

**71. Jahresfachtagung
der Vereinigung zur Förderung des
Deutschen Brandschutzes e. V.
2025 in Koblenz**



Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Vervielfältigung und der Speicherung, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils gültigen Fassung zulässig.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Impressum

Herausgeber:

Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V.

Redaktion:

Jens Krause, Ansgar Stening

Gestaltung und Layout:

Jens Krause, Ansgar Stening

Inhaltsverzeichnis

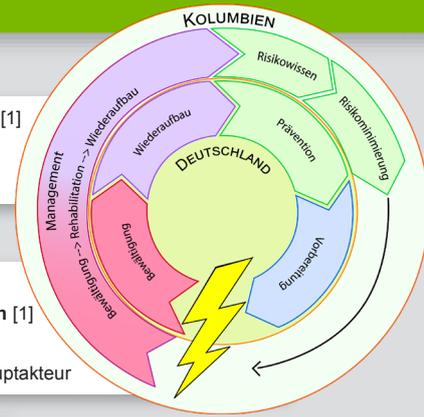
- **Jonas Hormuth**
Analyse der Resilienz des kolumbianischen Bevölkerungsschutzes gegenüber Katastrophen
- **Leopold Scholze**
SAGRE - Schutz vor Aggression und Gewalt für Rettungs- und Einsatzkräfte der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr
- **Carl-Christoph Höhne**
Beitrag der Forschung zur Sicherheit von Einsatzkräften bei der Brandbekämpfung
- **Naitian Wang**
Hybrid-KriKom-D - Hybride einsatzkritische Krisenkommunikationsnetze mit DrohnenDockingSystem
- **Maximilian Weisbecker**
Experimentelle Untersuchungen des Funkenflugs und der Entzündung von Waldböden mit der EMBER-Apparatur
- **Sarah Vogt**
Reduktion der PAK-Hautexposition durch gas- und partikelfiltrierende Unterbekleidung
- **Joshua Schröer**
Untersuchung und Bewertung von Herstellerinformationen zur Kombination von Pressluftatmern und persönlichen Schutzausrüstungen gegen Absturz bei der Feuerwehr
- **Milva Tannenbaum**
RESCUE-MATE - Dynamische Lageerstellung und Unterstützung für Rettungskräfte in komplexen Krisensituationen
- **Bastian Powierski**
Multivariante Analyse von Feuerwehreinsatzdaten im Kontext lokaler Niederschlagsereignisse zur Erstellung von kleinräumlichen Resilienzkonzepten in der kommunalen Planung am Beispiel der Stadt Mülheim an der Ruhr
- **Fabian Schuhmann**
Herausforderung Mobilitätswende Mit digitalen Werkzeugen die Zukunft gestalten

Analyse der Resilienz des kolumbianischen Bevölkerungsschutzes gegenüber Katastrophen

Jonas Hormuth, Dr.-Ing. Sylvia Bach

Einleitung

- Kolumbien ist ein Land mit hoher Exposition und Vulnerabilität gegenüber Katastrophen resultierend aus Naturereignissen [1]
- Aufgrund des wirtschaftlichen Status als Entwicklungsland folgt ein vermeintlich schwachen Bevölkerungsschutz [2]
- ➔ Dennoch gelingt es dem Bevölkerungsschutz, auftretende Katastrophen abzuwenden und die Bevölkerung zu schützen



Grundlagen

- Kolumbien befindet sich in einer **geographisch und politisch komplexen Lage** [1]
- Hohe Risiken gegenüber **Erdbeben, Überschwemmungen, Erdstößen, Vegetationsbränden und Vulkanausbrüchen** [1]
- **Risikomanagementzyklus** in Kolumbien beinhaltet keine Vorbereitungsphase [3] (s. Abb. 1)
- **Bevölkerungsschutz** (SNGRD) ist in Kolumbien weiter definiert als in Deutschland [3] (s. Abb. 2) – Die Feuerwehr ist Hauptakteur

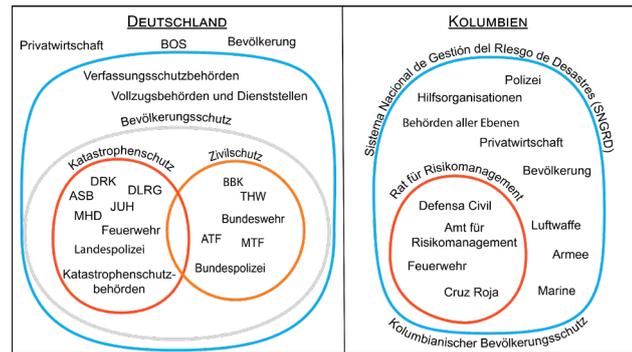


Abbildung 2: Unterschied kolumbianischer Bevölkerungsschutz und BOS (eigene Darstellung)

Methodik

- Durchführung von sieben **Expert:inneninterviews**
 - ➔ Nur mit Führungskräften der kolumbianischen Feuerwehr
 - ➔ Leitfadengestützte Online-Interviews
 - ➔ In spanischer Sprache
- Auswertung durch **qualitative Inhaltsanalyse** in deduktiv/induktivem Verfahren
 - ➔ Vorab Definition der Kategorien erster Ordnung anhand des deutschen Risikomanagementzyklus
 - ➔ Induktive Erarbeitung weiterer Kategorien zur Erstellung des Kategoriensystems (s. Abb. 3)

Ergebnisse

- Es gibt eine konkrete **Regulierung der Verantwortung** im Bevölkerungsschutz in Kolumbien
 - ➔ Auch für die Bevölkerung und die Privatwirtschaft
- Feuerwehr unterteilt sich in **Oficiales und Voluntarios**
 - ➔ *Oficiales* vergleichbar mit Berufsfeuerwehr in Deutschland
 - ➔ *Voluntarios* stellen ein Unternehmen dar, welches von der Kommune beauftragt wird
- **Präventionsphase**
 - ➔ Ungenaue Erstellung von Risikoplänen
 - ➔ Gute Erfahrungen mit Präventionsschulungen der Bevölkerung
- **Vorbereitungsphase**
 - ➔ So gut wie keine Frühwarnsysteme vorhanden
 - ➔ Möglichkeit zur Warnung der Bevölkerung über Sirenen besteht
- **Bewältigungsphase**
 - ➔ Nationaler Notruf existent; große Dauer bis Notrufannahme
 - ➔ Gute Zusammenarbeit zw. Organisationen und Kommunen
 - ➔ Incident Command System National eingeführt
- **Wiederaufbauphase**
 - ➔ Wenig beachteter Prozess für die Bevölkerung
 - ➔ Einsatznachbesprechungen werden durchgeführt

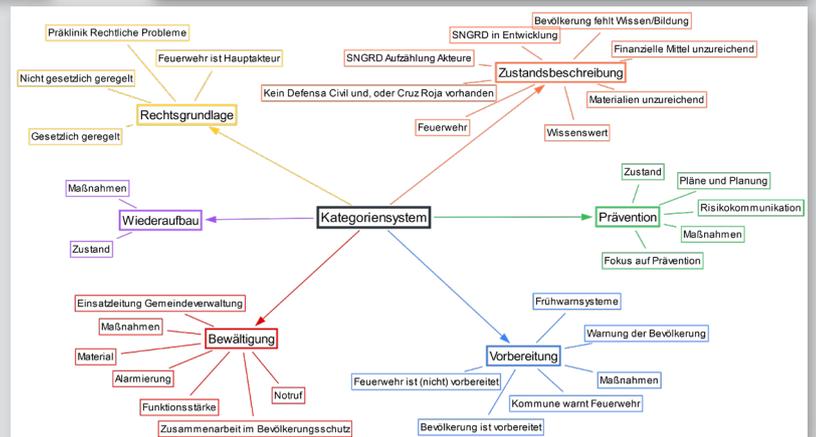


Abbildung 3: Kategoriensystem Graphische Darstellung (Auszug aus MAXQDA)

Fazit

- **Negative Aspekte**
 - ➔ Kaum Frühwarnsysteme führt zu Wegfall der Vorbereitungsphase
 - ➔ Notrufweiterleitung dauert zu lange
 - ➔ Finanzielle Ressourcen und Material unzureichend
- **Positive Aspekte**
 - ➔ Risikokommunikation und Schulungen werden durchgeführt
 - ➔ Unbürokratische Unterstützung zwischen Organisationen und Kommunen
 - ➔ Starke Entwicklung in den letzten 12 Jahren (seit neuem Gesetz 1523 von 2012)

Diskussion

- Gesetzliche Grundlagen und Strukturen bilden Basis für Resilienz gegenüber Katastrophen
- Lokal große Unterschiede in der Umsetzung und Priorisierung von Maßnahmen
- Große Probleme in der praktischen Umsetzung
- Expert:innen sind optimistisch bezüglich weiterer Entwicklung

Ausblick

- Weiteres Forschungsinteresse in Form einer quantitativen Analyse zur Maßnahmenpriorisierung
- Blick auf Deutschland interessant
 - ➔ Wie steht es um unsere Selbsthilfefähigkeit der Bevölkerung?
 - ➔ Sind Risiken ausreichend analysiert und in der Flächennutzungsplanung umgesetzt?
 - ➔ Sind nationale Definitionen und Regulierungen zielführender?



