



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Kompetenznetz Sicherheitsforschung

Tagungsband

Tage der Sicherheitsforschung

14.- 16. Juni 2023

112Rescue | Dortmund



in Kooperation mit:

Forschungszentrum Nachbergbau der Technischen Hochschule Georg Agricola, Bochum
Verband der Feuerwehren Nordrhein-Westfalen, Wuppertal
Messe Dortmund GmbH

Herausgegeben von

Dr. Bodo Bernsdorf

Technische Hochschule Georg Agricola

Mai 2024

Impressum

Tagungsband Tage der Sicherheitsforschung 2023

Herausgegeben von

Dr. Bodo Bernsdorf

Forschungszentrum Nachbergbau

Technische Hochschule Georg Agricola, Bochum

unter Mitarbeit von Cinja Bösel, Julian Jaeckel, Laura Klein, Dr. Yvonne Liebermann, Quynh Anh Nguy Thi und Nyein Than Thar Lwin

Anschrift

Herner Straße 45

44787 Bochum

Open Access

Dieses Werk und einzelne Auszüge daraus sind als Open Access unter den Creative Commons CC BY-NC-SA verfügbar.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/deed.de>

Alle Rechte vorbehalten

© Selbstverlag der Technischen Hochschule Georg Agricola, Bochum 2024

ISBN 978-3-949115-16-5

Die Tage der Sicherheitsforschung sind eine Initiative des freien Zusammenschlusses von Forschenden im Kompetenznetz Sicherheitsforschung.

<http://www.kompetenznetz-sicherheitsforschung.de>

Die Technische Hochschule Georg Agricola (THGA) ist eine staatlich anerkannte Hochschule der DMT-Gesellschaft für Lehre und Bildung mbH, Bochum (Trägerin). Sie wird durch ihre Präsidentin [Prof. Susanne Lengyel](#) vertreten.

Tagungsband

Tage der Sicherheitsforschung

14.- 16. Juni 2023



Die Tage der Sicherheitsforschung wurden gemeinsam mit dem Fachausschuss Forschung des Verbands der Feuerwehren NRW ausgerichtet. Die Messe Dortmund unterstützte die Veranstaltung großzügig durch die Bereitstellung der Bühne sowie hochwertiger Veranstaltungstechnik. Beiden Organisationen sei herzlich gedankt!

Hinweis:

Die in den Publikationen verwendeten Fachbegriffe sind jeweils Bestandteile ihrer feststehenden Fachsprachen. Damit unterliegen sie nicht den Regeln der neuen deutschen Rechtschreibung.

Autor:innen:

Lukas Arzoumanidis
Michael Bartz
Bodo Bernsdorf
Xabier Blanch Gorriz
Patrick Brausewetter
Anette Eltner
Sven Gedicke
Bernhard Glittenberg
Iris Gräßler
Jens Grundmann
Benjamin Haske

Jan-Henrik Haurert
Ralf Hedel
Noah Herschbach
Michael Hieb
Marvin Janßen
Ivana Kruijff-Korbayova
Oliver Krüger
Susanna Kunzmann
André Kutscher
Tanja Morgenstern
Jens Pottebaum

Sylvia Pratzler-Wanczura
Monika Rode
Tobias Rudolph
Nicola Rupp
Max Schnepf
Jonas Schubert
Jan Seitz
Philipp Toschka
Moritz Watermann

Inhalt

EDITORIAL.....	6
VORWORT.....	9
DAS KOMPETENZNETZWERK SICHERHEITSFORSCHUNG EINE BILANZ NACH DEM ERSTEN JAHR	11
SICH SCHNELLER UND BESSER VERÄNDERN: EIN VORSCHLAG ZUR NUTZBARMACHUNG DES „KONTINUIERLICHEN VERBESSERUNGSPROZESSES“ (KVP) FÜR EINSATZORGANISATIONEN.....	30
EIN ALGORITHMUS ZUR AUTOMATISCHEN PLATZIERUNG TAKTISCHER ZEICHEN IN DER DIGITALEN LAGESKIZZE.....	44
LUFTBILDGESTÜTZTE ERKENNUNG KRITISCHER GEFAHRENOBJEKTE MITTELS SYNTHETISCH GENERIERTER TRAININGSDATEN UND DEEP LEARNING.....	55
SENSORDATENFUSION UND GIS-BASIERTE ANSÄTZE ZUR REDUKTION VON EMISSIONEN UND RISIKEN BEI PRODUKTIONS- UND SPEICHERSTANDORTEN DER ÖL- UND GASINDUSTRIE...56	56
PRIVATE SMART HOME SYSTEME ALS BAUSTEIN IM ADLER-PROJEKT – VON KOMFORTFUNKTIONEN ZUM WERTSCHÖPFENDEN BEITRAG FÜR DIE SELBSTHILFEFÄHIGKEIT DER BEVÖLKERUNG.....	77
KIWA - KÜNSTLICHE INTELLIGENZ FÜR DIE HOCHWASSERWARNUNG.....	85
INTEGRATION VON SPONTANHELFENDEN ALS SCHLÜSSEL ZUR KATASTROPHENBEWÄLTIGUNG?!	95
DEMONSTRATION DER GEFAHREN DURCH LITHIUM-IONEN-BATTERIEN FÜR FEUERWEHREINSATZKRÄFTE.....	117
INTEGRIERTE GEFAHRENABWEHRPLANUNG - BEVÖLKERUNG IM FOKUS.....	131
PERSONALBINDUNG BEI FEUERWEHREN IM HAUPT- UND EHRENAMT.....	143
WETTERBEDINGTE GEFAHRENLAGEN: EXTREME DATEN IN DER LAGEERKUNDUNG UND - VISUALISIERUNG.....	156
RETTEN, LÖSCHEN, BERGEN, (UMWELT) SCHÜTZEN – DIE NACHSORGE IM BEREICH DER FEUERWEHR GEWINNT ZUNEHMEND AN BEDEUTUNG.....	164
DIE DEKONTAMINATION VON PAK MIT INNOVATIVEN METHODEN.....	172
TELEOPERIERTE ERKUNDUNG VON KRISEN- UND GEFAHRENSITUATIONEN DURCH MULTIMODALE VERKNÜPFUNG VON SENSORTECHNOLOGIEN.....	184
GEORISIKEN – GEORESSOURCEN – EIN EINBLICK.....	184
UAV-GETRAGENES LASERSPEKTROSKOPIE-SYSTEM ZUR AKTIVEN FERNDETEKTION VON GEFAHRSTOFFEN AUF OBERFLÄCHEN.....	184
DRONE ₄ SITA DRONES FOR SITUATION AWARENESS – WIE KÖNNEN DROHNEN ZUR LAGEDARSTELLUNG BEITRAGEN?.....	185

<u>TECHNOLOGIEN UND ANWENDUNGEN VON INFRAROT-IMAGERN IN DER SICHERHEITSTECHNIK – STAND DER TECHNIK UND PERSPEKTIVEN.....</u>	<u>185</u>
<u>ERKUNDUNG VON GROßSCHADENSLAGEN.....</u>	<u>185</u>
<u>KATASTROPHENSCHUTZ UND BERGBAULICHEN BODENBEWEGUNGEN – GEOWISSENSCHAFTEN IN DER ANLAGENSICHERHEIT.....</u>	<u>185</u>
<u>ANWENDUNG DES SPEKTRALINDEX "NORMALIZED BURN RATIO" (NBR) AUF DIE BEOBACHTUNG VON WALDBRÄNDEN.....</u>	<u>186</u>
<u>KÜNSTLICHE INTELLIGENZ FÜR DIE HOCHWASSERWARNUNG (KIWA)</u>	<u>186</u>

Editorial

Bodo Bernsdorf

Technische Hochschule Georg Agricola

Auf der Jahresfachtagung der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes (vfdb) e.V. in Würzburg wurde das Kompetenznetz Sicherheitsforschung aus der Taufe gehoben. Eine wesentliche Motivation war es, eine gemeinsame Fachtagung zu etablieren, in der Sicherheitsforschende sich austauschen können und Forschungsergebnisse vorstellen können, um sie mit einem Fachpublikum zu diskutieren. Als im Jahr 2023 die Fachmesse 112Rescue ins Leben gerufen wurde, waren die Gründungsmitglieder des Kompetenznetz Sicherheitsforschung, der Verband der Feuerwehren und die Technische Hochschule Georg Agricola, bereit und Willens, die Chance zu nutzen und die Tage der Sicherheitsforschung als Austauschplattform im Kompetenznetz umzusetzen. Gemeinsam mit der Messe Dortmund wurden die Themen angegangen und im Herbst 2022 ein Call for Paper herausgegeben. Mit diesem Call sollte unmittelbar auch das zweite Ziel erreicht werden: Noch fehlte der Community der Sicherheitsforschenden ein nationales Journal, in dem ihre Erkenntnisse einen Peer-Review-Prozess durchlaufen und nachfolgend für die Wissenschafts-Öffentlichkeit publiziert werden.

Beides wurde mit den ersten **Tagen der Sicherheitsforschung** vom 14.-16. Juni 2023 und dem hier vorliegenden **Tagungsband** umgesetzt.

Die Etablierung eines Journals mit Peer Review ist dabei der erste Meilenstein. Die vorliegenden Artikel gehen aus Vorträgen auf Fachtagung hervor und wurden im Anschluss einem Review unterzogen. Für dieses wurden zwei wesentliche Vorgaben umgesetzt:

- Die Artikel durchlaufen ein offenes Peer-Review-Verfahren: Die Identitäten von Autorinnen und Autoren sowie Reviewern sind gegenseitig bekannt und es war möglich, sich intensiv auszutauschen. Es bestand die Option, Anmerkungen unmittelbar zu klären und die Wünsche der Reviewer besser zu verstehen oder im Kontext zu klären.
- Aufgrund einer noch fehlenden Review-Community wurde den Vortragenden angeboten, Reviewer für Artikel der anderen Vortragenden zu werden. Jeweils zwei Reviewer bearbeiteten einen Artikel. In den meisten Fällen wurde das erste Review von Personen durchgeführt, die die Vortragsveranstaltung selbst erlebt und dazu beigetragen haben (Review 1). Diese wurden durch Kolleginnen und Kollegen aus dem wissenschaftlichen Komitee sowie Interessenten aus dem Kompetenznetz Sicherheitsforschung ergänzt.

Die Herausgebenden sind sich sicher, dass hierdurch eine hohe wissenschaftliche Qualität gewährleistet wird.

Der Tagungsband wird als Open Access über den Schriftenserver der THGA angeboten – ebenfalls ein wesentlicher Meilenstein in der Sicherheitsforschung. Dabei wurde dem Tagungsband an sich,

aber auch jedem einzelnen Artikel ein Document Object Identifier (DOI) zugewiesen¹. Die Artikel sind daher frei zugänglich und leicht recherchierbar. Hierfür sei dem Bibliotheksteam der THGA gedankt.

Das Wissenschaftliche Komitee in alphabetischer Nennung:

Dr. Bodo Bernsdorf (Vorsitzender Fachausschuss Forschung VdF NRW)

Christian Eichhorn (Vizepräsident VdF NRW)

Tim Glanert (Fachausschuss Forschung VdF NRW)

Robert Grafe (Geschäftsführer Deutsches Rettungsrobotik-Zentrum DRZ)

Dr. Dieter Hennecke (Fachausschuss Forschung VdF NRW)

Dr. Vanessa Kogel (Fachausschuss Forschung VdF NRW)

Prof. Dr. Christian Melchers (Vizepräsident der THGA, Leiter Forschungszentrum Nachbergbau)

Dr. Mark Niemann (Fachausschuss Forschung VdF NRW)

Dr.-Ing. Sylvia Pratzler-Wanczura (Wissenschaftliche Leiterin Institut für Feuerwehr- und Rettungstechnologie)

Dr. Monika Rode (Forschungskoordination Institut der Feuerwehr NRW)

Prof. Dr. Tobias Rudolph (Bereichsleiter Geomonitoring im Alt- und Nachbergbau)

Dr. Jonas Schubert (DermaPurge GmbH und Leibniz-Institute of Polymer Research Dresden)

Hinweis:

Nach jedem Artikel wird ein Link zum Download des Vortrags angeboten. Der Link führt zur NRW-Wissenschaftscloud SCIEBO.

Mit der Nutzung des Links stimmen Nutzende der Weiterleitung auf externe Quellen zu. Für Verlinkungen in den Vorträgen übernimmt der Herausgeber keine Verantwortung.

¹ Aufgrund technischer Probleme bei der Einführung des neuen Bibliotheks-Systems an der THGA verzögert sich die Vergabe der doi bis in den Herbst 2024 und wird nachfolgend eingepflegt

Tage der Sicherheitsforschung

Tag 1: 14. Juni 2023

Session: Einführung

Vorwort

Tobias Rudolph

Technische Hochschule Georg Agricola

Als verantwortlicher Professor für den Wissenschaftsbereich Geomonitoring im Alt- und Nachbergbau am Forschungszentrum Nachbergbau der Technischen Hochschule Georg Agricola ist es in den letzten Jahren mehr als deutlich geworden, dass sich die Umwelt verändert. Mit einem beruflichen Background in der Gas- und Ölindustrie kann man schnell erkennen, wie sich Wetter- und Witterung auf kritische Infrastruktur auswirkt. Sei es anlagentechnisch oder auch auf die Anforderungen beispielsweise der Speicherindustrie (geopolitische Konflikte tun ihr Übriges). Als Geologe und Umweltwissenschaftler werden diese Zusammenhänge augenfällig. Denn die Auswirkungen von Trockenheit und Dürreperioden im Wechsle mit erheblich länger andauernden Niederschlagsphasen und Starkregenereignissen mit jeweils extrem steigenden Niederschlagsmengen verändern nicht nur das übliche Wetter- und Witterungsgeschehen in Deutschland, sondern auch die Landschaft selbst. Zudem wirken sie extrem auf die Infrastruktur ein.

Umwelt- und Geomonitoring verfügen seit vielen Jahren über Methoden, solche Veränderungen zu erkennen, zu belegen und nachfolgend regelhaft zu beobachten. Hier kann Forschung Kenntnisse in die Gefahrenabwehr einbringen, die für den anthropogen bedingten Klimaveränderungen nur im Umweltmonitoring von Bedeutung waren. Satelliten und Drohnen sind beispielsweise Werkzeuge, mit deren Sensoren auch im Einsatzgeschehen Kenntnisse gewonnen werden können, die eine Lagebeurteilung erheblich verändern. Klar wird das beispielsweise an thermalen Infrarotaufnahmen. Hier geben die Sensoren Auskunft über Wellenlängen, die das menschliche Auge nicht sehen kann und somit den Einsatzleitungen einen zusätzlichen „Sinn“ bei der Lagefeststellung bieten. Gleiches gilt aber auch für Multi- und Hyperspektralkameras, die etwa regelmäßig bei der Beurteilung der Vegetation eingesetzt werden. Hier können Verfahren entwickelt werden, um etwa Waldbrandprävention zu betreiben. Die Möglichkeiten sind vielfältig.

Aber es bedarf einer guten Ausbildung. Um die Lageerkundung über solche Sensoren zielgerichtet führen zu können, müssen Spezialisten eingesetzt werden. Die Bundeswehr verfügt etwa über die Funktion eines Luftbildinterpreten oder der Luftbildinterpretin. Und, wie im Beitrag KIWA verdeutlicht wird, bietet Künstliche Intelligenz Ansätze, die ständig wachsenden Datenmengen vorauszuwerten. Ein unglaublicher Mehrwert – wenn sie KI auch keine Entscheidungen treffen kann.

