diesen Ergebnissen. Bereiteten wir die Inhalte praxisorientiert auf, um diese für eine deutsche Veröffentlichung vorzubereiten. Dies ermöglich es uns, die Forschungsergebnisse einem breiteren Fachpublikum zugänglich zu machen und die Relevanz und Anwendbarkeit unserer Arbeit zu erhöhen.

4. Zahlenmäßiger Nachweises

Die nachfolgende Tabelle zeigt die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises. Bei dem Forschungsprojekt wird nach dem PreisLS gemäß NKBF 2017 abgerechnet. Die beantragte Förderquote beträgt 50 % (= 126.010,00 €)

Position	Kosten	Gesamt
0813	Material	20.562,48 €
0837	Personalkosten	192.647,59 €
0838	Reisekosten	2.454,15 €
0856	Kosten innerbetrieblicher Leistungen	18.589,60 €
0881	**Selbstkosten des Vorhabens**	**234.253,82 €**

5. Verwertbarkeit

Die Verwertbarkeit der Ergebnisse ist im Folgenden gegeben:

Entwicklung eines Netzwerks zur Alarmierung

Die Erkenntnisse zur optimierten Warntongestaltung werden bei der Entwicklung unserer nächsten Generation des Rauchwarnmelder-Portfolios bei der Ausgestaltung des Lastenheftes berücksichtigt werden und auf technische Umsetzbarkeit sowie Normenkonformität geprüft.

Identifizierung, Auswahl und Weiterentwicklung technischer Möglichkeiten zur zuverlässigen Branddetektion in soziokulturellen Infrastrukturen

Die Unterscheidung zwischen Falschalarmen und echten Brandalarmen durch das Trainieren von Algorithmen bieten eine wichtige und solide Grundlage für eine Weiterentwicklung in diesem Bereich. Dies ist ein wichtiger Punkt für unser zukünftiges Produktportfolio vor allem im Bereich von Systemmelder, da die Vermeidung von Täuschungsgrößen durch Planungs- und Anwendungsfehler

eine bedeutende Rolle spielen und möglicherweise bereits durch die Konstruktion von Brandmeldern zumindest teilweise vermieden werden können. Durch die gemeinsame Forschungsarbeit konnten hier erste Grundlagen entwickelt werden, auf denen nun aufgebaut werden kann.

Gemeinsame Entwicklung, Erprobung und Optimierung von Algorithmen

Die Machbarkeitsanalyse zur Vernetzung einer konventionellen Brandmeldeanlage mit dem im Forschungsprojekt entwickelten Sensorknoten ermöglichte die Testung einer neuartigen Live-Schnittstelle. Diese Innovation legt den Grundstein für zukünftige Produktentwicklungen im Bereich der Brandmeldeanlagen, insbesondere im Hinblick auf die zunehmende Gebäudeautomation und die Verknüpfung von Live-Daten.

Es wurden während der Vorhabensdurchführung keine Fortschritte der untersuchten Fragestellungen bei anderen wissenschaftlichen Institutionen, Forschungseinrichtungen oder Unternehmen bekannt.

6. Veröffentlichungen

Folgende Veröffentlichungen wurden unter Beteiligung der Hekatron Vertriebs GmbH erstellt:

BRAWA-Konsortium. (2021). Brandschutz für Kulturgut—Das Projekt BRAWA. KulturBetrieb - Magazin für innovative und wirtschaftliche Lösungen in Museen, Bibliotheken und Archiven, 2, 60–61. http://www.kulturbetrieb-magazin.de/fileadmin/user_upload/kulturbetrieb-magazin/magazin/KulturBetrieb-2021-Ausgabe-2-November.pdf

Vorwerk, P., Herbster, C., von der Linde, M., & Rupp, N. (2022). Brandschutz für Kulturgut: Das Projekt BRAWA. In *Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb) (Hrsg.), Tagungsband 68. Jahresfachtagung der vfdb* (113-117). VdS-Verlag.

Von Der Linde, M., Herbster, C., Dobel, C., Festag, S., & Thielsch, M. T. (2023). Creating Safe Environments: Optimal Acoustic Alarming of Laypeople in Fire Prevention. *Ergonomics*, 1–19. https://doi.org/10.1080/00140139.2023.2191915

Von der Linde, M., Herbster, C., Dobel, C., Festag, S. & Thielsch, M. T. (2023, September). Optimal alarmieren durch die Kombination von Ton und Sprachansage. *13. Fachgruppentagung Arbeits-, Organisations-, Wirtschafts- und Ingenieurspsychologie*. Kassel.

Herbster, C., Von der Linde, M., Dobel, C., Festag, S. & Thielsch, M.T. (2024). Akustische Alarmierungen – Sicherheit erhöhen durch optimiertes Alarmtondesign. VFDB, 4/2024. S. 176-185