Schutz vor Aggression und Gewalt für Rettungs- und Einsatzkräfte der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr

Hintergrund

Gewaltvorfälle gegenüber nichtpolizeilichen Rettungs- und Einsatzkräften stehen im Fokus öffentlicher und politischer Debatten – wissenschaftlich wurden sie bislang nur unzureichend untersucht.

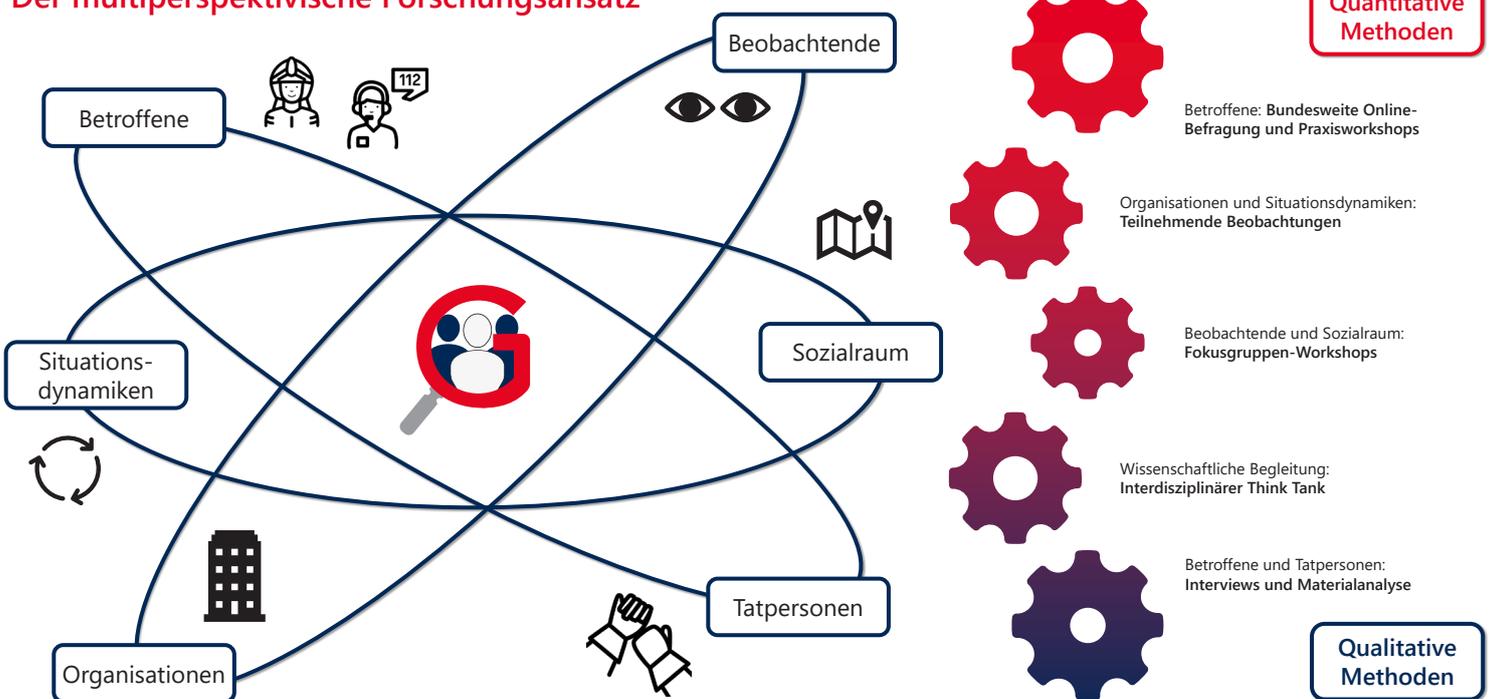
Das Projekt SAGRE setzt hier an: Es will bestehende Forschungslücken schließen, indem es die komplexen Dynamiken solcher Gewaltsituationen systematisch analysiert und valide Daten bereitstellt. Der multiperspektivische Forschungsansatz erlaubt einen 360°-Blick auf das Phänomen und bildet die Grundlage für eine nachhaltige Verbesserung der Arbeitsbedingungen von Rettungs- und Einsatzkräften.

Methoden

Ein Mix aus quantitativen und qualitativen Methoden ermöglicht eine umfassende Analyse dieser komplexen Zusammenhänge: Mit einer quantitativen Befragung werden Daten zu Art, Umfang und Auswirkungen von Gewalt erhoben.

Durch qualitative Verfahren werden Forschungsbedarfe ermittelt, Präventionsmaßnahmen untersucht sowie die Motive von Tatpersonen und Wahrnehmungen von Betroffenen beleuchtet.

Der multiperspektivische Forschungsansatz



Ziele

- Betrachten von Gewalt als soziales, interaktives Geschehen, welches situations- und kontextabhängig entsteht
- Entwickeln von Dokumentationsleitfäden und Handlungsempfehlungen für die Leitungsebene von nichtpolizeilichen Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)
- Identifizieren von Forschungsbedarfen für die Wissenschaft
- Transfer der Ergebnisse in die Praxis zur Anwendung des generierten Wissens in den betroffenen Organisationen

Konsortium

Berliner Feuerwehr
Bayerisches Rotes Kreuz
Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin

Förderung

SIFO.de



GEFÖRDT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Kontakt

Leopold Scholze, Sophie Fessel & Dr. Rebecca Prell
Berliner Feuerwehr
Stab Forschungsprojekte
sagre@berliner-feuerwehr.de

Bildnachweise:
Die Bild- und Urheberrechte liegen bei der Berliner Feuerwehr.

<https://projekt-sagre.de>



Beitrag der Forschung zur Sicherheit von Einsatzkräften bei der Brandbekämpfung

Dr. Carl-Christoph Höhne*, **Dr. Michael Abert**, **Dipl.-Phys. Armin Keßler**, **Dr. Volker Gettwert**,
Dipl.-Phys. Sebastian Knapp, **M.Sc. Sebastian Geiger**, **M.Sc. Valeria Berner**
Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Joseph-von-Fraunhofer Str. 7, 76327 Pfinztal
*carl-christoph.hoehne@ict.fraunhofer.de

Das unterschiedliche Flamm-, Brand- und Explosionsverhalten von Produkten erfordert spezifische Schutzmaßnahmen und Brandbekämpfungsstrategien. Ein fundiertes Verständnis der zugrunde liegenden physikalischen und chemischen Prozesse sowie deren potenziellen Gefahren ist hierfür essenziell. Material-, Produkt- und Sicherheitsforschung liefern in diesem Zusammenhang wertvolle Erkenntnisse, um Risiken zu minimieren und Sicherheitskonzepte zu optimieren. Das Poster gibt einen Überblick zu aktuellen Forschungsfragen anhand ausgewählter laufender Forschungsprojekte

Flammschutz

Flammgeschützte Materialien verhindern die Brandentstehung, reduzieren die Brandausbreitung und Rauchentwicklung. Dadurch werden Flucht- und Rettungszeiträume geschaffen.

EU PLANETS – Plasticizers, flame-retardants and surfactants: new alternatives validating the safe and sustainable by design approach:

Einige industriell bedeutende Flammschutzmittel für Isolationsschäume sind toxikologisch bedenklich. Flammgeschützte Materialien sind im Bau jedoch von großer Bedeutung. Wie sich diese Flammschutzmittel durch sichere und nachhaltige Alternativen ersetzen lassen, ist Fragestellung des PLANETS-Projekts.



Hydrogen Tank Enclosure: Das Gehäuse von Wasserstoffspeichersystemen für Fahrzeuge und die dafür verwendeten Materialien sind im Brandfall von hoher Bedeutung. Neben der Materialauswahl ist die Entwicklung von Vorprüfmethoden essenziell, da Großbrandtests an Gesamtsystemen, wie im Rahmen des UN GTR Nr. 13, im F&E Prozess aufgrund des hohen Materialbedarfs, der Produktionskosten und Testaufwand kaum realisierbar sind.



UN GTR13 Test eines drucklosen Wasserstofftanks am Fraunhofer ICT.

Brandschutz

Die Sicherheit von Produkten sowie das Verständnis ihres Verhaltens im Brandfall sind von zentraler Bedeutung. Insbesondere bei Energieträgern wie wiederaufladbaren Energiespeichersystemen, die sowohl in stationären Anlagen als auch in Elektrofahrzeugen eingesetzt werden, sind spezielle Schutzmaßnahmen und Brandbekämpfungsstrategien erforderlich.

BMBF BAWiBa – Batterie-Analytik von der Wiege bis zur Bahre: Kenntnisse über die Gas- und Wärmefreisetzung von Energiespeichern helfen Einsatzkräften bei der Gefahrenabwehr. Neben Kalorimetern zur Untersuchung der Wärmefreisetzung von Zellen und Modulen sowie von Peripheriesystemen, ermöglicht eine mobile Gasanalytik die Analyse vor Ort bei Testständen und Kundenversuchen.



Crash-Test BMW i3 bei der BAST mit der Feuerwehr Köln und einem mobilen Gasanalytik-System des Fraunhofer ICT.

Fraunhofer ICT Batterie Sicherheitstests:

Standardisierte und angepasste Sicherheitstests an Zellen oder Modulen - Überladen, thermische Rampe, Nagelpenetration, Quetschen und Shakertests – sowie Bestimmung der thermischen Energie und Gasfreisetzung.