Das ist nur ein kleiner Aspekt im sich verändernden Einsatzgeschehen. Die ersten Tage der Sicherheitsforschung haben das gezeigt. Sei es die Klimawende, die Mobilitätswende oder das ständig abnehmende Fachpersonal: Alles hat Einfluss auf das Einsatzgeschehen, die die nachfolgenden Artikel zeigen werden – und die Vorträge plakativ schon belegt haben.

Forschung ist dabei ein wesentlicher Bestandteil. Denn Verfahren, die bereits etabliert sind, sind nicht ohne Weiteres in das Einsatzgeschehen zu integrieren. Hier müssen Weiterentwicklungen

oder gar Spezialentwicklungen angepasst an die Fragestellungen der Gefahrenabwehr erfolgen. Mithin handelt es sich nicht zwingend um Grundlagenforschung. Diese wird vermutlich in den jeweiligen Fachwissenschaften zielgerichteter vorangetrieben werden können. Was Not tut ist die Analyse von bekannten Verfahren und Ansätzen und eine praxisorientierte Forschung, die solche verfahren in der Gefahrenabwehr adaptierbar macht. Dabei soll und darf Grundlagenforschung nicht ausgeschlossen werden.

Beides ist sowohl an Hochschulen der angewandten Wissenschaften UND Universitäten etabliert. Gleiches gilt für außeruniversitäre Forschungseinrichtungen. In der vom Kompetenznetz Sicherheitsforschung dargestellten Kombination von Anwendern, Unternehmen und Forschenden wird das deutlich. Alle müssen gemeinsam agieren, um Wissenschaft und Forschung, aber auch nachfolgende praxisnahe Entwicklung anzugehen. Die Verbände im Netzwerk sind wiederum für die Lobbyarbeit und die Bündelung der Forschungsbedarfe zuständig.

Insofern zeigt der vorliegende Tagungsband den Weg. In der Autorenschaft treten alle angesprochenen Institutionen gemeinsam an, um der Gefahrenabwehr die Ergebnisse der Forschenden näher zu bringen. Positiv wäre, wenn sich das Netzwerk ausbauen lässt, die Tage der Sicherheitsforschung sich zukünftig etablieren können und die entsprechenden wissenschaftlich hochwertigen Beiträge der Tagungsbände zu einem Pool an qualitativ hochwertigen Forschungsergebnissen werden können.

Das Kompetenznetzwerk Sicherheitsforschung

Eine Bilanz nach dem ersten Jahr

Bodo Bernsdorf

Technische Hochschule Georg Agricola | VdF NRW Fachausschuss Forschung

Abstract

Das Kompetenznetzwerk Sicherheitsforschung bestand im Mai 2023 seit einem Jahr. In dieser Zeit hat es sich mit 44 teilnehmenden Organisationen gut entwickelt. Im Fokus der vier gründenden Partner VdF NRW, vfdb, AK Forschung der AGBF NRW und der THGA, Bochum stand die Gründung einer Plattform, die wissenschaftliche Arbeit nach guten und anerkannten Standards im Bereich der Sicherheitsforschung fördern soll. Dazu war die initiale Absicht, eine Fachveranstaltung und ein Online-basiertes Open Access-Magazin mit einem Peer Review-Prozess zu etablieren. Das erste Ziel wurde mit den Tagen der Sicherheitsforschung im Juni 2023 umgesetzt, das zweite Ziel rückt in die Nähe.

Der Artikel beschreibt darüber hinaus die räumliche Verteilung der Mitgliedsorganisationen sowie eine erste Auswertung der Interessengebiete. Es wird versucht, letztere vor dem aktuellen Hintergrund der Förderlandschaft zu bewerten.

Hintergrund

Zur Würzburger Jahresfachtagung der Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes, vfdb e.V., wurde am 23.05.2022 mit einem Vortrag und einer Präsentation der Internetpräsenz das Kompetenznetzwerk Sicherheitsforschung (KN SiFo) ins Leben gerufen. Das Netzwerk ist eine gemeinsame Aktion verschiedener Organisationen:

- Verband der Feuerwehren Nordrhein-Westfalen (VdF NRW e.V.)
- Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes (vfdb e.V.)
- Arbeitskreis Forschung der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in Nordrhein-Westfalen (AK FO AGBF NRW)
- Forschungszentrum Nachbergbau der Technischen Hochschule Georg Agricola (FZN, THGA)

Letztere hostet das Netzwerk verantwortlich.

Primäres Ziel des Netzwerks ist es, Organisationen im Bereich der BOS- und Sicherheitsforschung zusammen zu bringen – räumlich und thematisch. Es geht um eine Transparenz derjenigen, die

im Umfeld der zivilen Sicherheit forschen und Partner für gemeinsame Aktivitäten suchen. Beispielfähig seien gemeinsame Anträge zu Forschungsprojekten in einschlägigen Förderrahmen genannt. Von großem Wert sind dabei Forschungsinstitutionen und Hochschulen, aber auch interessierte Anwender und kleine und mittelständische Unternehmen. Es ist davon auszugehen, dass eine stärkere, gemeinsam gestaltete Praxisorientierung häufiger zu einer Produktidee oder einem Verfahren führt, das später in der Realität eingesetzt wird. Die Konstellation soll also dabei helfen das „Tal des Todes“ eines Forschungsprojekts (Pratzler-Wanczura & Aschenbrenner 2022) sicher zu durchschreiten. Im Netzwerk finden sich Partner aus Verbänden, Unternehmen, Feuerwehren und Hilfsorganisationen, Behörden und Forschungseinrichtungen beziehungsweise Hochschulen. Alle bekennen sich zur Bereitschaft, gemeinsam an Förderanträgen zu arbeiten, aber auch die oft notwendige Kofinanzierung zu stemmen. Letztere ist ein durchaus hohes Hemmnis, da gewisse Förderrahmen wie KMU – Innovativ zwar die Antragstellung eines Kleinen und Mittleren Unternehmens grundsätzlich begrüßen, aber die Förderquote lediglich bei maximal 50 % der Projektkosten liegen (vgl. bspw. BMBF 2018). Da zudem gefordert wird, dass dem KMU wenigstens 50 % der gesamten Fördersumme zukommen sollten, kommen für ein kleines Unternehmen große Beträge zusammen, die es aus dem operativen Geschäft kofinanzieren muss. Hat ein KMU bspw. einen Hochschul- und einen Forschungspartner wie ein Fraunhofer-Institut, die jeweils 100.000 Euro Fördermittel beantragen und diese zu 100 % gefördert bekommen, muss das KMU selbst einen Antrag über ein Projektvolumen von rund 445.000 Euro stellen, der dann zu 45 % = 202.500 Euro gefördert wird. Damit hat es alle Bedingungen erfüllt, muss sich aber fragen, wie die verbleibenden 242.500 Euro aus dem laufenden Geschäft generieren kann. KMU im Netzwerk spielen damit eine zentrale Rolle für solche Förderprogramme, die für die anderen Partner im Netzwerk ansonsten nicht zugänglich sind.

Weitere Ziele sind beispielsweise gemeinsame Veranstaltungen, wie die nun erstmals ausgetragenen „Tage der Sicherheitsforschung“ mit einer Premiere zur im Jahr 2023 erstmals ausgerichteten Messe 112Rescue in Dortmund. Auch die Förderung von hochwertigen Publikationen im Umfeld der Sicherheitsforschung soll über den Prozess des Peer Reviews gefördert werden. Der Peer Review-Prozess stellt für Forschende sicher, dass ihre Arbeiten und Aussagen von der Wissenschaftsgemeinschaft anerkannt werden. Einige Fördermittelgeber legen hohen Wert auf eine gute wissenschaftliche Praxis, die hierdurch belegt werden kann. Die Einführung von Document Object Identifier (doi) für wissenschaftliche Arbeiten aller Art oder dem freien Zugang zur Literatur über den open access-Ansatz für wissenschaftliche Arbeiten der Sicherheitsforschung steht ebenfalls im Fokus der Aktivitäten.

Das Netzwerk besitzt keine Projektfinanzierung aus einem Fördertopf. Insofern ist es letztlich – wie die BOS in der gesamten DACH-Region – primär auf dem Ehrenamt aufgebaut. Trotzdem kann es ein erstaunliches Wachstum in seinem ersten Jahr vorweisen.

Der Beitrag möchte, ergänzend zu den initialen Publikationen über das Netzwerk, die Hintergründe und Ziele verdeutlichen. Gleichzeitig möchte der vorliegende Artikel auch offenlegen, welche Interessensgebiete die teilnehmenden Organisationen vertreten. Denn es sind nicht die klassischen Themen des Brandschutzes, sondern eher moderne Aspekte wie IT, Robotik oder Geoinformation, die im Fokus der (anwenderorientierten) Forscher stehen. Es wird der Frage nachgegangen, welche Gründe für eine solche Entwicklung – der Zuwendung hin zu Zukunftsthemen in der Sicherheitsforschung - sprechen und wie Fördermittelgeber am besten darauf reagieren sollten.

Netzwerke in der Sicherheitsforschung

Sicherheitsforschung geht im Allgemeinen nicht alleine. Protagonisten sind aufeinander angewiesen. Das bedingt schon das komplexe Geflecht aus oft zwar verfügbaren komplexen Technologieansätzen, sich ständig verändernden Einsatz- und Rahmenbedingungen, konkreten Bedarfen von Einsatzkräften und letztlich der finanziellen Möglichkeit, Ideen auszuprobieren oder gar in marktfähige Produkte umzuwandeln (bspw. Brauner 2016). Die Herausforderungen der letzten Jahre haben das gezeigt. Spätestens nach den Dürre Jahren ab 2018 und der nachfolgenden Starkregenkatastrophe im Juli 2021 oder den Waldbränden aus dem Jahr 2022 ist den Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) klar, dass sich die Herausforderungen verändert haben und zunehmend verändern werden.

Viel zu oft zielt Forschungsförderung nicht auf die konkrete Umsetzung hin. Es gibt dabei diverse Hindernisse. Im Wesentlichen handelt es sich bei der Förderung durch Bundesorganisationen oder der EU nicht um die Finanzierung der Entwicklung, sondern – lediglich – um die Förderung der Forschungsarbeit. Von einem guten Lösungsansatz bis zu einer Kommerzialisierung ist es dann noch ein weiter Weg. Zu viele Projekte landen daher in den Schubladen der Institute und werden nicht weiterverfolgt. Pratzler-Wanczura & Aschenbrenner (2022) beschreiben diesen Trend als „Tal des Todes“, das sich zwischen der Forschung und dem Markt befindet.

Aus diversen Gesprächen des Autors mit Investoren geht zudem hervor, dass der im Wesentlichen kommunalisierte Markt des Brand- und Katastrophenschutzes sehr unattraktiv ist: Innovation in ein Umfeld einzubringen, das von extrem vielen Entscheidern geprägt ist und an knappen Budgets und Doppelhaushalten hängt, ist für Unternehmen kaum attraktiv. Denn ein Forschungs- und Entwicklungsvorsprung beträgt in der heutigen Zeit bestenfalls sechs Monate, nicht aber mehrere Jahre.

Entsprechend bedarf es Netzwerke, in denen forschungsaffine Interessierte sich finden und austauschen können. Ziel muss es sein, praxisorientierter agieren zu können. Die Praxisorientierung bezieht sich auf zwei Aspekte: Inhaltlich sollte Forschung nicht an den Notwendigkeiten der Einsatzkräfte vorbei agieren. Das lässt sich durch die Einbeziehung von anwendenden Organisationen lösen. Zeitlich sollen benötigte Geräte oder Verfahren zügig in den Markt integriert werden. Das lässt sich zum Teil durch die Einbeziehung der betriebswirtschaftlich denkenden KMU lösen. Zum anderen Teil ist aber speziell das kommunalisierte Feuerwehrwesen ein extrem zersplitterter Markt. Hier sind es wiederum die beschaffenden Behörden und mehr noch die Politik am Zuge, da sie die Rahmenbedingungen schaffen. Einschlägige Vernetzungs-Initiativen zeigen die Notwendigkeit. So betrieb das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) eine Zeitlang die „Security Research Map“, eine interaktive Karte der geförderten Projekte (BMBF o.J.a). Erfolgreich haben sich Unternehmen, Hochschulen, Forschungseinrichtungen oder Behörden hier registriert und alleine durch die Beschreibung des Forschungsfeldes konnten Interessierte potentielle Partner finden. Aktuell ist diese Übersicht nicht erreichbar, soll aber nach Aussage von Vertretern des VDI Technologiezentrum GmbH (Projektträger für das BMBF und den Förderrahmen „Forschen für die zivile Sicherheit“) zukünftig wieder aktiviert werden.

Auch in Österreich gibt es mit „KIRAS – Sicherheitsforschung“ eine solche Klammer, die eine Security Research Map (SeReMa) für nationale Forschungsvorhaben anbietet (FFG o.J.). Mit internationalem Fokus hat sich demgegenüber die SeReMa etabliert, die sich zusätzlich als Security

Research Database versteht (SEREN₄ o.J.). Das Projekt wurde im Programm Horizon 2020 gefördert. Auf der Homepage der SeReMa existiert ein Reiter für nationale Plattformen. Auffällig ist, dass es hier nur den Link zum österreichischen KIRAS-Netzwerk, nicht aber zum BMBF-Netzwerk gibt (vgl. <https://www.security-research-map.eu//index.php?file=maps.htm>).

Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl themenspezifischer Netzwerke. Sei es auf Verbandsebene oder in Forschungsverbänden. Die Internetseite www.kompetenznetz-sicherheitsforschung.de listet sieben weitere Netzwerke auf, die mit den Absichten des KN SiFo vergleichbare Intentionen haben. Exemplarisch sei das Forschungsnetzwerk deutscher Anwender (ForAn) (BMBF o.J.b) genannt. Im ForAn vernetzten sich Anwender aus den Bereichen polizeilicher- und nicht-polizeilicher Gefahrenabwehr sowie Betreiber kritischer Infrastrukturen. Zitat:

*Durch die Vernetzung wird die zivile Sicherheitsforschung als strategisches Instrument der Anwender gestärkt, damit sie sich auf zukünftige Herausforderungen besser einstellen können. ForAn unterstützt seine Mitglieder beim **Einwerben von europäischen Fördermitteln** aus dem Forschungsrahmenprogramm Horizont Europa. Angewandte zivile Sicherheitsforschung funktioniert nur im Dreiklang aus Anwender, Forschungsinstitution und Industrie. (BMBF o.J.b Homepage).*

Damit sind ähnliche Ideen propagiert, wie im Kompetenznetz Sicherheitsforschung und es stellt sich daher die Frage, welchen Mehrwert ein neues Netzwerk zu bieten hat? Die Antworten sind einfach: Im Fokus des KN SiFo stehen Institutionen, die an der Sicherheitsforschung interessiert sind und diese aktiv betreiben. Ähnlich wie auf den zitierten Forschungslandkarten spielt die räumliche Komponente eine Rolle, da räumliche Nähe die Zusammenarbeit oft vereinfacht und sogar gemeinsame Märkte schaffen kann (Vorbild sind Branchencluster: Porter 2000). Thematisch wurde das Netzwerk zunächst auf 23 Interessengebiete eingegrenzt, um die Themen auf Fragen der Sicherheitsforschung einzugrenzen. Eine offen gestaltete Themenabfrage erschien zur Gründung nicht zielführend. Stehen bei den zitierten Netzwerken mehr oder weniger konkrete Fragestellungen und diesbezügliche Förderprogramme im Vordergrund spielt im KN SiFo zudem der wissenschaftliche Austausch eine große Rolle (Fachtagung, Peer Review-Magazin). Bereits mit der Gründung des Netzwerks war ein „Tag der Sicherheitsforschung“ angedacht und als erstes Projekt fokussiert. Auch der Mangel an einem wissenschaftlich fundierten Pool an Publikationen (Magazin, Fachjournal) bzw. der Möglichkeit, eigene Arbeiten einem Peer Review unterziehen zu lassen, wurde mit der Gründung adressiert. Mit den erstmals durchgeführten „Tage der Sicherheitsforschung“ auf der 112Rescue in Dortmund und dem vorliegenden Tagungsband sind diese Ideen angegangen worden. Die Zukunft muss zeigen, ob sich die Leistungen verstetigen lassen.