Explosionsschutz

Die frühzeitige Erkennung explosiver Atmosphären und die Einleitung geeigneter Schutzmaßnahmen sind für Einsatzkräfte im Schadensfall lebenswichtig.

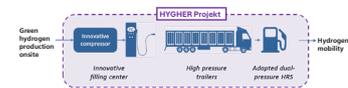
BMBF SEKUR – Sichere Energiespeicherkonzepte im urbanen Raum:

Heimspeicher stellen Einsatzkräfte vor besondere Fragen und Risiken, da Ungewissheit über die Existenz, den Standort und den Zustand sowie die Kapazität der Anlagen besteht. Das Projekt SEKUR entwickelt ein integriertes Alarm- und Überwachungskonzept, das Sensordaten in den Einsatzablauf einbindet.



HYGHER - High pressure hydrogen value chain:

Demonstration der Machbarkeit einer innovativen, kosteneffizienten und zuverlässigen Hochdruck-Wasserstoff-Wertschöpfungskette.



hyBit – Hydrogen for Bremen's industrial transformation:

Transformation von großskaligen industriellen Infrastrukturen: Bremer Industriehafen, Bremer Stahlwerk und swb.



H2Mare - Offshore-Technologien:

Windenergieanlagen mit integriertem Elektrolyseur demonstrieren nachhaltige Wasserstoffgewinnung auf See - Explosionsschutz im Speichersystem.



Danksagung:

Die Autoren danken ihren Kolleginnen und Kollegen des Fraunhofer ICT Arbeitskreis *Flamm-, Brand- und Explosionsschutz* für die fruchtbare Zusammenarbeit. Finanzielle Unterstützung wurde durch die Fraunhofer-Gesellschaft und im Rahmen verschiedener öffentlich geförderter Projekte und Industrieprojekte gewährt.

Weitere Information:
[www.ict.fraunhofer.de/
Flamm-Brand-
Explosionsschutz](http://www.ict.fraunhofer.de/Flamm-Brand-Explosionsschutz)



Flame, Fire & Explosion
Protection
Fraunhofer ICT





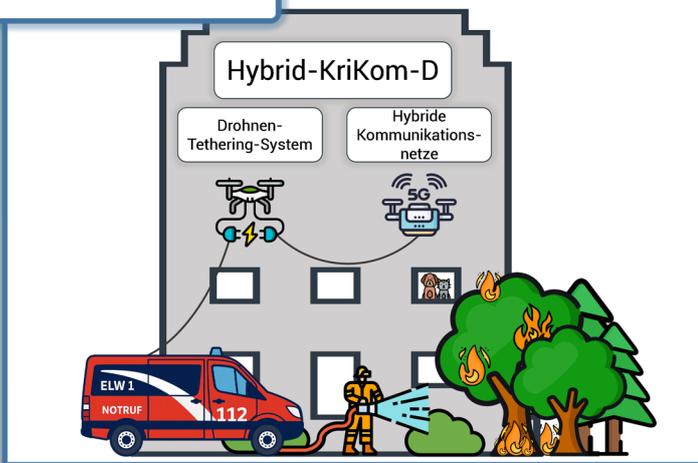
HYBRID-KRIKOM-D

HYBRIDE einsatzkritische KRISENKOMMunikationsnetze mit DrohnenDockingSystem

Einleitung

Besonders bei Großschadenslagen und in Krisensituationen ist die reibungslose Kommunikation an Einsatzstellen entscheidend für die Handlungssouveränität der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS). Bei zusammenbrechender Kommunikationsinfrastruktur ermöglicht Hybrid-KriKom-D die schnelle und flexible Bereitstellung eines Krisenkommunikationssystems mithilfe kabelgebundener (engl. *tethering*) Drohnen.

Projektdesign



Technische Umsetzung

Das Kernstück des Projekts bildet ein Drohnensystem mit zwei kabelgebundenen (engl. *tethering*) Drohnen.



Die **Versorgungsdrohne** stellt über das Tethering-System eine kontinuierliche Energieversorgung sowie eine stabile Datenweiterleitung sicher.



Die **Arbeitsdrohne** stellt die Kommunikations-Unit, Wärmebildkamera, Optische Systeme oder Sensoren bereit.

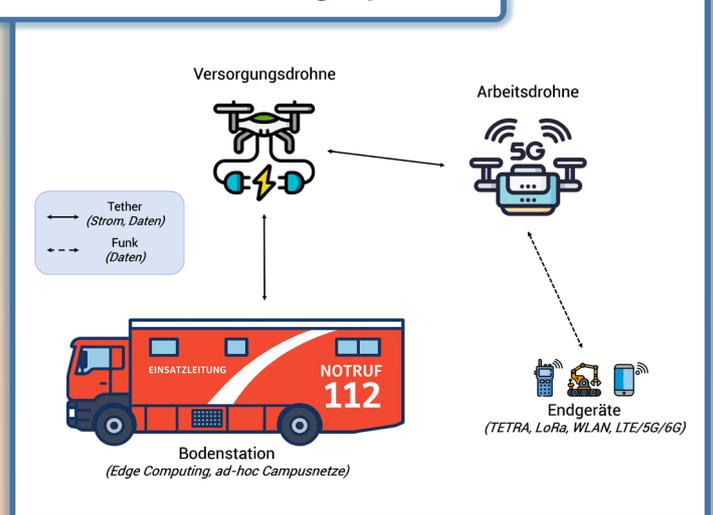


Die **Bodenstation** sammelt Daten von der Drohne und verarbeitet diese schnell über die mitgeführte Ausrüstung.

Ziele

- **Entwicklung hybrider Kommunikationsnetze** für Krisenszenarien mit alten und neuen Übertragungstechnologien (2m-/4m-Band, BOS-TETRA, LoRa, WLAN, LTE/5G/6G).
- **Einsatz von Drohnen als Trägersystem** zur dauerhaften Energieversorgung und zum Datenaustausch mobiler Kommunikationseinheiten.
- **Schnelle Bereitstellung** temporärer Kommunikationsinfrastrukturen, einschließlich ad-hoc 5G-Campusnetzen, für kritische Einsatzlagen.
- **Feldtests** zur Bewertung von Praxistauglichkeit und technischer Leistungsfähigkeit.

Drohnen-Tethering-System



Anwendungsfälle

- **Verbesserung der Einsatzkoordination** durch stabile, flächendeckende Kommunikation.
- **Kontinuierliche Überwachung** und Übermittlung von Echtzeitdaten aus Einsatzgebieten an die Einsatzleitstellen.
- **Echtzeitfähige Datenaggregation** als wertvolle Informationsquelle zur Analyse von Einsätzen, zur Optimierung von Abläufen und zur Weiterentwicklung von Ausbildungsprogrammen.

KONTAKT



Berliner Feuerwehr – Stab FP
Hybrid-KriKom-D

www.hybrid-krikom.de

E-Mail: Hybrid-KriKom-D@berliner-feuerwehr.de

AUTORENINFOS

Naitian Wang, Lorenz Giesdorf & Rebecca Prell
Berliner Feuerwehr
Leitungsstab - Stab Forschungsprojekte
Rankestraße 10-12, 10789 Berlin

Bildnachweise:

Die Bild- und Urheberrechte liegen bei der Berliner Feuerwehr.

PARTNER

KomRe AG



GEFÖRDERT VON



Im Rahmen des Förderprogramms „KoPa_45“ (Innovationen im breitbandigen Digitalfunk BOS)

Projektlaufzeit: 01.09.2024 bis 28.02.2026



Experiment for Moving Burning Ember Releases (EMBER)

Maximilian Weisbecker¹, Kira Piechnik¹, Andrea Klippel¹

¹ Institut für Apparate und Umwelttechnik, Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Motivation

Die Bekämpfung von Wald- und Vegetationsbränden stellt Einsatzkräfte weltweit vor Herausforderungen. Insbesondere Spotfeuer – durch Funkenflug und Flugfeuer ausgelöste Sekundärbrände – erhöhen die Dynamik und Gefährlichkeit für die Einsatzkräfte und die Bevölkerung zusätzlich.

Spotfeuer zählen zu den charakteristischen Merkmalen extremen Brandverhaltens, da sie erhebliche Distanzen – auch über natürliche oder künstliche Barrieren hinweg – überwinden können und so Brandbekämpfungsmaßnahmen erschweren. [1,2]

Die Entstehungs- und Transportprozesse von Flugfeuer sind gut erforscht. Der Entzündungsprozess auf Waldböden, welcher ein Spotfeuer verursacht, offenbart gegenwärtig noch Forschungslücken. [3,4] Die hier vorgestellte EMBER-Apparatur wurde zur weiteren Untersuchung des Entzündungsverhaltens entwickelt.

Der Spotting-Mechanismus

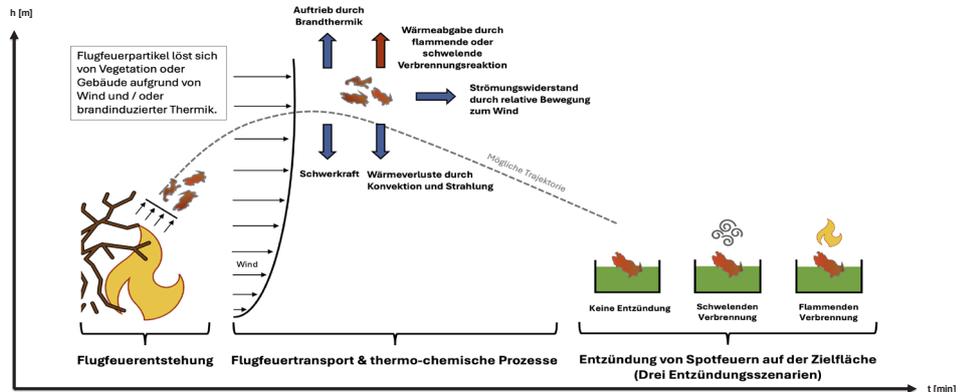


Abb. 1: Spotting-Mechanismus in Anlehnung an Manzello [2]

Methodik und Apparatur

- Pneumatisches System zum Ausbringen von Flugfeuerobjekten auf einem Brennstoffbett
- Primär- und Sekundär volumenströmung V_1
- Sekundär volumenströmung (Verbrennungsluft) stützt Verbrennungsprozess des Brennstoffs in der Apparatur vor dem Abschuss in Anlehnung an [5].
- Steuerung via Microcontroller mittels Web-App
- Brennstoffbett auf 100 cm x 50 cm vor dem Auslass
- 55 Vorversuche zur Ermittlung der Probenstreuung, insg. 23 Entzündungsversuche, jeweils zehn Thermoelemente
- Versuchsdauer: 10 Minuten; bei starkem Schwelverhalten weitere 5 Minuten



Abb. 2: EMBER-Apparatur mit Zubehör



Abb. 3: Ausbringen von Flugfeuerobjekten

Ergebnisse

Brand Szenarien

- Flammenbrand: 48 %
- Keine Verbrennung: 26 %
- Schwelbrand: 17 %
- Flammenbrand nach Schwelbrand: 9 %

Weitere Beobachtungen

- Vierwöchige Probentrocknung:
 - Flammenbrand in 87,5 % der Brandversuche
 - Durchschnittliche Zeit zur Entzündung: 03:32 Min.

Einwöchige Probentrocknung:

- Flammenbrand in 40 % der Brandversuche
- Durchschnittliche Zeit zur Entzündung: 07:19 Min.

Brandversuche

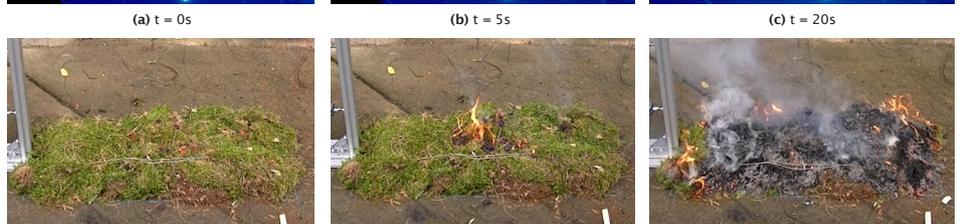
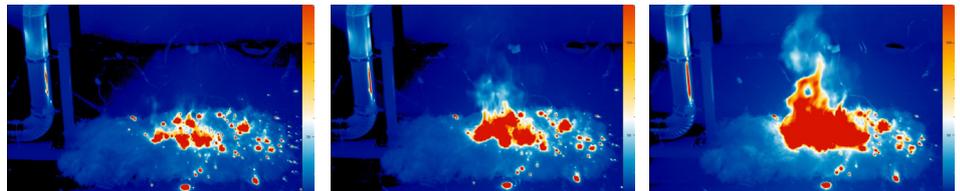


Abb. 4: Brandversuch 1, Flammenbrand bereits nach 4 Sekunden, Versuchsende nach 02:12 Min. [6]

Zusammenfassung

- Entwicklung einer funktionsfähigen Web-App zur Steuerung der Apparatur via W-LAN
- Erarbeitung einer aufwuchsfähigen Messstrategie für Temperaturmessungen auf der Zielfläche
- Durchführung und Auswertung von 23 Brandversuchen
- Bodenfeuchte hat maßgeblichen Einfluss auf das Entzündungsverhalten von Bodenproben
- Formulierung von Eingabeparametern für die numerische Simulation
- Entwicklung eines Logos für die Wissenschaftskommunikation

Forschungsbedarfe

- Durchführung weiterer experimenteller Studien zum Erreichen statistischer Signifikanz.
- Weiterentwicklung der Versuchsapparatur hinsichtlich der Heizquelle
- Numerische Simulation der Teilprozesse des Spotting-Mechanismus, insbesondere aber der Entzündung von Spotfeuern

Referenzen

- [1] V. Babrauskas, „Firebrands and Embers“, in Encyclopedia of Wildfires and Wildland-Urban Interface (WUI) Fires, S. L. Manzello, Hrsg., Cham: Springer International Publishing, 2018.
- [2] S. L. Manzello und S. Suzuki, „The world is burning: What exactly are firebrands and why should anyone care?“, Front. Mech. Eng., Bd. 8, S. 1072214, Jan. 2023, doi: 10.3389/fmech.2022.1072214.
- [3] A. Tohidi und N. B. Kaye, „Firebrands“, in Wildland Fire Dynamics, 1. Aufl., K. Speer und S. Goodrick, Hrsg., Cambridge University Press, 2022, S. 129-155. doi: 10.1017/9781108683241.005.
- [4] S. Suzuki und S. L. Manzello, „On Unraveling Community Ignition Processes: Joint Influences of Firebrand Showers and Radiant Heat Applied to Fuel Beds“, Combustion Science and Technology, Bd. 195, Nr. 13, S. 2989-3002, Okt. 2023, doi: 10.1080/00102202.2021.2019238.
- [5] ISO 6021: Firebrand generator, Mai 2024.
- [6] M. Weisbecker, „Funkenflug und Brandausbreitung: Experimentelle Untersuchungen zum Entzündungsmechanismus an Wald- und Vegetationsproben (Bachelorarbeit)“. 29. November 2024.

REDUKTION DER PAK-HAUTEXPOSITION DURCH GAS- UND PARTIKELFILTRIERENDE UNTERBEKLEIDUNG

AUTOREN: SARAH VOGT, DR. ANDREAS ARNOLD, BRIGITTE BAGGEN

BLÜCHER ist das führende Unternehmen in der Entwicklung und Produktion von adsorptiven Verbundwerkstoffen zum Schutz vor chemischen und biologischen Substanzen.



Gas- und partikelfiltrierende Unterbekleidung

ZIEL UND FRAGESTELLUNG

Ziel der im Folgenden beschriebenen Untersuchungen war es, das Spektrum von PAKs, denen Feuerwehrleute bei der Brandbekämpfung ausgesetzt sind, zu analysieren und das Potenzial filtrierender Schutzunterbekleidung zur Reduzierung der Hautexposition zu untersuchen.

Dabei war die Fragestellung von Interesse, in welcher Form und Menge sich PAKs in der Umgebung eines Brandeinsatzes befinden und was davon bei getragener Einsatzbekleidung auf der Haut der Einsatzkräfte ankommt.

Daraus resultierte die Anforderung an ein realitätsnahes Szenario, das auf Systemebene in einer typischen Tragesituation stattfinden sollte. Darüber hinaus stellte sich die Frage, ob es einen Unterschied in der PAK-Reduktion zwischen Standard- und filtrierender Unterbekleidung gibt und inwieweit die Nutzung und Pflegezyklen die Rückhalteleistung verändern.

MOTIVATION

Seit geraumer Zeit ist in Diskussion und inzwischen bekannt, dass Einsatzkräfte der Feuerwehren bei der Brandbekämpfung krebserregenden Substanzen ausgesetzt sind. Schließlich hat die Internationale Agen-

tur für Krebsforschung der WHO (IARC) im Juli 2022 diese berufliche Exposition als kanzerogen für den Menschen eingestuft.

Dabei sind vor allem polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs), die auch durch die Haut in den menschlichen Organismus gelangen, im Visier der Betrachtungen.

Zusätzlich zum üblicherweise getragenen Atemschutz gilt es deshalb die Hautexposition von Feuerwehr-Einsatzkräften im Laufe der beruflichen Tätigkeit zu vermeiden bzw. zu reduzieren.

VORGEHENSWEISE

Um mit den Untersuchungen ein möglichst realitätsnahes Szenario abzubilden, wurden diese in Trainingssituationen zur Brandbekämpfung mit Feuerwehr-Einsatzkräften durchgeführt.

Diese haben auf dem Feuerwährungs-gelände in Gutasjön, Schweden (Trainingsgelände für die Brandbekämpfung der Feuerwehr) stattgefunden.