Solche Argumente schienen den gründenden Organisationen Anlass genug, um das Netzwerk im Rahmen der vfdb-Jahresfachtagung am 23. Mai 2022 aus der Taufe zu heben (Bernsdorf 2022^[1,2]). Ein kooperierendes Bündnis bildet den Kern: Verband der Feuerwehren NRW, Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes, Arbeitskreis Forschung der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in NRW und die Technische Hochschule Georg Agricola haben dieses Netzwerk initiiert.

Die Idee eines unabhängigen Netzwerks

Kompetenznetz Sicherheitsforschung vs. förderfinanzierte Netzwerke

Die Idee war somit, ein übergeordnetes Netzwerk aus Kompetenzen zu gründen, das nicht von einer fördernden Institution abhängt oder deren Mitglieder sich auf diese beschränkt. Im Fokus steht gute wissenschaftliche Arbeit im Bereich der Sicherheitsforschung aus der sich Partnerkonstellationen für gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsprojekte ergeben können. So gut und wichtig die Initiative der zitierten SeReMa auch ist: Kann ein Netzwerk nur bestehen, wenn eine entsprechende Förderung dahintersteht (Bspw. SEREN 5 mit der Förderung durch Horizon 2020), ist es gegebenenfalls zum Scheitern verurteilt, weil es auf Bundes- oder EU-Ebene wenige fördernde Institutionen gibt, die Gelder für Forschungsarbeit nicht projektfinanziert bereitstellen. Eine Möglichkeit bietet der „Pakt für Forschung und Innovation“ (PFI) (BMBF o.J.c) – mit der wesentlichen Einschränkung, dass er nur die großen außeruniversitären Forschungseinrichtungen in Deutschland und die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert (siehe unten). Nach dem Auslauf einer Projektförderung fehlen aber meist die Protagonisten, müssen sich über neue Projekte finanzieren, etc. Ein von solchen Förderrungen unabhängiges Kompetenznetz muss sich intrinsisch begründen – von innen heraus und aus eigener Motivation. Aus einem Kern heraus wird die Last auf verschiedene Schultern verteilt. Im Falle des Kompetenznetz Sicherheitsforschung sind das die vier gründenden Organisationen, die eigene Ressourcen bereitstellen.

Herausforderung der Sicherheitsforschung

Die Motivation, sich in regelmäßigen Abständen auszutauschen und ein Open Access -Magazin zu schaffen, das gute wissenschaftliche Praxis sicherstellt, ist sicher gegeben. Aber wie in den anderen Netzwerken kann auch die gemeinsame Arbeit zur Verbesserung der Förderlandschaft motivieren – eine Aufgabe, die die starken, gründenden Organisationen im Hintergrund bewirken können und dazu Impulse aus dem Netzwerk aufnehmen. Problematisch: In vielen Fällen handelt es sich bei der Sicherheitsforschung um interdisziplinäre Ansätze und / oder den Transfer von oft bekannten Technologien und Verfahren zur Nutzung im Bereich der zivilen, nicht-polizeilichen Gefahrenabwehr. Damit hängt der Sicherheitsforschung oft der Makel an, eigentlich reine Entwicklungsarbeit zu sein. Denn die Technologie wurde ja bereits „erfunden“ das Verfahren bereits „erforscht“. Um es klar zu benennen: Dem ist aus Sicht des Autors bei Weitem nicht so. Nur weil ein Satelliten- oder Drohnen-getragener Hyperspektralsensor oberflächennahe Mineralien in der Lagerstättenkunde erfassen kann, ist noch lange nicht klar, wie diese Kenntnis auf Fragen der Gefahrstoffanalytik im CBRN-Einsatz übertragen werden kann, welche Genauigkeiten erzielbar und ob Konzentrationen ableitbar sind. Insbesondere Letzteres erscheint mit den aktuellen Fernerkundungsmethoden ohne ergänzende Messungen unwahrscheinlich. Der zielgerichtete Transfer für die Anwendung solcher Technologien im Bereich des Brand- und Katastrophenschutzes hat einen erheblichen Forschungsanteil! Dieser argumentatorische Kampf der Sicherheitsforschenden beginnt bereits damit, dass etwa die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), die von Bund und Ländern getragene größte deutsche Forschungsfördereinrichtung, die Sicherheitsforschung nicht als Themenfeld führt (DFG 2023a, DFG 2023b). In der Fachsystematik geht es klassisch zu. Daher gehen 3,9 Milliarden Euro an Fördervolumen im Wesentlichen an der Sicherheitsforschung vorbei. Mithin finden sich unter den im Jahr 2022 geförderten 31.750 Projekten, keine expliziten SiFo-Förderungen. Denn unter den 2023 bestehenden 49 Fachkollegien ist die Sicherheitsforschung bestenfalls verdeckt vertreten (alle Angabe aus dem Jahresbericht 2022; DFG 2023a, vgl. Abbildung 1).

Sicherheitsforschende müssen sich einem konkreten Themenfeld zuordnen, um mit ihren meist interdisziplinären und anwendungsorientierten Ansätzen innerhalb dieses Themenfeldes mit exzellenten Grundlagenforschenden zu konkurrieren. Eine Recherche nach Projekten der Sicherheitsforschung im Jahresbericht stößt lediglich auf einen „Gemeinsamen Ausschuss von DFG und Nationaler Akademie der Wissenschaften Leopoldina zum Umgang mit sicherheitsrelevanter Forschung (DFG 2023a: 176), der sich aber eher mit ethischen Prinzipien sicherheitsrelevanter Forschung als der Sicherheitsforschung an sich befasst.

In der Satzung der DFG ist zu lesen:

§ 1 Aufgaben:

„Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert Forschung höchster Qualität. Der Schwerpunkt liegt dabei in der Förderung von aus der Wissenschaft selbst entwickelten Vorhaben im Bereich der erkenntnisgeleiteten Forschung. Sie finanziert Forschungsvorhaben, entwirft Wettbewerbsräume und führt Verfahren zur Begutachtung, Bewertung, Auswahl und Entscheidung von Forschungsanträgen durch. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft gestaltet Rahmenbedingungen und Standards des wissenschaftlichen Arbeitens mit. Sie pflegt den Dialog mit Gesellschaft, Politik und Wirtschaft und unterstützt den Transfer von Erkenntnissen. Sie berät staatliche und im öffentlichen Interesse tätige Einrichtungen in wissenschaftlichen und wissenschaftspolitischen Fragen.“ (DFG 2023a: 295)

Darüber hinaus gibt der „Pakt für Forschung und Innovation“ (kurz PFI, BMBF o.J.c) – wie beschrieben - in einer Forschungs-Förderinitiative des Bundes und der Länder den außeruniversitären, öffentlich geförderten Forschungseinrichtungen Planungssicherheit durch kontinuierliche Etatsteigerungen. Er betrifft den Etat der Helmholtz-Gemeinschaft, der Max-Planck-Gesellschaft, der Fraunhofer-Gesellschaft, der Leibniz-Gemeinschaft sowie der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Im Gegenzug zur finanziellen Planungssicherheit haben sich die Wissenschaftsorganisationen auf forschungspolitische Ziele verpflichtet; diese sind vor allem:

- bessere Vernetzung im Wissenschaftssystem
- mehr internationale Zusammenarbeit
- mehr Transfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft
- „die besten Köpfe für die Wissenschaft gewinnen“
- Verbesserung der Chancengleichheit

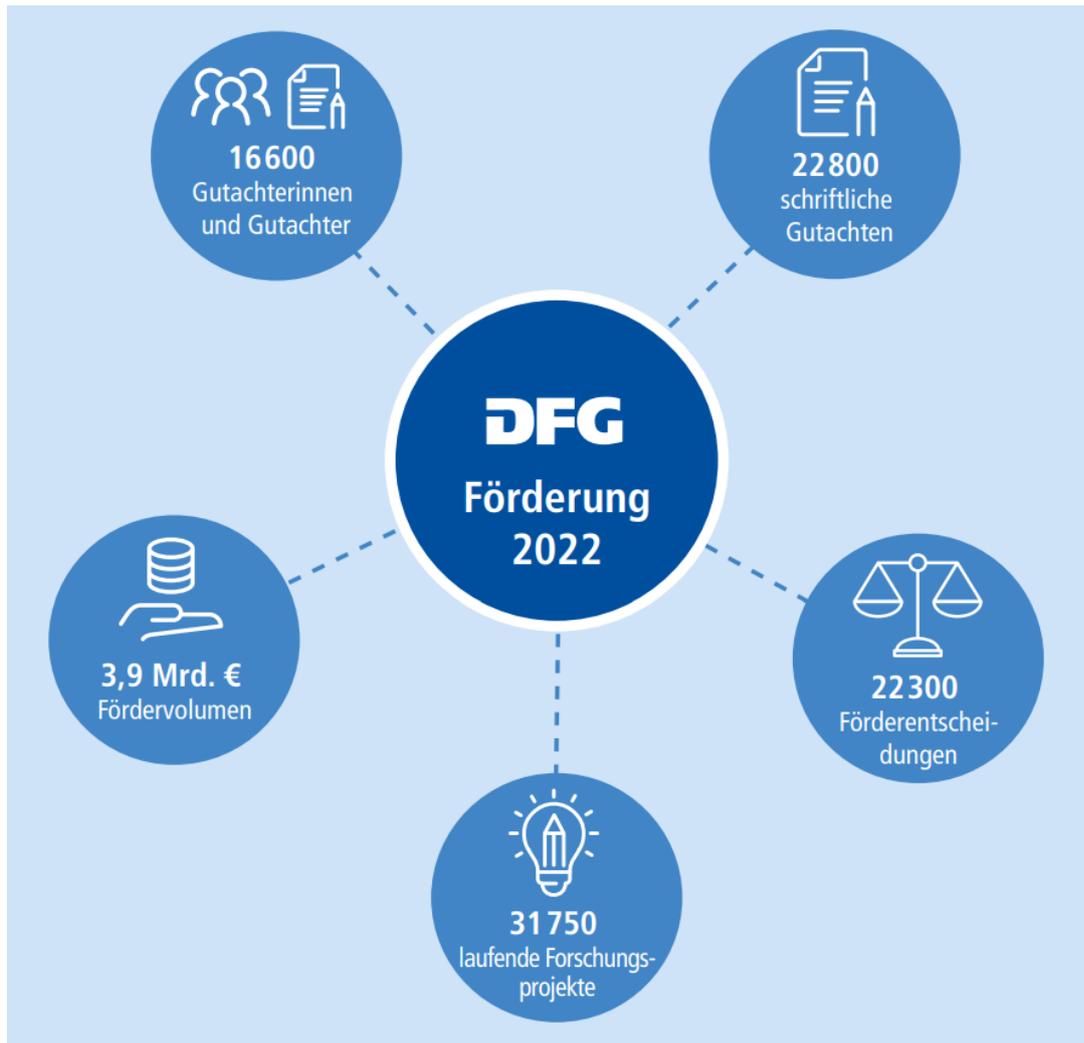


Abbildung 1: Förderhandeln der Deutschen Forschungsgemeinschaft 2022 (Quelle: DFG 2023a, S. 196)

Werden die Aussagen des §1 und diese Aspekte betrachtet, fällt auf, dass sie sehr gut zu den Organisationen passen, die sich im Bereich der Sicherheitsforschung engagieren. Folglich ist beispielsweise die Fraunhofer-Gesellschaft auch vielfach im Umfeld der Sicherheitsforschung tätig. Nur ist es für Sicherheitsforschende außerhalb dieser außeruniversitären Forschungseinrichtungen schwer, die meist interdisziplinäre und praxisbezogene Forschung mit „erkenntnisgeleiteter Forschung“ gleichzusetzen, wenn diese mehr oder minder als Grundlagenforschung verstanden wird. Denn mit dem im §1 genannten Transfer der Erkenntnisse ist nicht der Transfer in die tatsächliche Anwendung, ein von Brand- und Katastrophenschützern anwendbares Produkt oder Verfahren gemeint. Aber gerade das muss das Ziel jeder Sicherheitsforschung sein. Anzuregen ist daher eine insbesondere für interdisziplinäre Forschung mit einem hohen Grad an Transfer aus bestehenden Forschungsbereichen geeigneter Förderrahmen in der DFG, deren Forschung und Entwicklung zwar erkenntnisorientiert sind, aber doch so praxisnah, dass er im Brand- und Katastrophenschutz zu spürbaren und vor allem zeitnahen Entwicklungsschüben führt.

Andererseits gibt es weitere Möglichkeiten für Sicherheitsforschende. Förderrahmen, die speziell für dieses Umfeld ausgeschrieben werden. Insbesondere die Bundesministerien legen immer wieder neue Programme auf, in denen gute Anträge untergebracht werden können. Zu nennen sind

hier das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) oder das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Explizit sei auf den im Jahr 2024 wieder neu aufzulegenden Förderrahmen „Forschen für die zivile Sicherheit“ des BMBF (BMBF o.J.d) hingewiesen. Hier werden im Jahr 2024 für einen Förderzeitraum von weiteren sieben Jahren wieder Möglichkeiten geschaffen, die in den Förderaufrufen jenen Praxisbezug einfordern. Zwar geht es auch hier bestenfalls um Demonstratoren, die Absicht, schnell in die Praxis zu gelangen, ist aber immer deutlich erkennbar.

In einem gemeinsamen Positionspapier des Innovationsclusters Zivile Sicherheitsforschung (InCluSiF), der vfdb, des Arbeitskreises Forschung der AGBF NRW und des Deutschen Feuerwehrverbandes (DFG) wurden für den Agendaprozess der erwähnten Fortschreibung des Förderrahmens „Forschen für die zivile Sicherheit“ Aspekte formuliert, die den Sicherheitsforschenden wesentlich erscheinen, um die Forschungsergebnisse schnell und praxisrelevant in den Einsatz zu bringen. Kernpunkte sind etwa die breite thematische Öffnung des Förderprogramms, um die Themen nicht zu sehr einzuengen. Damit soll begünstigt werden, dass die Forschenden schnell auf neue Entwicklungen reagieren können. Auch die regelmäßige Bedarfsermittlung (siehe unten), Aspekte der Doppelförderung, der faktische Ergebnistransfer und administrative Aspekte von Forschungsprojekten wurden thematisiert (InCluSiF et al. 2022).