Folgende Bedingungen waren für die Untersuchungen gegeben:

- Feuergenerierung durch Verbrennung von Holzpaletten im geschlossenen Raum
- 4 Feuerwehr-Einsatzkräfte mit EN 469 zertifizierter Feuerwehrschutzbekleidung
 - 2 mit Standardunterbekleidung
 - 2 mit filtrierender Unterbekleidung

• Prüfung im originalen Zustand sowie nach mehreren Einsätzen/Wäschen

- Probensammler aus PU-Schaum für die PAK-Aufnahme
 - Je 3 auf der Haut: Oberarm, Brust, Oberschenkel
 - Je 1 auf der Außenseite

• Brandbekämpfungseinsätze von jeweils 25 Minuten

• Analyse der aufgenommenen PAKs durch GC/MS

Abbildungen von links oben:
Bild 1: Probensammler am Oberarm
Bild 2: Filtrierende Unterbekleidung über Probensammlern
Bild 3: Vollausstattung Einsatzkraft
Bild 4: Einsatzkraft nach Brandübung



ABBILDUNG 1
Außenexposition gemittelt über alle Personen

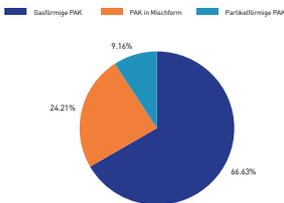


ABBILDUNG 2
Exposition der Haut im Vergleich zur Außenexposition - nach 20 Einsätzen und Wäschen

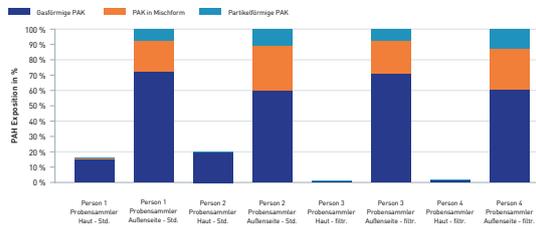


ABBILDUNG 3
Filtrierende Unterbekleidung: Exposition der Haut im Vergleich zur Außenexposition - im Originalzustand, nach 10 und nach 20 Einsätzen/Wäschen

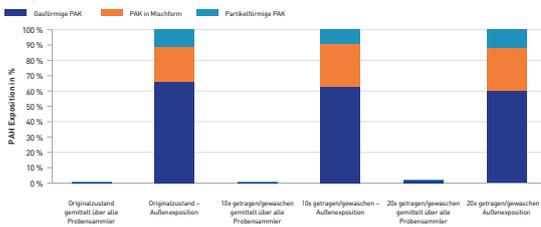
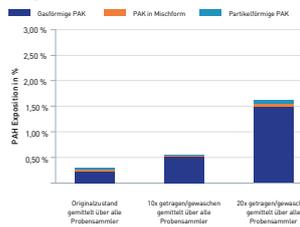


ABBILDUNG 4
Filtrierende Unterbekleidung: Exposition der Haut ohne Außenexposition - im Originalzustand, nach 10 und nach 20 Einsätzen/Wäschen



ERGEBNIS

Die Auswertung der Probensammler auf der Außenseite der Feuerwehrbekleidung zeigt, dass die PAKs in einer Verteilung von Partikeln und Gasen vorkommen.

Abb. 1 zeigt die Verteilung der Gesamtmenge der PAKs, gemittelt über alle Einsatzkräfte, der auf der Außenseite der Feuerwehrbekleidung gemessenen PAKs. Dabei sind ca. 67% der PAKs in der Gasform, 9% in Partikelform und ca. 24% in einer Mischform aus gas- und partikelförmigen PAKs. Die Analyse der Probensammler hat gezeigt, dass trotz membranbasierter Feuerwehrschutzbekleidung PAKs durch das Material und die Schnittstellen (z. B. Jacke/Hose) an die Unterbekleidung und an die Haut der Träger gelangen.

Abb. 2 zeigt die Gesamtmenge der PAKs gemittelt über alle Träger im Vergleich Hautseite zu Außenseite, hier an der 20x getragenen/gewaschenen Unterbekleidung. Sie zeigt auf, dass bei den Einsatzkräften, die die Standardunterbekleidung getragen haben ca. 15-20% der in der Umgebung bestimmten PAKs an der Haut ankommen. Bei den Einsatzkräften mit filtrierender Unterbekleidung sind weniger als 2% der in der Umgebung bestimmten PAKs an der Haut angekommen.

Abb. 3 stellt die Ergebnisse der Schutzleistungsänderung der filtrierenden Unterbekleidung über mehrfache Einsätze und Wäschen dar. Die jeweils zwei Säulenpaare zeigen die Gesamtmenge an PAKs, die auf der Hautseite und im Vergleich dazu an der Außenseite ermittelt wurde. Dabei ist einmal der Vergleich im Originalzustand,

nach 10 Einsätzen sowie dazwischenliegenden Wäschen und nach 20 Einsätzen und Wäschen dargestellt. Hier ist zu sehen, dass weniger als 2% der PAKs in der Umgebung die Haut erreichen. Im Originalzustand sind es ca. 0,3%, nach 10 Einsätzen/Wäschen ca. 0,5% und nach 20 Einsätzen/Wäschen ca. 1,6%.

Abb. 4 zeigt in vergrößerter Skalierung und zum besseren Überblick der Verteilung der verschiedenen PAK-Formen die PAK-Mengen aus Abb.3, die auf der Hautseite ermittelt wurden. Um den Unterschied über den Nutzungsverlauf sichtbarer zu machen, wurde der Vergleich zur Außenexposition weggelassen.

Nach 20 Einsätzen und Wäschen liegt die PAK-Hautexposition immer noch unter 2% der Außenexposition.

ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Die Auswertungen haben gezeigt, dass die Belastung von Feuerwehr-Einsatzkräften in nicht unerheblichem Maße auch aus gasförmigen PAKs besteht und eine Kombination aus gas- und partikelförmig filtrierender Schutzbekleidung für eine signifikante Reduktion der Hautexposition sorgt.

Derartige Technologien und Lösungen bedürfen der Etablierung neuer adäquater Leistungs- und Prüfstandards, die für eine CE-Zertifizierung als persönliche Schutzausrüstung zugrunde gelegt werden könnten.

BLÜCHER GMBH
Mettmanner Str. 25 · 40699 Erkrath · Germany
+49 211 92 44 145 · info@bluecher.com · www.bluecher.com

RESCUE-MATE

Dynamische Lageerstellung und Unterstützung für Rettungskräfte in komplexen Krisensituationen

Frank Meyer, CC BY-SA 2.0 via Wikimedia Commons

Motivation

- Extreme Naturereignisse, wie beispielsweise Sturmfluten oder Starkregenereignisse, nehmen in Folge des Klimawandels in den nächsten Jahrzehnten sowohl in ihrer Häufigkeit als auch in ihrer Schwere zu.
- Der Bevölkerungsschutz muss an die veränderten Herausforderungen angepasst werden. Komplexe Krisensituationen erfordern umfassende Abstimmungsprozesse zwischen den Gefahrenabwehrbehörden unter Einbindung der Bevölkerung.
- Ein umfassendes Lagebild ist eine wesentliche Grundlage für die Einleitung von Maßnahmen zur Gefahrenabwehr. Die Lagebilderstellung ist aktuell ein manueller Prozess mit vielen ineffizienten Prozessen. Informationen werden per E-Mail oder telefonisch übermittelt und händisch zusammengeführt. Komplexere Datensätze (z. B. Sensordaten, Drohnenbilder) können bei der Zusammenführung nicht berücksichtigt werden. Eine Zusammenführung der Daten auf einer Plattform zur strukturierten Bearbeitung findet aktuell nicht statt.



Abb. 1: Zentraler Katastrophendienststab (BIS)



Abb. 2: Eindrücke von einer Sturmflut (HPA)

Projektstruktur

- Wesentliche Grundlage für die Projektarbeit ist eine **Anforderungsanalyse**. Zur Ableitung von Anforderungen (Abb. 3) wurde ein Nutzer:innen-zentrierter („User-Centered“) Design-Ansatz gewählt. Insgesamt wurden 663 Anforderungen identifiziert, welche nach dem MoSCoW-Prinzip für die technische Umsetzung priorisiert wurden.
- Zum effektiven Informationsaustausch wird das Projekt eine offene, dezentrale und sichere **KI- und Datenplattform** (Abb. 4) für die Lage- und Entscheidungsunterstützung entwickeln. Zentrale Bestandteile sind die miteinander verbundenen RESCUE-MATE-Knoten zum Datenaustausch zwischen Behörden und Organisation des Bevölkerungsschutzes.
- Zur Erstellung eines Datenkataloges werden die **Datenquellen** nach ihrer Datenart (historisch, Echtzeit, Bild, Video, Text, statisch, mobil) und Herkunft (Sensorik, Drohne, Social Media, Datenbank etc.) (Abb. 4) identifiziert. Neben der Integration von vorhandenen Datenquellen (z. B. des Urban Data Hubs) werden weitere Daten beispielsweise von eigenen Sensoren zur Polder- und Deichüberwachung sowie einer automatisierten Analyse von Social Media und TETRA-Funk eingebunden.
- Projekteigene **Drohnen** sollen dazu befähigt werden, möglichst autonom vorgegebene Missionen abzarbeiten. Beispielsweise sollen die Drohnen zur Überprüfung von Hochwasserschutzanlagen oder Deichen, zum Aufbau eines Kommunikationsnetzes oder zur Ortung von vom Wasser eingeschlossenen Personen (Abb. 5) eingesetzt werden.
- Auf Basis des Realitäts-Virtualitäts-Kontinuums sollen zur Verbesserung des **Lagebildes und zur Entscheidungsunterstützung** sowohl Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) (Abb. 6) zur Visualisierung erprobt werden.
- Mit der Entwicklung einer eigenen **App** sollen Bürger:innen beispielsweise mit ortsabhängigen Evakuierungsanweisungen (Abb. 7) und Rettungskräfte mit konkreten, für den Einsatz relevanten Informationen versorgt werden können.



Abb. 3: Ableitung der Anforderungen (UHH)

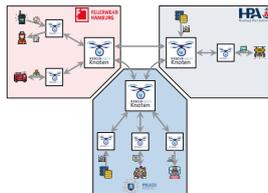


Abb. 4: RESCUE-MATE-Plattform bestehend aus Knoten (UHH)

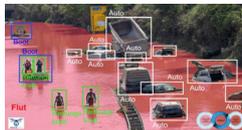


Abb. 5: KI für Szenenerkennung (HITec)



Abb. 6: Immersive Visualisierungstechniken (UHH)



Abb. 7: App-Anwendung für Bürger:innen (UHH)

Zielsetzung

- Einbettung des Forschungsprojektes in ein Sicherheitsszenario mit einer Sturmflut von mehr als 8 Metern über Normalhöhennull (NHN).
- Erstellung eines Lagebildes durch fortlaufende Einbindung von Echtzeitdaten.
- Automatisierte Erhebung und Aufbereitung relevanter Informationen zur Lagebeurteilung mit Hilfe sicherer KI-Anwendungen.
- Rechte- und rollenbasierte Informationsauswertung und -anzeige für unterschiedliche Zielgruppen (Stab, Rettungskräfte, Hilfsorganisationen, Bürger:innen).
- Effizientere und verlässliche Kommunikation der Netzwerkpartner über die RESCUE-MATE-Plattform, auch bei Ausfällen des Mobilfunk- oder TETRA-Netzes.
- Erprobung neuer adressatengerechter und multivisualer Informationsaufbereitung für die Lagedarstellung (Touchtable, AR- bzw. VR-Brillen).
- Bessere Lagebeurteilung durch den Einsatz von Drohnen, Videoüberwachungssystemen (z. B. an Deichen) oder smarterer Sensorik (z. B. an Poldern).
- Unmittelbare KI-Auswertung großer Datenmengen (z. B. in der Bilderkennung und Auswertung von Drohnenbildern).

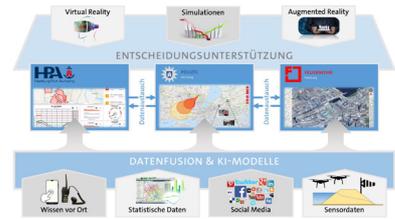


Abb. 8: Schematische Darstellung der Systemarchitektur (BIS)

Ergebnisse und Ausblick

- Erprobung der Demonstratoren in Labor- und Feldtests sowie iterative Einbindung in die jährlich stattfindende Stabsrahmenübung der Behörde für Inneres und Sport.
- Verfestigung des Projekts durch angestrebte Übertragung der entwickelten Lösungen auf andere Anwendungskontexte. Die offene Architektur der KI- und Datenplattform ermöglicht einen Anschluss an etablierte Software am Markt.
- Weiterentwicklung der Lösungen im Rahmen von anschließenden Forschungsprojekten und Evaluation, ob Potenzial für eine universitäre Ausgründung besteht.
- Möglichkeit der Zusammenarbeit und Anknüpfung an bestehende und neu entstehende lokale Akteursysteme zur Schaffung eines urbanen Bevölkerungsschutz-Zwillings.



Abb. 9: Prototypische Visualisierung der Lagedarstellung (AS)

Projektdaten

Projektlaufzeit

- Phase I: Juni 2021 – November 2022
- Phase II: Oktober 2023 – September 2027

Konsortium

- 11 geförderte Partner und 14 assoziierte Partner

Förderung

- Förderung des Gesamtverbundes RESCUE-MATE mit rund 9 Millionen Euro durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm Forschung für die zivile Sicherheit (Sicherheitsforschung) der Fördermaßnahme „SifolIFE – Demonstration innovativer, vernetzter Sicherheitslösungen“



Besuchen Sie unsere Homepage oder LinkedIn-Seite.



Hamburg

Multivariate Analyse von Feuerwehreinsatzdaten im Kontext lokaler Niederschlagsereignisse zur Erstellung von kleinräumlichen Resilienzkonzepten in der kommunalen Planung am Beispiel der Stadt Mülheim an der Ruhr

Ergebnisse der Master-Thesis zur Erlangung des akademischen Grades eines Master of Science im Studiengang Raumplanung
 Bearbeitet von Bastian Powierski, M.Sc.

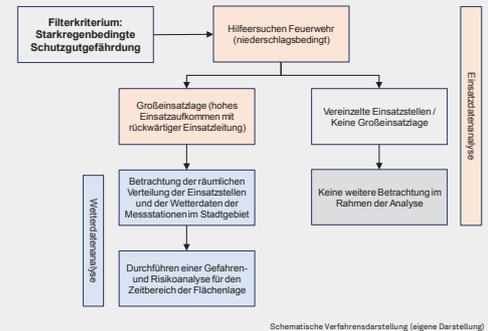
Zielsetzung

Die zentrale Zielsetzung der Untersuchung war es, die Resilienz urbaner Räume gegenüber Starkregenereignissen nachhaltig zu erhöhen. Hierzu wurde ein integratives Verfahren entwickelt, das eine systematische Analyse kritischer Niederschlagsparameter sowie deren Auswirkungen auf die Handlungsfelder der Gefahrenabwehr ermöglicht.

Der Fokus lag auf der Erfassung und Auswertung von Einsatzdaten der Feuerwehr in Kombination mit meteorologischen Daten, um fundierte Handlungsempfehlungen für das kommunale Risikomanagement und die Stadtplanung abzuleiten. Durch diese Methodik soll eine verbesserte Vorplanung und Lagebewältigung hinsichtlich Starkregenfolgen gewährleistet werden.

Entwickeltes Verfahren

Das Verfahren beruht auf einer multimethodischen Herangehensweise, die sowohl quantitative als auch qualitative Analysemethoden integriert. Es kombiniert Daten aus den Bereichen Wetteraufzeichnungen und dokumentierte Einsätze der Feuerwehr. Diese Verknüpfung ermöglicht die Identifikation spezifischer Muster und Zusammenhänge zwischen Niederschlagsereignissen und den daraus resultierenden, kleinräumlichen Einsatzlagen. Dieses Verfahren bietet somit eine solide Grundlage für die Erstellung kleinräumlicher Resilienzkonzepte, welche bedarfsgerecht die nachteiligen Auswirkungen von Starkregenereignissen auf kommunale Infrastrukturen minimieren sowie Kräfte und Mittel der Gefahrenabwehr möglichst ressourceneffizient vorplanen.



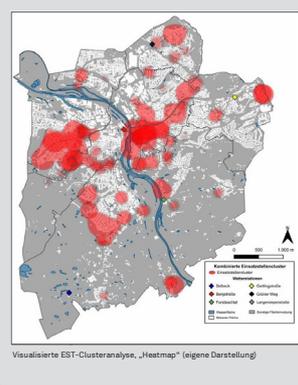
Methodik und Grundlagen

Im Rahmen der Untersuchung wurde eine detaillierte Datenanalyse basierend auf umfangreichen Rohdatensätzen aus den Jahren 2012 bis 2022 durchgeführt. Diese Datensätze beinhalten sowohl meteorologische Informationen (z.B. Niederschlagsmengen pro Zeiteinheit) als auch dokumentierte Einsatzdaten der Feuerwehr (z.B. Art und Uhrzeit der Hilfsersuchen). Darauf erfolgte eine vergleichende Datenanalyse sowie eine Verräumlichung

der in der Untersuchung berücksichtigten Einsatzstellen via Geoinformationssysteme (GIS). Auf Grundlage der sehr guten Datenverfügbarkeit konnten räumlich und Ereignisparameter bezogene Muster identifiziert werden. Auf dieser Grundlage konnten anzunehmende Regelmäßigkeiten bezüglich des Auftretens und der Intensität von Betroffenheiten und resultierenden Hilfsersuchen zur weiteren Analyse herausgestellt werden.

Ergebnisse

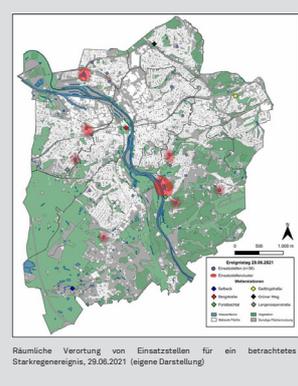
Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass es einen nachweisbaren Zusammenhang zwischen bestimmten räumlichen Niederschlagsparametern und einem signifikanten Anstieg von Hilfsersuchen gibt. Die Analyse der Einsatzdaten in Verbindung mit meteorologischen Informationen verdeutlicht, dass bereits moderate Niederschlagsmengen in stark versiegelten, urbanen Gebieten zu einer erhöhten Gefährdung von Schutzgütern führen können. Ein zentrales Ergebnis dieser Arbeit ist ferner die Identifikation kritischer Schwellenwerte für Niederschlagsintensitäten, ab denen ein maßgeblicher Anstieg an Einsätzen raumbezogen zu verzeichnen ist. Diese Schwellenwerte sind entscheidend für das Verständnis der Vulnerabilität individuell städtischer Infrastrukturen gegenüber Starkregenereignissen.