Rolle eines Kompetenznetzes

Aus verschiedenen Gründen kann ein starkes Kompetenznetzwerk bei der Themensetzung hilfreich sein. Denn anstehende Forschungsthemen können von vielen Mitgliedsorganisationen mit größerer Sicherheit erkannt und formuliert werden, als wenn es sich um Einzelmeinungen handelt. Das KN SiFo hat daher die grundlegende Aufgabe, die Themen aus wissenschaftlicher Sicht zu belegen und diese in gemeinsamen Forschungsprojekten, der Fachtagung und den Publikationen zu adressieren. Damit geht es um eine Ergänzung der in den gründenden Organisationen bereits begonnenen/bestehenden Initiativen auf wissenschaftlicher Ebene. Das soll an einigen Beispielen verdeutlicht werden:

An einer Hochschule wie der THGA ist das etwa in sogenannten „Missionen“ angelegt THGA o.J.):

- First Mission: Lehre (Studium)
- Second Mission: Forschung, am Beispiel der THGFA insbesondere – aber nicht ausschließlich - manifestiert durch das Forschungszentrum Nachbergbau
- Third Mission: Transfer in die Gesellschaft

Demgegenüber setzt ein technisch-wissenschaftlich orientierter Verband wie die vfdb die Themen durch ihre „Richtlinienkompetenz“, mit der in Form von Richtlinien, Merkblättern und weiteren Ausarbeitungen über den Technisch-Wissenschaftlichen Beirat (TWB) der Stand von Forschung und Entwicklung für die Praxisanwendung verschriftlicht werden. Vielfach gibt es diesbezügliche Publikationen im verbandseigenen vfdb-Magazin, besonders herausgehoben in der Broschüre „Forschung bei der vfdb“ (vfdb 2022).

Der Lobbyverband VdF NRW geht im Bundesland NRW in eine sehr ähnliche Richtung. Mit Merkblättern und Fachempfehlungen sowie ebenfalls Publikationen im Verbandsmagazin FEUERWEHR.einsatz:nrw gibt es Hinweise für die Umsetzung von Forschungsergebnissen, wenn

auch auf einem anderen fachlichen Niveau wie die vfdb e.V.. Noch stärker konkretisierte sich dieser Schritt mit der Gründung des Fachausschuss Forschung im Juni 2020 (Bernsdorf et al. 2021).

Status quo im Kompetenznetz Sicherheitsforschung

Aus allen in der letzten Zeit erschienenen Fachempfehlungen, Richtlinien und Merkblättern ließe sich eine Rangliste der dringenden Themen ableiten, zu denen es Forschung geben sollte. Ebenso lässt sich ablesen, welche Themen aus Sicht der Forschung erledigt sind und es lediglich noch einen Umsetzungsbedarf gibt. Der Arbeitskreis Forschung in der AGBF NRW hat im Jahr 2019 die Forschungsbedarfe nach Befragung der Mitglieder publiziert (AGBF NRW 2019).

Hier kann das KN SiFo unterstützen, wie weiter unten zu zeigen sein wird. Denn die Interessenslagen der Mitgliedsorganisationen zeigt deutlich, welche aktuellen Themen anstehen, für die sich die Mitgliedsorganisationen interessieren. Diese werden folgende Organisationstypen zugeordnet:

- Behörden - sowohl forschende als auch Fördermittelgeber
- Feuerwehren und Hilfsorganisationen – sowohl interessierte als auch forschenden und anwendende Einheiten
- Forschungseinrichtungen - Hochschulen, Leibnitz-, Max-Planck-, Fraunhofer-, DLR-Institute, etc.
- Verbände – sowohl interessierte als auch forschende sowie die Anwender vertretende Organisationen
- Unternehmen - Forschungsabteilungen aber auch partnersuchende KMU

Alle zusammen zeichnet aus, dass sie einen guten Querschnitt aus den Protagonisten der Sicherheitsforschung bilden. Wie die nachfolgende Statistik zeigt, spricht das Netzwerk vor allem Organisationen an, die „forschend“ aktiv sind. Hier muss das Netzwerk stärker auf eine gleichmäßigere Verteilung setzen.

Mitgliedsorganisationen

Bei der Auswertung mit Stand nach dem ersten Jahr Tätigkeit am 24.05.2023 hatte das Kompetenznetz 44 Mitgliedsorganisationen. Diese verteilen sich auf:

- 2 Behörden (5 %)
- 5 Feuerwehren und Hilfsorganisationen (11 %)
- 18 Forschungseinrichtungen und Hochschulen (41 %)
- 6 Verbände (14 %)
- 13 Unternehmen (30 %)

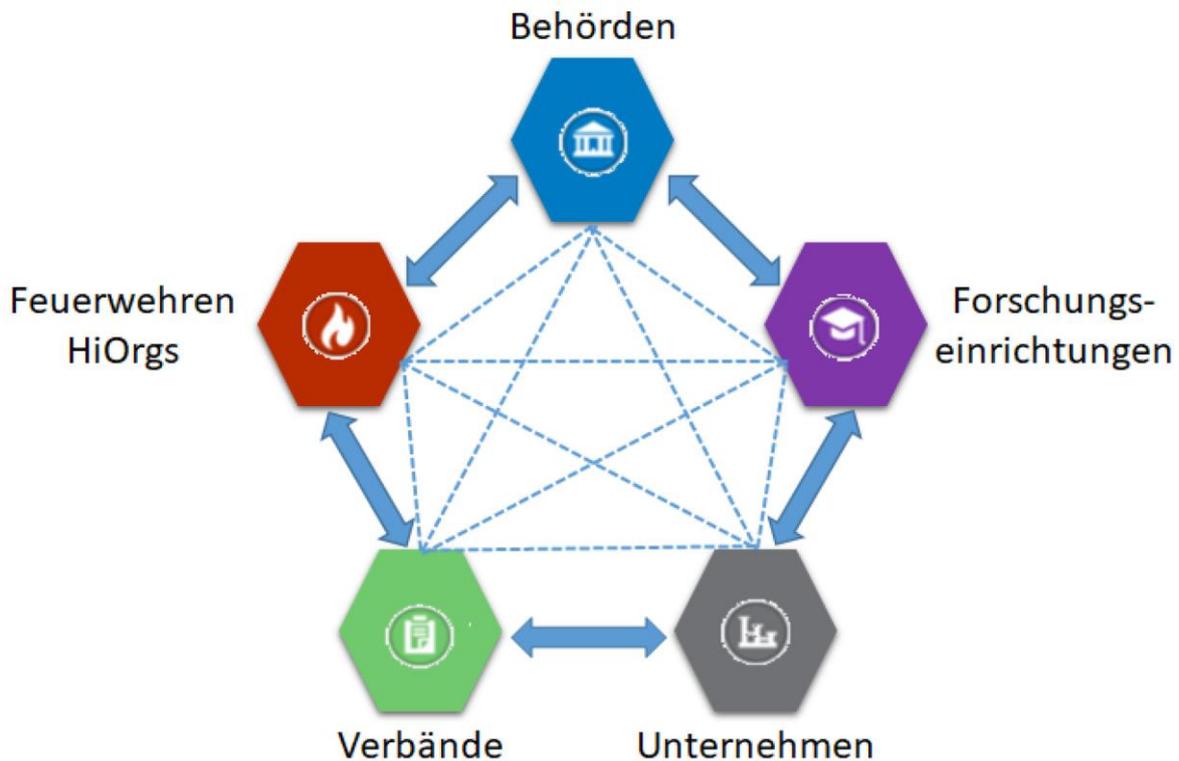


Abbildung 2: Die Netzwerkidee: Partner-Organisationen finden, um gemeinsame Forschung vorantreiben, den Austausch zu begünstigen oder qualitativ hochwertige Forschungsergebnisse sichtbar zu machen (Quelle: Bernsdorf 2022)

Räumliche Verteilung

Noch liegt der räumliche Schwerpunkt der Mitgliedsorganisationen in NRW, aber eine sich zunehmend entwickelnde deutschlandweite Verteilung lässt sich erkennen. Vertreten sind Organisationen in Schleswig-Holstein, Hamburg Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Hessen, Baden-Württemberg, Bayern, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg, und Berlin. Mit je einem Partner aus Österreich und Frankreich sind erste Protagonisten aus dem europäischen Raum Mitglied geworden (Abbildung 3).

Themenfelder von Interesse

Bei der Registrierung im Netzwerk können Organisationen Themenfelder ihres Interesses auswählen. Diese Themenfelder sind aus technischen Gründen zunächst vorgegeben, um eine einfache Filterung nach den Interessengebieten vornehmen zu können. Mehrfachnennungen sind jedoch möglich, um bei einer Suche auch über randlich angrenzende Themenfelder gefunden zu werden. So hat beispielsweise die Lagevisualisierung auch viel mit Geodaten oder der Drohnentechnik gemeinsam. Dies trägt zudem der Interdisziplinarität vieler Projekte im Umfeld der Sicherheitsforschung Rechnung. In dieser Auswertung findet sich vermutlich die spannendste Einsicht in das Netzwerk. Insgesamt wurden von allen Mitgliedsorganisationen durch die Möglichkeit der Mehrfachauswahl bei den Themenfeldern 361-mal ein Themenfeld von Interesse

ausgewählt: 8,2 Interessensgebiete pro Organisation, was die Interdisziplinarität und die erforderliche Breite in Projekten der Sicherheitsforschung gut belegt.



Abbildung 3: Die räumliche Verteilung der Netzwerkmitglieder (Stand: 24.05.2023)

Insbesondere Verbände, Forschungseinrichtungen und Hochschulen sind mit ihren registrierten Instituten oft breit aufgestellt und bearbeiten zwangsläufig nicht nur ein singuläres Forschungsfeld. So ist eine Organisation, die sich für Risiko-, Krisen- und Katastrophenmanagement interessiert gegebenenfalls auch an Geodaten oder der Stabsarbeit und der Lagevisualisierung interessiert. Ein Unternehmen aus dem Umfeld Virtuelle Realität interessiert sich beispielsweise auch für den Marktzugang und generell zukunftsfähiger Forschung.

Ein Blick auf die Verteilung der Interessenslage bietet die Abbildung 5. Spitzenreiter ist das Interesse am eher allgemein gehaltenen Themenfeld Risiko-, Krisen und Katastrophenmanagement, das von fast 65 % der teilnehmenden Organisationen als von hohem Interesse gewählt wurde. Dies könnte als „selbsterfüllende Prophezeiung“ interpretiert werden, da natürlich alle Organisationen in gewisser Weise diesem Themenfeld zuarbeiten. Schaut man aber in die textlichen Beschreibungen der Organisationen, stellt man fest, dass nur wenige tatsächlich in diesem Umfeld „Management“ aktiv sind, sondern eher konkrete Arbeitsfelder verfolgen. In beide Richtungen interpretiert zeigt es aber, dass es neben dem klassischen Brandschutz oder der technischen Hilfeleistung heute auch – oder vor allem? – um übergeordnete Themen geht, um Lagen zu bewältigen. Das ist insofern nachvollziehbar, da auch die Hilfsorganisationen, das THW oder die Feuerwehren sich immer stärker mit einschlägigen Fragen des Risiko-, Krisen und Katastrophenmanagement auseinandersetzen müssen. So umfasst ein Katastrophenmanagementzyklus (Abbildung 4) – beispielsweise derjenige, der unter anderem dem Copernicus Emergency Management Service zugrunde liegt (BBK o.J.) - einen Anteil der Risikoanalyse im Bereich der Prävention und Vorbereitung ebenso wie die Phase des Wiederaufbaus. Er deckt eben nicht nur den Ereignisfall ab!



Abbildung 4: Beispiel eines Katastrophenmanagementzyklus; angelehnt an BBK o.J., verändert

Die Einbindung in solche Managementsysteme haben BOS nicht nur bei der Flüchtlingswelle 2015, sondern massiv auch in der gerade abgeflauten Corona-Pandemie kennenlernen müssen. Im Allgemeinen sind BOS in die Prävention eingebunden. Trotzdem sind insbesondere die ehrenamtlichen Kräfte wie die Freiwilligen Feuerwehren und die „weißen“ Hilfsorganisationen mit ihrer großen Zahl an Einsatzkräften im Wesentlichen aber eher auf den Ereignisfall, also die Reaktion ausgerichtet. Das drückt sich etwa in der Ausstattung mit Fahrzeugen und Gerät aus und wird etwa durch die Brandschutzbedarfsplanung gut dokumentiert. Um diese Situation zu verändern und auf die aktuellen Anforderungen hin anzupassen, werden insbesondere in den von der Starkregenkatastrophe 2021 betroffenen Ländern Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz Katastrophenschutzbedarfspläne erstellt (beispielsweise: IM NRW 2022, Kapitel 3.3.2 Einführung einer Katastrophenschutzbedarfsplanung, S. 16). Diese umfassen alle BOS und vor allem die ehrenamtlichen Helfer und Helferinnen, da hauptamtlich strukturierte Organisationen trotz einer hohen Dichte - beispielsweise in NRW - schnell an die Leistungsgrenzen geraten würde.

Mit jeweils mehr als 50 % wurden die Interessensgebiete Zukunftsforschung, Künstliche Intelligenz und Maschinenlernen, Geodaten und / -monitoring sowie Leitstellentechnik, Kommunikation/Daten und Warnen ausgewählt.

Vor allem die Wahl des Themenbereichs Zukunftsforschung ist aus Sicht des Autors insofern interessant, als dass sich aktuell nur eine einzige Mitgliedsorganisation - das Fraunhofer-Institut INT in Euskirchen – laut Organisationsbeschreibung explizit mit dem Thema befasst. Hierbei steht tatsächlich die Untersuchung von Forschungs- und Entwicklungsansätzen im Hinblick auf ihre Zukunftsfähigkeit und die potentielle Markteinführung im Vordergrund. Der hohe Wert von fast 57 % deutet an, dass eine praxisorientierte Forschung mit Zukunftsfähigkeit trotzdem im allgemeinen Interesse der Beteiligten liegt.