Einsatzstellen-Clusteranalyse

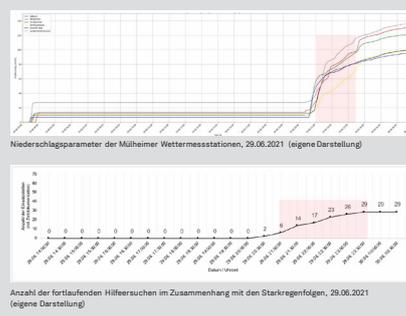
Die Einsatzstellen-Clusteranalyse ermöglicht es, räumliche Konzentrationen von Einsätzen zu identifizieren, die während vergangener Starkregenereignisse vermehrt Hilfsersuchen generierten. Hierbei wurden Hotspots ermittelt, also Gebiete mit einer signifikant höheren Anzahl an Einsätzen im Vergleich zu anderen Quartieren innerhalb Mülheims. Durch diese überlagernde Betrachtung aller zu Großeinsatzlagen führenden Niederschlagsereignisse des Analysezeitraums (2012-2022), können besonders vulnerable Bereiche sicher

eingegrenzt werden. Aufbauend ist es bei der kombinierten Niederschlagsdatenanalyse möglich, bei der Betrachtung des konkreten Niederschlagscharakters (bspw. kurz und intensiv oder mäßig aber langanhaltend) Schlüsse auf die kleinräumlich besonders risikoreichen Niederschlagsparameter zu ziehen, um resultierend sowohl planerisch-technische Maßnahmen umzusetzen als auch in der Lage abschätzen zu können, welche Einsatzschwerpunkte sich im Verlauf des konkreten Starkniederschlags ergeben werden.



Kombinierte Niederschlagsdatenanalyse

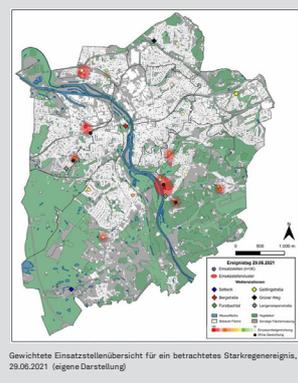
Durch den Vergleich detektierter Niederschlagsintensitäten mit den vorerwähnten Einsätzen konnten kritische Schwellenwerte identifiziert werden – dies sind Werte ab denen Schutzgüter gefährdet oder bereits Schäden entstanden sind. Diese methodisch fundierte Analyse liefert Erkenntnisse über das anzunehmende Abflussverhalten von Regenwasser in städtischen Strukturen und trägt zur aufbauenden Entwicklung bedarfsgerechter Resilienzstrategien bei.



Beispielhafte Schwellenwerttabelle für ein Einzugsgebiet (eigene Darstellung)

Ereignistag	Langensiepenerstraße		
	Niederschlags-summe	Niederschlags-dauer	EXPO
23.07.2013	40 mm	30 min	Red
09.06.2014	35 mm	15 min	Yellow
07.06.2016	58 mm	50 min	Red
29.05.2018	20 mm	20 min	Green
03.06.2021	57 mm	25 min	Red
29.06.2021	135 mm	300 min	Red
13.07.2021	68 mm	1080 min	Green

Das entwickelte Verfahren zur Einsatzstellen-Komplexitätsermittlung ermöglicht eine Szenarienbasierte Identifikation von besonders ressourcenintensiven Einsätzen. Diese gewonnenen Erkenntnisse können genutzt und durch neue Daten ergänzt werden, um zukünftige Planungsstrategien im Bereich des Starkregenmanagements bedarfsgerecht anzupassen und somit einen maßgeblichen Beitrag zur verbesserten Ressourcenallokation der Gefahrenabwehr bei Starkregen-Flächenlagen zu gewährleisten.



Einsatzstellen-Komplexitätsermittlung

Die Komplexitätsermittlung bewertet jede Einsatzstelle hinsichtlich der Ressourcenbindung für die Gefahrenabwehr während der vergangenen Starkregenlagen durch eine ordinale Gewichtung basierend auf den Faktoren *Einsatzmittel* und *Einsatzdauer*. Diese differenzierte Bewertung ermöglicht ex-post eine Identifikation der Ressourcen-intensivsten Starkregen-Einsatzstellen. Somit kann eine fundierte Priorisierung hinsichtlich Handlungsbedarfe für die Planung aufgrund der festgestellten Dinglichkeit der Maßnahmen zur Verminderung nachteiliger Folgen abgeleitet werden.

Gesamteinsatzstellengewichtung nach Komplexitätsermittlung (eigene Darstellung)									
Einsatzschlüssel	Fahrzeugart	Stützpunkt	Adresse	Stufe	Einsatzmittel	Einsatzdauer	Gewichtung	Ergebnis	Gesamt
PumpenEinsatz	LF-Klein TLF	07	Messener Straße X	MH	01:20:39	10	150		
PumpenEinsatz	WLF/TLF	07	Eiser Straße X	MH	01:24:18	10	120		
PumpenEinsatz	HLF	10	Schneiderschloß X	SH	01:25:08	10	100		
PumpenEinsatz	TLF /HLF	7/10	Jägerstraße X	MH	00:30:30	5	85		
PumpenEinsatz	LF-Klein	07	Kampfenberg X	MH	00:52:37	7,5	60		
PumpenEinsatz	TLF	7	Becker Straße X	MH	00:57:23	7,5	62,5		
PumpenEinsatz	HLF	10	Völkstraße 101 X	MH	00:30:16	5	50		
PumpenEinsatz	HLF	10	Schneiderschloß X	MH	00:28:28	10	50		
PumpenEinsatz	KEF	07	Diakonstraße X	MH	01:00:27	10	50		
PumpenEinsatz	LF-Klein	07	Schneiderschloß X	MH	00:22:50	5	40		
PumpenEinsatz	HLF	10	Jägerstraße X	MH	00:15:13	2,5	25		
PumpenEinsatz	HLF	10	Comenius X	MH	00:25:51	2,5	25		
PumpenEinsatz	HLF	10	Schneiderschloß X	MH	00:18:48	2,5	25		
PumpenEinsatz	HLF	10	Schneiderschloß X	MH	00:18:17	2,5	25		
PumpenEinsatz	HLF	10	Hilfstraße X	MH	00:20:14	2,5	25		
PumpenEinsatz	HLF	10	Schneiderschloß X	MH	00:22:12	2,5	25		
PumpenEinsatz	KEF	07	August-Schmidt-Straße X	MH	00:30:36	5	25		
PumpenEinsatz	LF-Klein	07	Kampfenberg X	MH	00:22:18	2,5	20		
PumpenEinsatz	LF-Klein	07	Messener Straße X	MH	00:27:17	2,5	20		
PumpenEinsatz	TLF	7	Hausknechtstraße X	MH	00:16:38	2,5	17,5		
PumpenEinsatz	HLF	10	Oberwasserstraße X	MH	00:12:38	1,25	12,5		
PumpenEinsatz	HLF	10	Bergstraße X	MH	00:12:38	1,25	12,5		
PumpenEinsatz	TLF	7	Lotharstraße X	MH	00:12:38	1,25	8,75		

Empfehlung und Ausblick

Besteht eine zur umfassenden Analyse ausreichende Datenlage in den Bereichen Einsatzdaten und Zusatzdaten (in diesem Fall meteorologische Daten), lassen sich aus den initialen Datensätzen in kombinierter Betrachtung neue Erkenntnisse gewinnen. So ist Fachbereich übergreifend zu prüfen, ob Bestandsdatensätze bei einer verscheidenden Analyse zu neuen Erkenntnissen und Ableitungen im Bereich der Einsatzvorbereitung und Lagebewältigung führen können. Zudem zeigt sich das Potenzial, das entwickelte Verfahren langfristig weiterzuentwickeln und auf andere Gefährdungsszenarien wie Flusshochwasser oder Hitzewellen auszuweiten.

Herausforderung Mobilitätswende: Mit digitalen Werkzeugen die Zukunft gestalten

Fabian Schuhmann¹, Christian Weirauch², Thomas Herrmann², Holger Müller², Martin Schneider², Markus Lienkamp¹
¹Technische Universität München, Garching, DE
²Branddirektion München, München, DE

Motivation

Die Mobilität in Metropolregionen befindet sich im Wandel. Stadtplanung, Verkehrsinfrastruktur und Mobilitätskonzepte werden neu gedacht. Auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Zukunft werden zahlreiche Veränderungen und Innovationen (siehe rechts) umgesetzt.