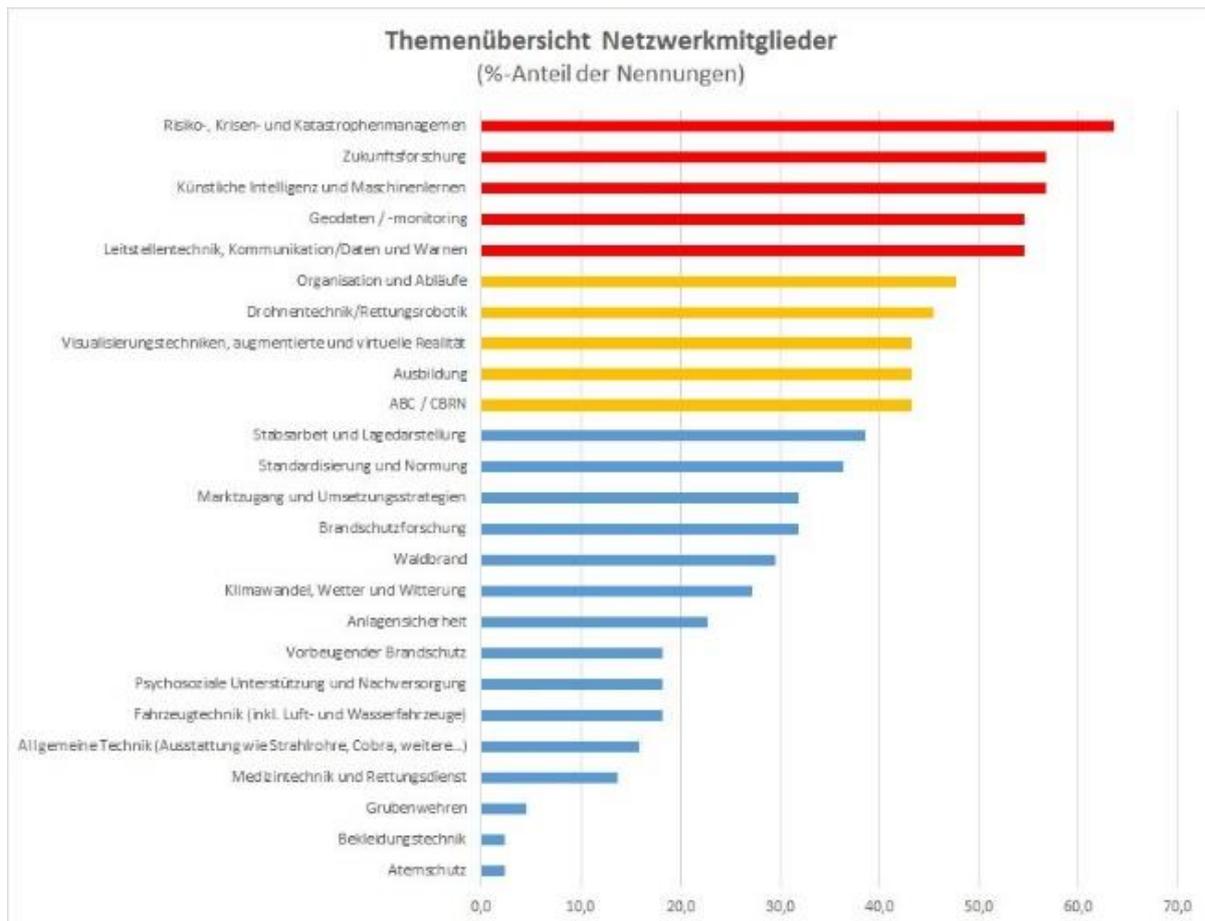


Abbildung 5: Interessen der Mitgliedsorganisationen in Bezug auf die angebotenen Themenfelder

Einen wesentlichen Schwerpunkt bildet das Themenfeld KI und Maschinelernen. Mit ebenfalls fast 57 % nimmt es einen großen Stellenwert ein. Eine der Zukunftstechnologien, die insbesondere im Umfeld der beiden folgenden Schwerpunkte Geodaten/Geomonitoring sowie Leitstellentechnik, Kommunikation/Daten und Warnen (jeweils knapp 55 %) einen Stellenwert im Umfeld der Lagefeststellung haben wird. Denn umfassende Geodatenbestände werden bereits seit Jahren über Maschinelernen, Semantik oder neuronale Netze schneller ausgewertet, als über manuelle Prozesse (beispielsweise für Support Vector Machines: Graf & Wegenkittl 2012). Gleiches gilt zukünftig auch für andere Daten, wie etwa die Auswertung der Chats in sozialen Netzwerken. Ein konkreter Einsatz der KI (an dieser Stelle breit interpretiert im Sinne des maschinenunterstützten Auswertens von Daten) kann damit beispielsweise zu einer besseren Leitstellentechnik oder zu früheren und konkreteren Warnungen der Bevölkerung führen.

Zu erwähnen ist, dass die hier vorgestellten Daten nicht von der aktuellen KI-Diskussion beeinflusst wurden, sondern die Netzwerkmitglieder bereits vor den Publikationen zu ChatGPT und der nachfolgenden Diskussion über KI ihre Wahl getroffen haben.

Schaut man sich nun im Gegenzug zu den „Top-Themen“ beispielsweise solche an, die mit jeweils unter 20 % als Themen von Interesse gewählt wurden, stellt man fest, dass hier viele „klassische

Feuerwehrthemen“ enthalten sind. Vorbeugender Brandschutz, Fahrzeug- oder allgemeine Feuerwehrentechnik, Bekleidung bis hin zu Fragen des Atemschutzes stellen offensichtlich keine aktuellen Forschungsthemen dar. Man kann das derart interpretieren, dass diese Themen für Forschende wenig attraktiv sind, da sie letztlich etabliertes state-of-the-art darstellen und für Forschende wenig Möglichkeiten der Betätigung liefern. Zwar gibt es immer neue Entwicklungen, die auf guten Überlegungen, Beobachtungen, neuen Erkenntnissen basieren und aus Hochschulen in die Praxis überführt werden (Beispiel Lenz Technology, Kloos 2022), trotzdem ist die Förderlandschaft faktisch nur selten bereit, forschungsnahe Anwendungsentwicklung zu unterstützen. Ein positives Beispiel ist die Fördermaßnahme „Anwender – Innovativ: Forschen für die zivile Sicherheit II“, die am 06.04.2018 bekannt gemacht wurde. Der Fokus dieser Bekanntmachung liegt auf Verbundprojekten. In diesem Zusammenhang werden gefördert (Quelle: BMBF 2018):

- innovative, anwendungsorientierte Lösungen die dazu beitragen, die Sicherheit der Bürgerinnen und Bürger zu erhöhen,
- am tatsächlichen Bedarf ausgerichtete Projektidee bei denen die jeweiligen Anwender im Zentrum stehen,
- Lösungen, denen ein eindeutig ziviles Sicherheitsszenario zugrunde liegt.

Festzuhalten ist, dass im Umfeld der klassischen Themen durchaus ein erheblicher Forschungsbedarf besteht. So sind Aspekte, wie die Psychosoziale Unterstützung oder Nachversorgung aus Sicht des Autors lange nicht umfassend oder zufriedenstellend gelöst. Gleiches gilt für mit dem Brand- und Katastrophenschutz einhergehender Medizintechnik und Aspekten des Rettungsdienstes.

Zwischen diesen beiden Feldern von großem und eher geringerem Interesse liegt ein breites Mittelfeld an Themen, deren „Platzierung“ teils überraschen. So wäre die schnelle Entwicklung um die UAS-Einsätze in der Feuerwehr oder allgemein bei den BOS durchaus geeignet, Aspekte der Drohnen- und Rettungsrobotik (46 %) auf einen deutlich höheren Interessenslevel zu heben. Gleiches gilt für die Stabsarbeit und die Lagevisualisierung (39 %) als zentralen Bestandteil eines größeren Einsatzes – insbesondere im Umfeld der Großschadensereignisse und Katastrophen gibt es hier umfassende Fragestellungen zu lösen (Gißler et al. 2023; Gedicke et al. 2023). So zeigt die Starkregenkatastrophe im Juli 2021 hier deutliche Schwächen auf. Betrachtet man Projekte wie den Digitalen Lagetisch (DigLT und DigLT-VR; van de Camp et al. 2020; IOSB o.J.a,b) des Fraunhofer Instituts für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB), lässt sich von Entwicklungen für die Bundeswehr noch einiges lernen und es bedarf einer massiven Forschung zur sinnvollen Integration solcher Systeme in ein im Wesentlichen ehrenamtlich geprägtes Bedienerumfeld.

Waldbrand (30 %) und Aspekte des Klimawandels, Wetter und Witterung (27 %) liegen ebenfalls im guten Mittelfeld, jedoch für den Autor überraschend schon im unteren Bereich. Vor dem Hintergrund, dass gerade solche Aspekte die aktuelle Einsatzsituation erheblich beeinflussen, ist davon auszugehen, dass diese Aspekte zukünftig höheres Gewicht in der Sicherheitsforschung erhalten werden (beispielhaft: Cimolino & Velthaus 2023).

In vielen Fällen, beispielsweise der Medizintechnik, den meteorologischen Aspekten oder der Robotik ist davon auszugehen, dass deren jeweilige Fachdisziplinen im Wesentlichen die

Grundlagenforschung betreiben. Wetter- und Klimamodelle an sich – um bei einem Beispiel zu bleiben - sind daher nicht unbedingt Thema der Sicherheitsforschung. Hieran wird in den Meteorologischen Instituten geforscht. Die Sicherheitsforschenden können diese Grundlagen und die Forschungsergebnisse aber aufgreifen und in den Gesamtzusammenhang einbringen. Und sie können zudem für die Fachdisziplinen herausarbeiten, welche Wissens- und Fähigkeitslücken für einen wirkungsvollen Brand- und Katastrophenschutz und einer resilienten Gesellschaft noch zu schließen sind.

Folgerung und Ausblick

Das Kompetenznetz Sicherheitsforschung war im Mai 2023 seit einem Jahr aktiv. Mit den Tagen der Sicherheitsforschung und der nachfolgenden Publikation der einem Peer Review unterzogenen Artikel werden im laufenden Jahr bereits zwei im Gründungsauftrag formulierte Ziele angegangen. Das ist sicher ein Erfolg, aber beide Themen müssen sich verstetigen, sollen sie nachhaltig als Erfolg gewertet werden. Eine Kongressveranstaltung dauerhaft und prosperierend zu entwickeln, ist mit Blick auf die von vielen Veranstaltungen geprägten Kalendern der Protagonisten durchaus eine Herausforderung. Gleiches gilt für ein Open Access-Magazin, das einen hohen wissenschaftlichen Anspruch hat. Beides ist insbesondere vor dem Hintergrund zu bewerten, dass es keine Grundfinanzierung gibt und sich das Netzwerk lediglich aus dem Engagement der aktiv Teilnehmenden speist.

Bezüglich der Interessenslage unter den Netzwerk-Organisationen kann festgestellt werden, dass wesentliche Zukunftsthemen die Forschungslandschaft bestimmen. Dargelegt wurde, dass klassische Themen des Brand- und Katastrophenschutzes demgegenüber nur auf geringes Interesse der Mitgliedsorganisationen stoßen. Eine Interpretation ist, dass sich Forschende an die gegebenen Rahmenbedingungen der Förderprogramme anpassen und Bewerbungen um Zukunftsthemen aktuell in den Ausschreibungen größere Chancen auf Erfolg haben, als Detailspekte in etablierten Umfeldern zu fokussieren. Das muss nicht immer gut sein, denn im Brand- und Katastrophenschutz sind es sehr oft Kleinigkeiten, die Verbesserungen etwa in den Abläufen bewirken.

Im Mittelfeld der Interessenslagen etablieren sich komplexere Themen, bei denen die Vermutung nahe liegt, dass sie sich stärker in den jeweiligen Fachdisziplinen niederschlagen, als in der klassischen Sicherheitsforschung. Das ist insofern schlüssig, als dass die auf Sicherheitsforschung ausgelegten Förderprogramme solche Aspekte nicht oder nur implizit berücksichtigen. Dem gegenüber stehen wiederum die klassischen (Grundlagen-) Forschungsförderungen, die die Sicherheitsforschung als angewandte und interdisziplinären Forschungsbereich nicht explizit aufführen. Dies wurde am Beispiel der DFG-Fachkollegien dargelegt. Hier klafft eine Förderlücke zwischen der Grundlagenforschung in den klassischen Fachdisziplinen und der angewandten und in den Kontext integrierten Anwendung solcher Grundlagen in das Umfeld von Sicherheitsanwendungen.

Verbandsarbeit kann helfen, diese Lücke gegenüber Fördermittelgebern besser zu verdeutlichen und sukzessive zu schließen (vgl. Positionspapier InCluSiF et al. 2022). Denn der Eindruck besteht, dass Forschungen über Anwendung und Integration grundlegender Resultate aus den Fachdisziplinen bei fördernden Institutionen eher als Entwicklung bzw. Umsetzung denn als Forschung verstanden wird. Da sie aber lediglich in Ausnahmefällen 1:1 übertragbar sind, besteht hier durchaus Forschungsbedarf, um die Anwendungen in die Praxis übertragen zu können.

Bezüglich der Entwicklung im Kompetenznetz Sicherheitsforschung wird der Ausbau der Teilnehmenden zu weiteren Vernetzungen und einer stärkeren Basis führen. Bei Abschluss des Artikels (Juli 2023) hatte das Netzwerk bereits 47 Mitgliedsorganisationen und verzeichnet demnach ein langsames aber kontinuierliches Wachstum. Dadurch können Aktivitäten auf eine breitere Basis und die Aufgaben auf mehr Schultern verteilt werden. Die Darlegung der aktuellen Forschungsbedarfe steht weiter oben auf der Liste, so dass die beteiligten Verbände hierüber eine breitere Forschenden-Basis erreichen können. Der Fokus soll aber auf dem Plattformgedanken zum Austausch Sicherheitsforschender auf weiteren Tagen der Sicherheitsforschung und dem Aufbau eines Open Access-Online-Magazins von hoher wissenschaftlicher Qualität liegen.

Danksagung

Der Autor bedankt sich bei den gründenden Organisationen VdF NRW e.V., vfdb e.V. AK Forschung der AGBF NRW und dem Forschungszentrum Nachbergbau bzw. der THGA. Alle Organisationen tragen zum Gelingen im Netzwerk bei.

Hervorzuheben ist das Engagement des VdF NRW, das dem Kompetenznetz Sicherheitsforschung gemeinsam mit der Messe Dortmund die Ausrichtung der ersten Tage der Sicherheitsforschung auf der Messe 112Rescue im Jahr 2023 ermöglichte.

Besonderen Dank gilt dem Team der THGA, das aktuell an den technischen Voraussetzungen für den Open Access-Tagungsband zu den Tagen der Sicherheitsforschung und dem geplanten Open Access Magazin arbeitet. Frei zugängliche Forschungsergebnisse sind von großer Wichtigkeit für die Fortentwicklung eines Forschungszweiges. Marie Freifrau von Ebner Eschenbach (1830 – 1916) wird dazu mit dem Zitat in Verbindung gebracht, dass Wissen das einzige Gut sei, das sich vermehrt, wenn man es teilt! (<https://www.175jahre.uzh.ch/ueber/wissteilen.html>) Hier seien Frau Dr. Yvonne Liebermann und Frau Cinja Bösel M. A. erwähnt, die als Editorinnen den Peer Review-Prozess begleitet, wobei Frau Laura Klein sich beispielsweise um den Kontakt zum Bibliothekssystem der THGA und die Vergabe der nötigen Document Object Identifier (doi) kümmert.

Literatur

AGBF NRW - Arbeitsgemeinschaft der Berufsfeuerwehren Nordrhein-Westfalen (2019): *Bestandsaufnahme Forschungsbedarf. Ausarbeitung des Arbeitskreis Forschung in der AGBF NRW zu den bestehenden Forschungsbedarfen im Brand- und Katastrophenschutz*, https://www.dortmund.de/media/p/feuerwehr/institut_fuer_feuerwehr_und_rettungstechnologie/downloads_21/20190524_AGBF_AKFO_Bestandsaufnahme_ForschBedarf_4_o.pdf [19.07.2023].

BBK - Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (o.J.): *Katastrophenmanagement ist ein Zyklus*. Info-Seite des BBK, Bonn, <https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Krisenmanagement/KMZirkel/KMZirkel.html> [18.07.2023].

BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung (o.J.a): *Die Forschungslandkarte: "Security Research Map"*. Internetauftritt unter SiFo.de zur Vernetzung der Akteure in der Sicherheitsforschung, https://www.sifo.de/sifo/de/service/researchmap/researchmap_node.html [18.07.2023].

- BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung (o.J.b): Forschungsnetzwerk deutscher Anwender (ForAn). Internetauftritt des Netzwerks ForAn zur Vernetzung deutscher Anwender in der zivilen Sicherheitsforschung, https://www.thw-forschung.de/DE/Forschungsprojekte/ForAn/Home/home_node.html [18.07.2023].
- BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung (o.J.c): Pakt für Forschung und Innovation. https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/das-wissenschaftssystem/pakt-fuer-forschung-und-innovation/pakt-fuer-forschung-und-innovation_node.html [zuletzt besucht: 19.07.2023].
- BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung (o.J.d): Forschen für die zivile Sicherheit. Startseite des Förderprogramms. <https://www.sifo.de/sifo/de/programm/forschung-fuer-die-zivile-sicherheit.html> [19.07.2023].
- BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung (2018): Bekanntmachung - Richtlinie zur Fördermaßnahme "Anwender - Innovativ: Forschung für die zivile Sicherheit II". Bundeanzeiger vom 27.04.2018. https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2018/04/1702_bekanntmachung.html [19.07.2023].
- Bernsdorf, Bodo, Tim Glanert, Dieter Hennecke, Vanessa Kogel & Mark Niemann (2021): Die Facharbeit nimmt Gestalt an, in: *FEUERWEHR.einsatz:nrw*, Verbandszeitschrift des Verbands der Feuerwehren Nordrhein-Westfalen (VdF NRW) (6-7), 58-65.
- Bernsdorf, Bodo (2022): Das Kompetenznetzwerk Sicherheitsforschung eine ArcGIS Online Plattform zur Vernetzung der Hightech Forschung, in: Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes e.V. (Hrsg.), *Tagungsband 68. Jahresfachtagung der Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes e.V. 2022 in Würzburg*. VdS Schadenverhütung GmbH Verlag, 289 – 306.
- Bernsdorf, Bodo (2022): Gemeinsam forschen für eine sichere Zukunft. Das Kompetenznetzwerk Sicherheitsforschung, in: *FEUERWEHR.einsatz:nrw*, Verbandszeitschrift des Verbands der Feuerwehren Nordrhein-Westfalen (VdF NRW) (10), 3 - 7.
- Cimolino, Ulrich & Christian Velthausz (2023): Niederlande erwarten mehr und grössere Waldbrände, in: *FEUERWEHR.einsatz:nrw*, Verbandszeitschrift des Verbands der Feuerwehren Nordrhein-Westfalen (VdF NRW) (4), 27 - 31.
- DFG -Deutsche Forschungsgemeinschaft (2023a): Jahresbericht 2022. Aufgaben und Ergebnisse, https://www.dfg_jb2022.pdf [19.07.2023].
- DFG - Deutsche Forschungsgemeinschaft (2023b): Fachsystematik Stand: 21. Juni 2023, https://www.dfg.de/dfg_profil/gremien/fachkollegien/faecher/ [19.07.2023].
- FFG - Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (o.J.): KIRAS- Sicherheitsforschung. Homepage des österreichischen Förderprogramms KIRAS- Sicherheitsforschung mit SecurityReserachMap. <https://www.kiras.at/home> [19.07.2023].
- Graf, Roland J. & Stefan Wegenkittl (2012): Integration von Support Vector Machines in die objektbasierte Bildklassifizierung am Beispiel der Entwicklung eines Plug-Ins für eCognition, in: Josef Strobel, Thomas Blaschke & Gerald Griesebner (Hrsg.), *Angewandte Geoinformatik 2012. Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg*. Berlin, Offenbach: Wichmann, 52–61, https://www.researchgate.net/publication/262698139_Integration_von_Support_Vector_Machines_in_die_objektbasierte_Bildklassifizierung_am_Beiispiel_der_Entwicklung_eines_Plug-Ins_fur_eCognition#fullTextFileContent [19.07.2023].

- Brauner, Florian (2016): Der kontinuierliche Veränderungsprozess der Sicherheitsforschung. Erfolgsfaktoren einer "guten zivilen Sicherheitsforschung", in: Gabel, Friedrich, Judith Eckert, Patrick Drews & Jan Hieronymus (Hrsg.), *Ergebnisbericht zum zweiten Workshop des Graduierten-Netzwerks "Zivile Sicherheit" zum Thema: "Was ist gute zivile Sicherheitsforschung?" vom 25./26. November 2016 in Stuttgart*, 55-57, https://www.researchgate.net/publication/315740660_Der_kontinuierliche_Verandaerungsprozess_der_Sicherheitsforschung_-_Erfolgsfaktoren_einer_guten_zivilen_Sicherheitsforschung [18.07.2023].
- Gedicke, Sven, Lukas Arzoumanidis & Jan-Henrik Haurert (2023): Automating the External Placement of Symbols for Point Features in Situation Maps for Emergency Response, in: *Cartography and Geographic Information Science* 50 (4), 385–402. <https://doi.org/10.1080/15230406.2023.2213446>.
- Gißler, Dominik, Julian Gonschorek, & Lennart Landsberg (2023): Experimentalreihe: Die Stabsarbeit im Labor, in: Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes e.V. (Hrsg.) *Tagungsband 69. Jahresfachtagung der Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes e.V. 2023 in Münster*. VdS Schadenverhütung GmbH Verlag, 301-308.
- IOSB – Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (o.J.a). Digitaler Lagetisch – Beschreibung des Produkts. <https://www.iosb.fraunhofer.de/de/projekte-produkte/digitaler-lagetisch.html> [19.07.2023].
- IOSB – Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (o.J.b). Digitaler Lagetisch in der virtuellen Realität – Beschreibung des Produkts. <https://www.iosb.fraunhofer.de/de/projekte-produkte/digitaler-lagetisch-virtuelle-reali-taet.html> [19.07.2023].
- IM NRW – Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen (2022): Katastrophenschutz der Zukunft – Abschlussbericht des vom Ministerium des Innern berufenen Kompetenzteams Katastrophenschutz, https://www.im.nrw/system/files/media/document/file/berkompetenzteam2_o.pdf [19.07.2023].
- InCluSiF - Innovationsclusters Zivile Sicherheitsforschung, vfdb – Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes, AK FO A' GBF NRW - Arbeitskreis Forschung der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in Nordrhein-Westfalen & DFG - Deutscher Feuerwehrverband (2022): *Gemeinsames Positionspapier für den Agendaprozess zur Fortschreibung des Förderrahmens "Forschen für die zivile Sicherheit"*, https://www.vfdb.de/media/doc/positionspapiere/Gemeinsames_Positionspapier_InClu-SiF_vfdb_AK_Forschung_DfV.pdf [19.07.2023].
- Kloos, Svenja (2022): Vom Erfinder zum Unternehmer: GründungsServiceCenter Start-ING@THGA führt ersten Studenten zu erfolgreicher Gründung, <https://www.thga.de/hochschule/neuigkeiten/meldung/vom-erfinder-zum-unternehmer-gruendungsservicecenter-startingthga-fuehrt-ersten-studenten-zu-erfolgreicher-gruendung> [19.07.2023].
- Porter, Michael (2000): Location, Competition and Economic Development: Local Clusters in a Global Economy, in: *Economic Development Quarterly* 14 (1) 15–34.

- SERERN 5 Project (o.J.). Security Research Map. Karte und Datenbank des international aufgestellten SEREN 5-Projekts im Horizon Europe-Umfeld. https://www.security-research-map.eu//index.php?file=start_uk.htm [19.07.2023].
- THGA - Technische Hochschule Georg Agricola (o.J.). Gesellschaftliches Engagement der THGA. Informationen zu dem Hochschul "Missionen". <https://www.thga.de/transfer/gesellschaftliches-engagement/gesellschaftliches-engagement-der-thga> [19.07.2023].
- Van de Camp, Florian, Adrian Hoppe, Gabriel Unmüßig & Elisabeth Peinsipp-Byma (2020): Cooperative and Location-Independent Terrain Assessment for Deployment Planning Using a 3D Mixed Reality Environment , in: *Proceedings of SPIE 11426, Virtual, Augmented, and Mixed Reality (XR) Technology for Multi-Domain Operations* 1142604, <https://doi.org/10.1117/12.2558593> [19.07.2023].
- vfdb - Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes (Hrsg.) (2022, Juni): *Forschung bei der vfdb – Zusammenstellung der Artikelserie "Feuerwehr forscht"*, Sonderheft der Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz, https://www.vfdb.de/media/doc/zeitschrift/Sonderheft_Forschung_2022.pdf [19.07.2023].

Link zum Vortrag

<https://thga.sciebo.de/s/zLiZf1evwCf8Y99>

Sich schneller und besser verändern: Ein Vorschlag zur Nutzbarmachung des „Kontinuierlichen Verbesserungsprozesses“ (KVP) für Einsatzorganisationen

Jan Seitz

Technische Hochschule Wildau

Abstract

Einsatzorganisationen sehen sich mit der ständigen Anpassung an Veränderungen vor erhebliche Herausforderungen gestellt. Der aus der Wirtschaft bekannte und dort sehr bedeutsame Ansatz eines „Kontinuierlichen Verbesserungsprozesses“ (KVP) könnte hier Anwendung finden, da er explizit für die schrittweise, ständige Verbesserung von Prozessen bzw. Abläufen zugeschnitten ist. Die systematische Anwendung eines KVP im Kontext von Einsatzorganisationen ist jedoch weitgehend neu und unerforscht. Ausgehend von den Grundprämissen eines KVP schlägt der Artikel einen konzeptionellen fünfphasigen „KVP für Einsatzorganisationen“ (KVPEO) vor, der alle Phasen des KVP (von der Prozess- und Systemanalyse bis zur abschließenden Überwachung und Bewertung des Umsetzungserfolgs) berücksichtigt. Für jede Phase werden spezifische Methoden, Instrumente und Herausforderungen thematisiert. Aufbauend wird argumentiert, dass ein erfolgreich umgesetzter KVPEO verschiedene Vorteile (z. B. erhöhte Effizienz) ermöglichen könnte. Der Artikel bietet einen ersten Anhaltspunkt für die Diskussion und ruft interessierte Kreise dazu auf, das Konzept gemeinsam in die Praxis umzusetzen und zu validieren.

Vorbemerkung

Einsatzorganisationen sind eine wichtige Säule einer modernen Gesellschaft. Ihre Fähigkeit, angesichts unvorhersehbarer, mitunter katastrophaler Umstände zuverlässig Leben und Werte zu schützen, ist eine der Grundvoraussetzungen eines hohen gesellschaftlichen Sicherheitsniveaus. Daneben spielen die Einsatzorganisationen auf Grund der deutschen Besonderheit des mitunter erheblichen freiwilligen Engagements eine wichtige ‚gesellschaftlich-strukturelle‘ Rolle. Dies macht sie zu Akteuren von hoher Bedeutung, die zudem in gewisser Weise Opfer ihres eigenen Erfolges sind und dadurch vermehrt besonders gefordert werden. So deuten die Entwicklungen der Einsatzarten und -häufigkeiten (z. B. nach Anzahl der Notfallrettungen 2000-2020; Deutscher Feuerwehrverband 2022) sowie zahlreiche (teils anekdotische) Berichte und entsprechende Initiativen auf eine tendenzielle Abnahme der allgemeinen Fähigkeit der Bevölkerung zum Selbstschutz und der Selbsthilfe hin (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 2006, 2011 & 2020; Goersch & Werner 2011; Kietzmann et al. 2015: 10-14; ADAC 2021; Voss 2021;

Deutscher Städtetag 2022) – eine Entwicklung, deren Ursprung durchaus auch dem sehr gut funktionierenden Hilfeleistungssystem zugeschrieben werden kann, und welche den Leistungsdruck auf die Einsatzorganisationen erhöht.

Parallel dazu befindet sich die Welt seit einigen Jahren in einem sich zügig vollziehenden Umbruch mit erheblichen sozio-technischen Veränderungen. Neben den verschiedenen Megatrends (bspw. KI und Automation [Chui et al. 2018], Klima- [Steffen et al. 2015] und demografischer Wandel [United Nations 2019] sowie Migration und Urbanisierung [International Organization for Migration 2019]) muss auch eine sich verändernde, zunehmend komplexe Bedrohungslage adressiert werden, die bspw. durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung in einer Förderrichtlinie 2023 mit Begriffen und Eigenschaften wie ‚überlappend‘ und ‚kaskadierend‘ (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2023) umrissen wurde. Vor diesem Hintergrund müssen sich Einsatzorganisationen dringend mit dem sich wandelnden Umfeld weiterentwickeln. Dies erfordert geeignete Instrumente und Ansätze, welche eine kontinuierliche Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen und Handlungsmöglichkeiten erleichtern können.

Diese Notwendigkeit der Anpassung als ‚Qualität‘ existiert weit über die Einsatzorganisationen hinaus. In der Wirtschaft, welche ohnehin Anpassung ‚in ihrer DNA‘ haben muss um langfristig erfolgreich zu sein, kommt hierfür vor allem das Konzept des *Kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP)* zum Einsatz. Der KVP basiert auf dem Prinzip der ständigen Verbesserung von Abläufen in aufeinander aufbauenden Iterationsschleifen und bietet einen strukturierten Rahmen für die Ermittlung, Analyse und Umsetzung von schrittweisen Verbesserungen. Er entspricht einer dynamischen Perspektive, in welcher Lernen und Anpassung als integrale Bestandteile begriffen werden. Gemünzt auf Einsatzorganisationen könnte ein KVP z. B. die Wirksamkeit der Maßnahmen, die Effizienz im Betrieb und die allgemeine Einsatzbereitschaft verbessern. Dennoch ist die Anwendung des KVP in bzw. durch Einsatzorganisationen kaum etabliert und wenig erforscht. Dieser Artikel soll daher einen konzeptionellen Beitrag zum Verständnis des KVP als ein mögliches Instrument für die kontinuierliche Anpassung von Einsatzorganisationen leisten, indem dargelegt wird, wie und unter welchen Rahmenbedingungen er implementiert werden kann und welche Effekte daraus zu erwarten sind.

Stand der Wissenschaft und Technik

Das Konzept des Kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) hat seinen Ursprung in der Wirtschaft, insbesondere in Qualitätsmanagementsystemen. Ausgehend von den Vorarbeiten von Walter Andrew Shewhart (1939) entwickelte Deming (1986) den *Plan-Do-Check-Act-Zyklus (PDCA)* als Methode zur Verbesserung der Qualität und Produktivität von Geschäftsprozessen. Dabei werden Veränderungen zunächst geplant (Plan), dann umgesetzt (Do), deren Umsetzungserfolg überprüft (Check) und gegebenenfalls nachgesteuert (Act). Diese Abfolge ist als Kreislauf konzipiert, sodass der nächste Durchlauf auf den Ergebnissen des vorhergehenden aufsetzt und so eine kontinuierliche Verbesserung möglich wird. Parallel zum PDCA-Zyklus entwickelte sich in der japanischen Industrie mit *Kaizen* ein weiterer Ansatz zur kontinuierlichen Verbesserung, in deren Fokus schrittweise Verbesserungen stehen, an denen alle Mitarbeitenden beteiligt sind (Imai 1986). Im Gegensatz zum PDCA-Zyklus liegt der Schwerpunkt recht explizit auf kleinen, kontinuierlichen Veränderungen, weniger auf größeren, zyklischen Verbesserungen; gleichwohl können diese kleinen Veränderungen durchaus Bestandteil größerer Verbesserungsvorhaben

sein. Während der PDCA-Zyklus primär ein Managementwerkzeug ist, ermutigt Kaizen die Mitarbeitenden, Verbesserungsvorschläge zu machen, und fördert so eine Unternehmenskultur, die proaktive, kontinuierliche Verbesserungen schätzt (Brunet und New 2003: 1426-1446). Beiden Ansätzen gemein ist jedoch das Kernprinzip des sich immer wiederholenden Prozesses der Identifizierung, Analyse und Umsetzung inkrementeller Verbesserungen.

Dieses Prinzip findet in verschiedenen Geschäftsumgebungen breite Anwendung, wobei es sich nach der anfänglichen Konzentration auf Fertigungsprozesse etwa auch für Dienstleistungsbranchen und IT-Systeme bewährt hat (Benner und Tushman 2003: 238-256). Die Praxiswirksamkeit schlug sich zeitnah in der internationalen Normung nieder: Die ‚kontinuierliche Verbesserung‘ ist ein elementarer Bestandteil der *ISO 9001 Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen* und damit eine unverzichtbare Grundlage von Qualitätsmanagementsystemen weltweit; zudem wird sie in zahlreichen Managementsystemnormen (z. B. ISO 22301 Business Continuity Management) in Bezug auf das jeweilige Managementsystem gefordert, das natürlich auch ‚mit der Zeit gehen muss‘. Abseits von klassischen Managementsystemen wird der KVP häufig in den Kontext von *Lean Management* (Womack und Jones 1996), *Six Sigma* (Pyzdek und Keller 2009) sowie *Lean Six Sigma* als Kombination beider Ansätze (George 2003) gestellt, Methoden, die darauf abzielen, Verschwendung zu reduzieren und die Effizienz zu steigern. Der Grundgedanke der kontinuierlichen Verbesserung hat auch Eingang in Fähigkeits- und Reifegradmodelle gefunden, wie etwa dem *Capability Maturity Model* (Chrissis, Konrad und Shrum 2003) oder dem *Organizational Resilience Maturity Model* (UN System Chief Executives Board for Coordination o.J.). Parallel und ergänzend zu diesen Implementierungen wird der KVP implizit oder explizit oftmals als Teilelement des Change Management (siehe bspw. Kotter 1996, Roth und DiBella 2015) umgesetzt, wobei in dieser Kombination der KVP für eher kleinere Anpassungen genutzt wird, während das Change Management ‚das Gesamtbild orchestriert‘.

Weiterhin ist der KVP eng mit dem *Ideenmanagement* verknüpft, da Verbesserungen häufig auf der Umsetzung von zuvor systematisch erfassten Ideen beruhen (Tidd und Bessant 2009). Zudem unterstützt ein effektives *Wissensmanagement* den KVP, indem es sicherstellt, dass Erkenntnisse und Lernerfahrungen effektiv erfasst, organisiert und für zukünftige Problemlösungen und Innovationen zugänglich gemacht werden. Umgekehrt kann ein KVP zahlreiche Informationen für Wissensmanagement bereitstellen (Nonaka und Takeuchi 1995).

Zur Durchführung bzw. Begleitung eines KVP werden häufig dezidierte *KVP-Teams* eingesetzt. Diese sollten grundsätzlich interdisziplinär und abteilungsübergreifend aufgestellt sein (Juran und Godfrey, 1999); bereits Deming (1986) betonte, dass Qualität ein organisationsumspannendes Anliegen ist. Entsprechend haben Teamstruktur, Zusammensetzung und Führung (Bessant und Caffyn 1997: 7-28) sowie die Moderation von Herausforderungen (z. B. Rivalitäten zwischen Abteilungen; Schonberger 2007: 403-419) wesentliche Bedeutung für die Effektivität des KVP-Teams. Bateman (2005: 261-276) erbrachte ergänzend den Nachweis, dass effektive Zusammenarbeit in Teams die Anzahl und Qualität von Verbesserungsmaßnahmen erhöht.

Die Idee der kontinuierlichen Verbesserung und der dafür erforderlichen Basisaktivitäten – Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen erkennen und auswählen, Veränderungen vornehmen, Wirksamkeit überprüfen, aus den Ergebnissen lernen – hat etwas sehr Menschliches und Natürliches, was sich in dieser Form in zahlreichen Aktivitäten widerspiegelt (z. B. in der Wegfindung von A nach B oder im Üben bestimmter Fähigkeiten) und in anderer Form (z. B. als Führungskreislauf) auch in Einsatzorganisationen schon gelebte Praxis ist. Trotz (oder gerade wegen) dieser universellen Applikation ist der KVP kein feststehender Prozess, sondern eher ein spezifischer (Denk-)

Ansatz. In der Tat erwarten zwar selbst die relevanten ISO-Normen (neben der 9001 insbesondere der *ISO/TS 9002 Qualitätsmanagementsysteme - Leitfaden für die Anwendung von ISO 9001:2015*) einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess, schreiben seine Elemente, Ergebnisse usw. aber nicht vor. Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, den KVP als *Element und Ergebnis einer besonderen Unternehmens- bzw. Organisationskultur* zu sehen. Eine solche Kultur zeichnet sich durch unterschiedliche Qualitäten aus: So etwa verstehen alle Mitarbeitenden den Wert einer kontinuierlichen Verbesserung und verpflichten sich dieser (Schein 2010), Fehler und Misserfolge werden nicht nur toleriert, sondern als Chance zum Lernen und zur Verbesserung begriffen (Edmondson 2018) sowie Geduld und langfristiges Denken inklusive der Fähigkeit, mit schrittweisen Veränderungen umgehen zu können, sind fest verankert (Liker 2004).

Trotz der erheblichen Bedeutung und nachgewiesenen Wirksamkeit des KVP in verschiedenen Branchen (siehe u.a. Liker 2004; Harry und Schroeder 2000; Antony, Kumar und Labib 2008: 482-493) ist seine Anwendung im Kontext von Einsatzorganisationen noch wenig erforscht. Es gibt kaum Literatur, die sich mit der Übertragung von KVP-Grundsätzen auf die Praxis der Einsatzorganisationen befasst, einem Bereich, der sich weitgehend auf bewährte Routinen und Protokolle stützt (Comfort, Waugh und Cigler 2012: 539-547) und sich daher prinzipiell durchaus für einen KVP eignen würde. Ausnahmen existieren: So etwa erörtern McEntire und Myers (2004: 140-152) das Konzept der kontinuierlichen Verbesserung im Kontext des Katastrophenmanagements, während Portugall und Fiebig (2012: 133-152) eine Zwischenbilanz zum „Kontinuierlichen Verbesserungsprogramm“ der Bundeswehr ziehen. Dennoch ist ein Mangel an wissenschaftlicher Aufmerksamkeit dazu, wie sich die für unsere Gesellschaft (über-)lebenswichtigen Einsatzorganisationen als Reaktion auf sich schnell verändernde interne und externe Faktoren anpassen und verbessern können, festzustellen.

Dieser Mangel scheint nicht ein Ergebnis allein der fehlenden wissenschaftlichen Betrachtung zu sein. Zahlreiche (insbesondere interne) Berichte deuten einen Verbesserungsbedarf bei der Fähigkeit verschiedener Einsatzorganisationen, mit der Zeit zu gehen und/oder erkannte Mängel abzustellen, an. Daneben gibt es explizite Thematisierungen dieser Problematik, wie etwa im zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Artikels (September 2023) noch unveröffentlichten Grünbuch „Großschadenslagen“ der Expertenkommission Starkregen, die gemeinsam von vfdb e.V. und DFV getragen wird. Weiterhin finden sich in Studien, Interviews und Gesprächen mit Einsatz- und Führungskräften immer wieder Hinweise auf fehlende Veränderungsfähigkeit (etwa unter Bezugnahme auf die weit verbreitete, negative Fehlerkultur [z. B. Regener 2011: 660-663; Bartels 2015: 19; Zimmer et al. 2015: 201-206; Seidensticker 2018; Seidensticker 2019: 78-91; Ahn, Sommer und Pratzler-Wanczura 2019; Schmidt 2021: 233-242]). Es besteht also Handlungsbedarf.

Konzeptioneller Vorschlag eines KVPEO

Vor dem Hintergrund dieses Handlungsbedarfs und mit Blick auf die Erfolgsgeschichte des KVP in der Wirtschaft sollte ein „Kontinuierlicher Verbesserungsprozess für Einsatzorganisationen“ (KVPEO) entwickelt und implementiert werden, der auf den Grundprinzipien und Erfolgsfaktoren des KVP in der Wirtschaft aufbaut, aber auch die notwendigen Differenzierungen aufweist. Basierend auf diesen Prämissen wird die folgende Arbeitsdefinition eines KVPEO vorgeschlagen:

Ein „Kontinuierlicher Verbesserungsprozess in Einsatzorganisationen“ (KVPEO) dient der ständigen Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Arbeitsbedingungen in Einsatzorganisationen. Er betrachtet die ganze Bandbreite möglicher Verbesserungen (von kleineren Anpassungen bis zu umfassenden Transformationen), ausgehend sowohl von erkannten Handlungsnotwendigkeiten, wie auch perspektivischen Handlungschancen. Er wird als Werkzeug verstanden, um Einsatzorganisationen die Anpassung an sich verändernde Herausforderungen zu erleichtern. Er ist ein integrativer Prozess und eine ganzheitliche Aufgabe, die ein ehrliches, transparentes Miteinander und Füreinander fördert so wie einfordert.

In dieser Arbeitsdefinition schlägt sich der Ansatz nieder, dass Modifikationen jeglicher Art und Größenordnung zunächst konzeptionell innerhalb des KVPEO behandelt werden sollten, anstatt sie – wie in Unternehmen üblich – in kleinere (KVP) und größere Vorhaben (Change Management) zu unterteilen.

Viele Herausforderungen in Einsatzorganisationen lassen sich mit relativ kleinen Maßnahmen lösen oder zumindest der Lösung einen Schritt näherbringen. So wird wohl keine Feuerwehr plötzlich flächendeckend KI einsetzen und sämtliche Prozesse sowie Strukturen verändern, sondern eher entlang einer (grob?) ‚Vision der KI-unterstützten Feuerwehr‘ Schritt für Schritt kleinere Vorhaben umsetzen und dabei sowohl gänzlich neue Wege gehen, als auch Veränderungen an etablierten Lösungen vornehmen (z. B. sukzessive die PSA im Rahmen der Möglichkeiten ‚intelligenter‘ machen). Ein Unternehmen würde vielleicht KI-Anwendung allgemein forcieren, diesen Prozess im Change Management verankern und lokal als KVP umsetzen, sich dabei an Fallstudien orientieren und eine Beratung zur Begleitung engagieren, während etwaige zwischenzeitliche Leistungsprobleme auf Grund der Prozessumstellung sicherlich Geld kosten, aber in der Regel keine Leben gefährden. In den Einsatzorganisationen stellt sich diese Situation aber anders dar, weswegen es sinnvoll ist, dieser Herausforderung mit einem einheitlichen Ansatz zu begegnen, der zudem immer Tuchfühlung mit den Erfordernissen der Praxis hat (s. u.).

Wie oben aufgeführt ist auch ein KVP in Unternehmen keineswegs starr, sondern wird durch individuelle Ziele und Ressourcen beeinflusst; eine nahtlose Übertragung auf Einsatzorganisationen ist also per se nicht möglich. Daher muss ein KVPEO zunächst konzeptuell entwickelt, anschließend in der Praxis umgesetzt und geprüft werden. Dies ist ein iterativer Prozess, bei welchem Rückmeldungen aus der Praxis zur Optimierung beitragen können und müssen. Dabei ist der erste Schritt zwangsläufig ein Testlauf anhand zuvor festgelegter Rahmenbedingungen: Hierfür wird die folgende initiale Version eines Kontinuierlichen Verbesserungsprozesses für Einsatzorganisationen vorgeschlagen, der mehrere aufeinanderfolgende, sich in der Gänze kontinuierlich wiederholende Phasen umfasst (siehe Abbildung 1):

Die initiale Phase des KVPEO umfasst eine detaillierte Prozess- bzw. Systemanalyse, die zur ganzheitlichen Erfassung der gegenwärtigen Organisationsdynamik dient. Die darauffolgende Phase konzentriert sich auf die Identifikation von Verbesserungsbedarfen und -chancen, wobei sowohl kritische Mängel als auch Potenziale zur Effizienzsteigerung erkannt werden sollen. Die folgende Phase konkretisiert und priorisiert diese identifizierten Bedarfe und Chancen in Form spezifischer Verbesserungsziele. Anschließend werden die geplanten Verbesserungen in der Umsetzungsphase realisiert, um abschließend überwacht und bewertet zu werden. Diese Bewertung bildet die Grundlage für einen weiteren Durchlauf des KVPEO unter dann neuen Voraussetzungen. Dabei wird wirklich kontinuierliche Verbesserung erst durch den (beständigen) Mut, von der

Bewertung ausgehend immer wieder einen neuen KVPEO aufzusetzen und zu durchlaufen, möglich. Jede der fünf Phasen erfordert spezifische Methoden und Instrumente, die folgend detaillierter beleuchtet werden.

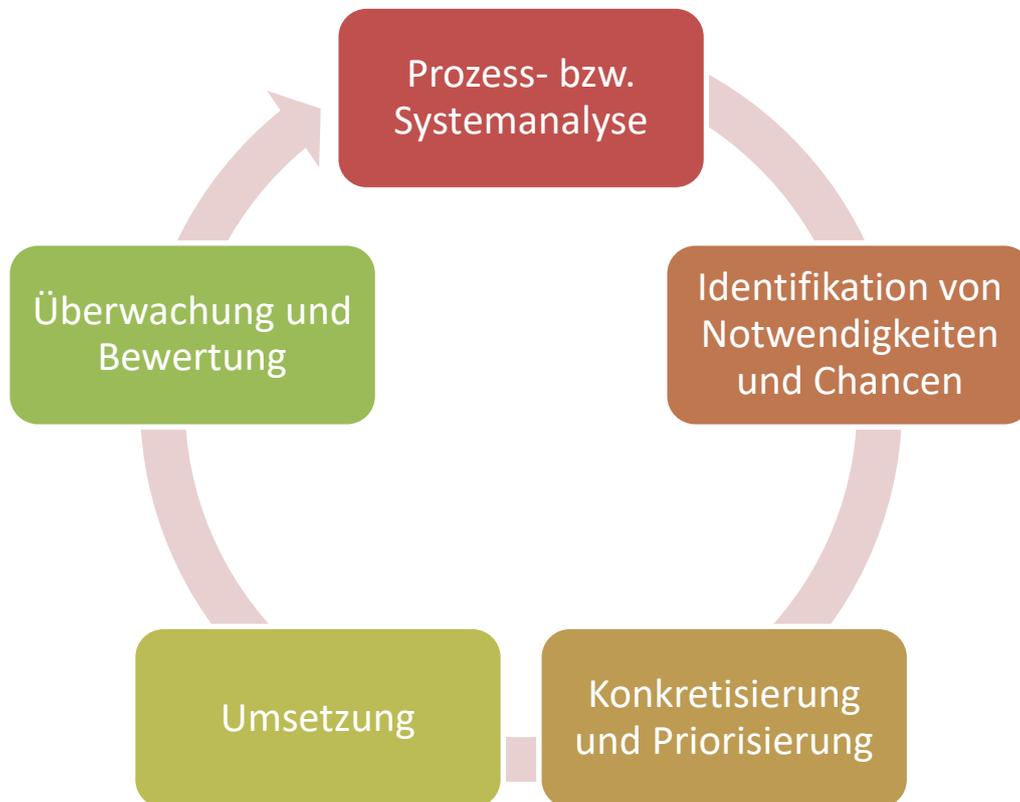


Abbildung 1: Die fünf Elemente des Kontinuierlichen Verbesserungsprozesses für Einsatzorganisationen. Eigene Abbildung.