Bisher existieren Leitfäden, z.B. die Fachempfehlung Mobilitätswende [2], und bieten einen Anhaltspunkt zur Beurteilung der Auswirkungen von individuellen Veränderungen auf das Rettungswesen. Die Vielzahl der Eingriffe und deren Wechselwirkung stellt jedoch eine Herausforderung für die Betreiber von Rettungsinfrastruktur, beispielsweise die Feuerwehr, dar. **Eine Möglichkeit, verkettete Was-Wäre-Wenn Szenarien digital abzubilden, fehlt bisher.**



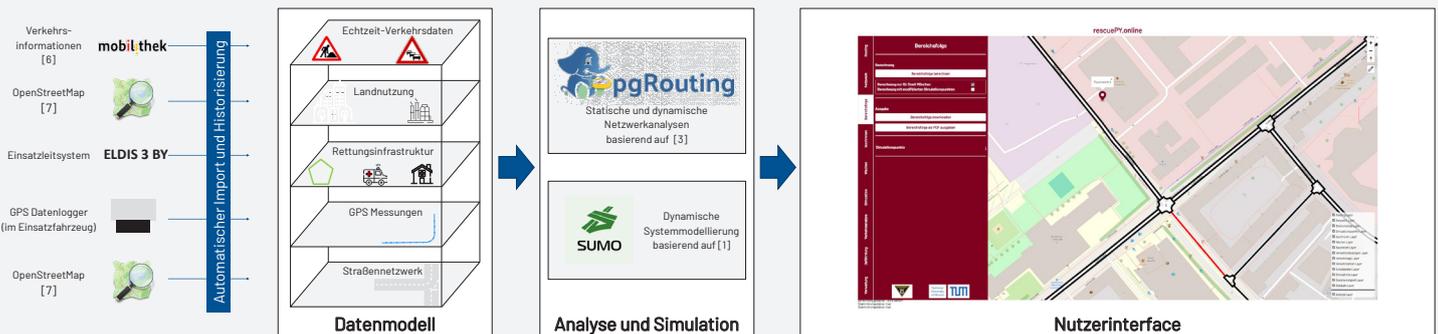
Zielsetzung

Das Ziel ist die Entwicklung einer **Open-Source-basierten (Verkehrs-)Analyseplattform**, welchen es Betreibern von Rettungsinfrastruktur ermöglichen soll, ein **transparentes und erweiterbares digitales** Abbild des realen Systems erstellen und verkettete Was-Wäre-Wenn Szenarien analysieren zu können.

Methodik

Im Zentrum steht ein Datenmodell, welches unterschiedliche Datenquellen kombiniert. Hierzu zählen beispielsweise Echtzeit-Verkehrsdaten (bereitgestellt durch [6]), GPS-Daten der Einsatzfahrzeuge (kombiniert mit Daten des Einsatzleitsystems) sowie das Straßennetzwerk. Das Datenmodell bildet die Grundlage für statische und dynamische Netzwerkanalysen (basierend auf [3]) sowie dynamische Systemmodelle (basierend auf [1]). Über ein interaktives Nutzerinterface können die Daten visualisiert und Analysen durchgeführt werden, beispielsweise zur Erkennung von Problemstellen oder zur Entscheidungsunterstützung in der Verkehrsplanung.

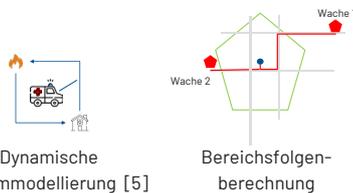
Die Architektur des Gesamtmodells ermöglicht es, dass **das Modell von Feuerwehren selbst betrieben und individuell erweitert werden kann.**



Anwendungsfälle

Das Modell findet auf drei unterschiedlichen Ebenen Anwendung:

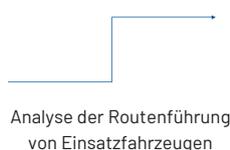
Strategische Planung



Operative Planung

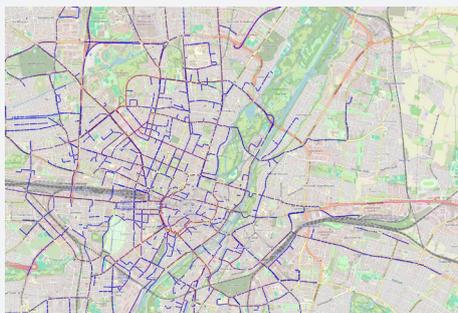


Routing



Ergebnisse

Im Rahmen der Forschungsarbeit sind die Fahrzeuge des Löschzugs der Feuerwachen eins und vier sowie des Führungsdienstes und der Notarztwagen mit GPS Datenloggern ausgestattet worden. Die fortlaufende Datenaufzeichnung bildet die Grundlage für die Analyseplattform. In der untenstehenden Grafik ist exemplarisch die absolute Anzahl an Befahrungen je Straßenabschnitt durch die aufgezeichneten Großfahrzeuge (HLF & DLK) der Berufsfeuerwehr dargestellt.



Absolute Anzahl an Befahrungen durch Großfahrzeuge je Straßenabschnitt
 [rot = häufig; blau = selten]

Zukünftige Arbeiten

Die weiteren Arbeiten fokussieren sich darauf, Verkehrsverlagerungseffekte simulativ zu berechnen und in die anschließende Erreichbarkeitsbewertung zu integrieren.

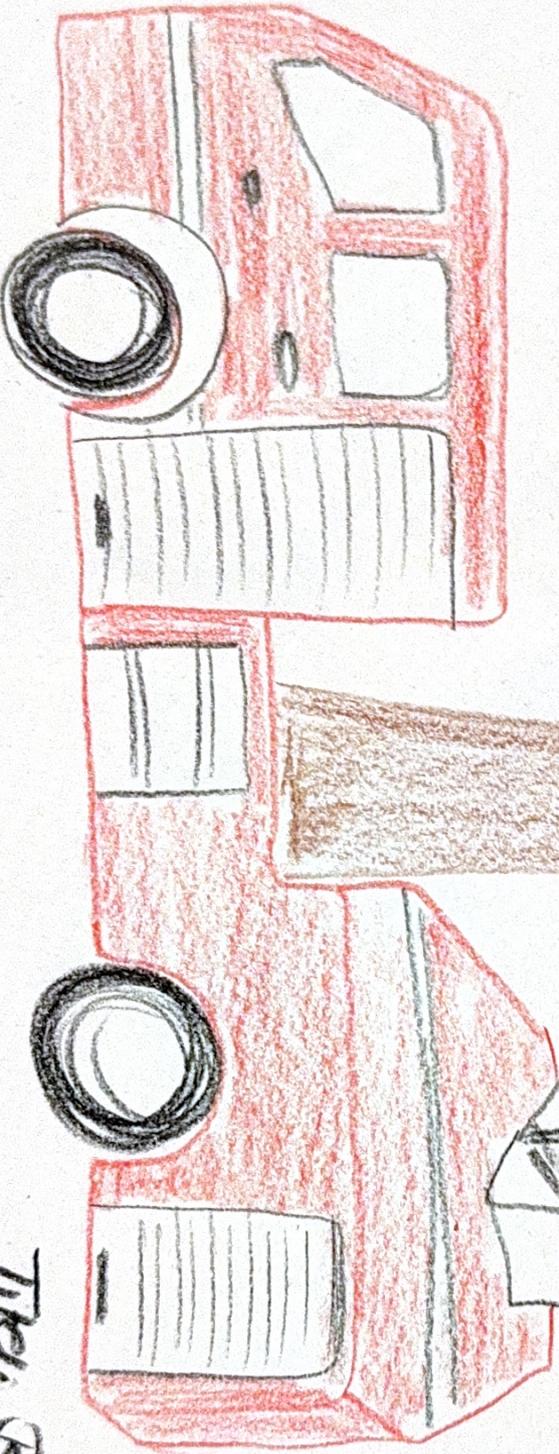
Es ist geplant, die Analyseplattform nach Abschluss der Arbeiten im Sinne einer Open-Source Lizenz öffentlich verfügbar zu machen.

Quellen

- [1] Lopez, Pablo Alvarez; Behrlich, Michael; Bieker-Walz, Laura; Erdmann, Jakob; Flöteröd, Yun-Pang; Hillrich, Robert et al. (2018): Microscopic Traffic Simulation using SUMO. In: The 21st IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems: IEEE. Online verfügbar unter <https://elib.dlr.de/124092/>.
- [2] Bachmeier, Peter (2022): Fachempfehlung der Arbeitsgemeinschaft der Leiterinnen und Leiter der Berufsfeuerwehren und des deutschen Feuerwehrverbandes Mobilitätswende. Online verfügbar unter <https://feuerwehr-frankfurt.de/medathek/vorbuegender-brandschutz/stressenraum/fachempfehlung-mobilitaetswende>, zuletzt aktualisiert am 05.05.2025.
- [3] pgRouting Project. Online verfügbar unter <https://pgrouting.org/>, zuletzt aktualisiert am 05.05.2025.
- [4] Schuhmann, Fabian; Herrmann, Thomas; Weirauch, Christian; Schneider, Martin; Müller, Holger (2025): Der digitale Feuerwehr-zwilling - Teil 1. GPS-Datenanalyse als Grundlage bei der Berufsfeuerwehr München. In: BRANDSCHUTZ 79 (04), S. 279-285. Online verfügbar unter <https://shop.kohlhammer.de/der-digitale-feuerwehr-zwilling-teil-1-978-3-00-425183-8.html>.
- [5] Schuhmann, Fabian; Herrmann, Thomas; Weirauch, Christian; Schneider, Martin; Müller, Holger (2025): Der digitale Feuerwehr-zwilling - Teil 2. Open-Source-Verkehrssimulation bei der Berufsfeuerwehr München. In: BRANDSCHUTZ 79 (04), S. 286-289. Online verfügbar unter <https://shop.kohlhammer.de/der-digitale-feuerwehr-zwilling-teil-2-978-3-00-425184-5.html>.
- [6] Mobil.thek. Online verfügbar unter <https://mobilthek.info/>, zuletzt aktualisiert am 05.05.2025.
- [7] OpenStreetMap. Online verfügbar unter <https://www.openstreetmap.org/>, zuletzt aktualisiert am 05.05.2025.

Kontakt





Titel: Bremers Bau
mit Kerze
Künstler: unbekannt