Die *Prozess- und Systemanalyse* zielt darauf ab, eine solide Grundlage für die Identifizierung von Optimierungsmöglichkeiten zu schaffen. Dazu gehört eine genaue Darstellung der Prozesse unter Verwendung etablierter Methoden (z. B. Flussdiagramme, Zeitanalysen, SIPOC-Diagramme [Suppliers, Inputs, Processes, Outputs, Customers – Lieferanten, Eingänge, Prozesse, Ausgänge, Kunden], Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse), die für die Nutzenden nachvollziehbar sind.

Es ist klar zu differenzieren, welche Aufgaben auszuführen sind, welche Notwendigkeit dahintersteht und welche Ressourcen – beispielsweise technische Ausstattung, Informationen oder Fähigkeiten – für den erfolgreichen Verlauf des Prozesses essenziell sind. Die Integration des Prozesses in das Gesamtbild der Organisation muss ebenfalls klar sein. Für das Beispiel eines Wartungsprozesses bedeutet dies etwa, dass zu analysieren ist, wann und warum eine Wartung notwendig ist, welche Aufgaben zu erledigen sind, welche Kompetenzen sowie Ressourcen benötigt werden und warum dieser Prozess für die Organisation unerlässlich ist. Dazu gehört auch die Stakeholderanalyse, in deren Rahmen untersucht wird, wer betroffen ist, welche Interessen diese Personen(gruppen) haben und wie sich Veränderungen auf sie auswirken.

Ein gründliches Verständnis der aktuellen Bedingungen ist entscheidend für die Neugestaltung eines Prozesses; die vollständige und verständliche Dokumentation der Ergebnisse ist ein wesentlicher Teil der Prozess- und Systemanalyse und unterstützt zudem die Übertragung der Erkenntnisse auf andere Organisationen.

Die folgende *Identifikation von Notwendigkeiten und Chancen* stützt sich auf vielfältige Quellen wie Feedback, Fehleranalysen, Experteninterviews, systemische Reviews oder der Verfügbarkeit neuer Lösungen am Markt. Notwendigkeiten („was muss getan werden“) und Chancen („was kann getan werden“) können sehr unterschiedliche Formen annehmen und etwa von der Feststellung eines technologischen Aufholbedarfs über Anpassungen an (Einsatz-)Planungsgrundlagen bis hin zu Veränderungen im Umgang der Einsatzkräfte miteinander reichen. Ein Beispiel für eine (weit verbreitete) ‚Notwendigkeit‘ wäre die erweiterte Einsatzauswertung: Häufig werden Verbesserungspotenziale in Nachbesprechungen nicht vollständig erfasst, oft aufgrund einer negativen Fehlerkultur oder eines nicht darauf ausgerichteten Besprechungsprozesses.

Die Implementierung eines strukturierten Feedbackprozesses und systematischer Dokumentation können hier Abhilfe schaffen, wobei der Prozess dennoch handhabbar bleiben und Feedback auch tatsächlich Verwendung finden sollte. Ein Beispiel für eine Chance besteht in der Nutzung moderner KI-Technologien, etwa von „Large Language Models“ wie ChatGPT. Diese könnten Informationen, trotz Einschränkungen wie etwa der Problematik der Halluzinationen (also des ‚Erfindens von Fakten‘; Salvagno, Taccone und Gerli 2023; Guerreiro et al. 2023), sehr viel schneller zugänglich machen.

Es ist entscheidend, Verbesserungsmöglichkeiten klar zu dokumentieren und zu strukturieren, um Transparenz und Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Dies sollte durch ein geeignetes System (z. B. Datenbanklösung und Dokumentationsprozess) kontinuierlich aktualisiert und erweitert werden. Eine Orientierung an geltenden Normen und (de-facto-) Standards, wie etwa der Gefährdungsbeurteilung, ist sinnvoll. Wichtig ist auch, dass ‚Verbesserung‘ nicht nur bedeutet, dass bestimmte Abläufe hinzukommen oder sich verändern, sondern auch ersatzlos wegfallen können. Ebenso kann es im Zuge einer Konzentrierung von Kompetenzen (z. B. in Bezug auf Drohneneinsatz für und durch Einsatzorganisationen) dazu kommen, dass eine Einsatzorganisation Aufgaben für eine andere Einsatzorganisation übernimmt bzw. sich die Interaktion zwischen beiden ändert, was zu berücksichtigen ist. Dieser Umstand kann es opportun machen, Notwendigkeiten und Chancen auch mit anderen Akteuren abzustimmen und ggf. gemeinsam mit diesen zu identifizieren.

Das Wissen über die Handlungsoptionen erlaubt die *Konkretisierung und Priorisierung*, um Verbesserungspotenziale in konkrete Ziele und notwendige Veränderungsschritte zu übersetzen sowie nach Wirksamkeit und Umsetzbarkeit (oder anderen geeigneten Kriterien) zu priorisieren. Dabei sollten sowohl aktuelle Bedürfnisse als auch zukünftige Anforderungen berücksichtigt werden; bei miteinander verknüpften bzw. voneinander abhängigen Veränderungsmaßnahmen können Roadmaps hilfreich sein. In diesem Schritt sollten Umsetzbarkeit, Kosten und potenzielle Auswirkungen von Lösungen analysiert werden. Neben direkten (z. B. Auswirkungen auf die Einsatzzeit) sollten auch indirekte Effekte berücksichtigt werden, etwa eine mögliche Abhängigkeit von externen Dienstleistern oder eine erhöhte Fähigkeit der Einsatzkräfte zur Nutzung moderner Technologien.

Die Analyse erfordert eine ständige Abwägung von Vor- und Nachteilen, wobei unterschiedliche Methoden (z. B. Delphi-Methode, Nutzwert-Analyse, Simulation) eingesetzt werden können. Dabei sollten quantitative und qualitative Methoden genutzt werden, um sich weder nur auf ‚harte Fakten‘ (die in der Projektion in die Zukunft ohnehin unsicher sind), noch nur auf das ‚Bauchgefühl‘ (was täuschen kann) zu verlassen. Eine klare ‚Vision‘ der zukünftigen Einsatzorganisation kann hilfreich sein, um mögliche Zielkonflikte (z. B. Resilienz vs. Effizienz) zu navigieren.

Anschließend geht es an die *Umsetzung* der priorisierten Ansätze, wobei die Methodik von Vorhaben zu Vorhaben in Abhängigkeit der Anforderungen (z. B. welche Personen und Prozesse betroffen sind) variieren kann. Zudem kann eine Rückkopplung mit der vorherigen Phase notwendig sein, etwa um die Umsetzungsplanung unvorhergesehenen Umständen anzupassen. Vor der praktischen Umsetzung sollten eindeutige Kriterien definiert werden, um zu bestimmen, wann das angestrebte Ziel erreicht ist oder wann ein Umsetzungsprojekt möglicherweise abgebrochen werden sollte. Während Umsetzungsprozessen können unerwartete Hindernisse und Nebenefekte auftreten, die entsprechend zu adressieren sind. Hierbei kann die Nutzung von externer Expertise hilfreich sein. Spätestens während dieser gesamten Phase ist es essenziell, immer *mit* den (betroffenen) Menschen zu arbeiten und sie in die Gestaltung des KVPEO und der neuen Prozesse einzubeziehen, anderenfalls werden viele Vorhaben in der späteren praktischen Anwendung mangels Akzeptanz scheitern, selbst wenn die Implementierung per se erfolgreich gewesen sein sollte.

Während und nach dieser Phase ist die systematische *Überwachung und Bewertung* des Fortschritts der Umsetzung erforderlich, wobei die Bestätigung der wirksamen Implementierung der geplanten Veränderungen und das Identifizieren von Erfolgs- und Hindernisfaktoren im Zentrum stehen. Die Bewertung stützt sich traditionell auf spezifische Kennzahlen, oft als Key Performance Indicators (KPIs) bekannt, die sowohl quantitativer (basierend auf meist umfangreichen Datensätzen; etwa Zeit zwischen Notruf und Ankunft an der Einsatzstelle, Dauer von Wartungsarbeiten) als auch qualitativer Art (z. B. Zufriedenheit oder empfundene Belastung im Einsatz) sein können. Diese Phase erfordert ein hohes Maß an Transparenz und Ehrlichkeit, denn die Erkenntnis dessen, was funktioniert hat und was nicht, bildet die Grundlage für den nächsten Zyklus des KVPEO; hier wird also der Grundstein für eine mögliche positive Gesamtentwicklung gelegt. Sie ist daher von zentraler Bedeutung für die Akzeptanz und Effektivität des KVPEO in und für die Organisation. Dies impliziert, dass auch Misserfolge toleriert und als Lerngelegenheiten betrachtet werden müssen, wobei erfolgreiches Lernen und die daraus ggf. resultierenden Veränderungen in den verschiedenen Phasen eines nachfolgenden KVPEO-Durchlaufs wieder aufgegriffen werden.

Der KVPEO mag anfangs aufwändig und fehleranfällig sein sowie zahlreiche Diskussionen auslösen – wie viele andere Prozesse mit einem großen Anteil an menschlicher Interaktion. Es kann aber durchaus postuliert werden, dass er unverzichtbar für Veränderungsvorhaben ist, insbesondere für solche Einsatzorganisationen, die mit Herausforderungen bei der Umsetzung von Veränderungen konfrontiert sind bzw. es in der Vergangenheit waren: Der strukturierte Prozess hilft, persönliche Vorurteile zu minimieren und fördert eine rationale Herangehensweise. Obwohl er kein Allheilmittel ist, ist der KVP durchaus ein wirksames Instrument, das global in der Wirtschaft erfolgreich angewandt wurde und wird – und dieses Potenzial sicherlich auch in Einsatzorganisationen entfalten kann.

Auf Grund der Neuheit des Ansatzes im gegebenen Kontext empfiehlt es sich gerade zu Beginn, mit verschiedenen Akteuren organisationsübergreifend zu kooperieren und bspw. eine Steuerungsgruppe zu bilden, um Konkretisierung notwendiger Schritte, die Entwicklung von Vorlagen und die Bewertung von Ergebnissen zu unterstützen. Sie sollte aus Vertretenden unterschiedlicher Organisationen bestehen, einschließlich der Wissenschaft, um die Perspektiven zu erweitern und die Chancen auf eine erfolgreiche Implementierung zu erhöhen. Zudem ergeben sich so Lerneffekte auf der Metaebene, was einer Verbreitung in der Fläche zuträglich sein kann.

Gelingt der KVP (mit oder ohne Verbund), dann lassen sich dadurch zahlreiche Mehrwerte realisieren, etwa:

1. Verbesserung der Effizienz und Effektivität: Schnellere, sicherere und ressourcenschonendere Einsätze durch Prozessoptimierung. Grundsätzlich ist die Optimierung nach unterschiedlichen Kriterien auch abseits von Kosten (etwa nach Resilienz) möglich und angebracht.
2. Erhöhte Zufriedenheit der Einsatzkräfte: Verbesserte Einbindung der Einsatzkräfte in die Prozessgestaltung, dadurch erhöhte Selbstwirksamkeitserfahrung, was die Zufriedenheit und Motivation steigern, die Bindung an die Organisation stärken sowie positive Auswirkungen auf die körperliche und geistige Gesundheit haben kann.
3. Förderung von Innovation: Die Etablierung einer Kultur der kontinuierlichen Verbesserung (mit dem ständigen Lernen als zentralem Element) kann zur schnelleren Identifikation und Implementierung neuer Ideen und Ansätze führen, was wiederum die Innovations- (und damit auch die Veränderungs-) Fähigkeit der Organisation stärkt.
4. Verbesserte Sicherheit: Durch regelmäßige Überprüfung und Verbesserung von Prozessen und Abläufen kann das Sicherheitsniveau für Einsatzkräfte und Betroffene erhöht werden.
5. Verbessertes Risikomanagement: Frühzeitige Erkennung und Minimierung von Risiken durch regelmäßige Überprüfung und Anpassung von Prozessen, dadurch Vermeidung von potenziellen Problemen und größerer Handlungsspielraum, um proaktiv Veränderungen und Herausforderungen zu reagieren.

Diskussion

Der hier skizzierte Prozessablauf für einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess in Einsatzorganisationen (KVPEO) bietet einen ersten Orientierungspunkt, indem essenzielle Aktivitäten aufgezeigt werden, die für eine zielgerichtete, kontinuierliche Verbesserung förderlich sind, die über ein bloßes ‚Lessons Learned‘ hinausgeht. Die erfolgreiche Umsetzung dieses Kreislaufs verspricht zahlreiche Vorteile, etwa in Bezug auf Sicherheit und Zufriedenheit von Einsatzkräften. Ein weiterer Vorteil ist, dass der KVPEO universell einsetzbar ist, egal ob bspw. Ausbildung, Übungen, Einsatz oder Organisation betrachtet werden; zwar können etwa sich die beteiligten Personen und berücksichtigten Sachverhalte ändern, die Grundprinzipien und der generelle Ablauf bleiben aber identisch. Als nächster Schritt sollte der hier theoretisch beschriebene KVPEO in einer Feldstudie bei verschiedenen Einsatzorganisationen getestet und analysiert werden, ob, wie und ggf. unter welchen besonderen Rahmenbedingungen die aus der Wirtschaft bekannten positiven Effekte eines KVP auch mittels eines KVPEO in den Einsatzorganisationen realisiert werden können.

Die Evaluierung der Wirksamkeit eines KVPEO ist gleichermaßen Forschungs- wie Umsetzungsaufgabe, da es sowohl noch zahlreiche offene Fragen, als auch bekannte, aber kaum gelebte Handlungsansätze gibt. Dabei wäre eine Orientierung an der Bundeswehr und ihrem kontinuierlichen Verbesserungsprogramm, etwa in Bezug auf dort erkannte Erfolgsfaktoren und Hindernisse, sicherlich angebracht. Dennoch ist die Bundeswehr keine ‚typische‘ Einsatzorganisation und folgt teilweise eigenen Gesetzmäßigkeiten und Handlungslogiken, sodass eine geeignete Feldstudie auch die anderen ‚Welten‘ (z. B. der Feuerwehr) berücksichtigen sollte. Weiterhin sollte die Chance ergriffen werden, eine solche Evaluierung wenn möglich im Kontext eines dezidierten Forschungsprojekts durchzuführen, um einen konkreten Rahmen mit entsprechenden Verantwortlichkeiten und der notwendigen Finanzierung zu setzen.

Die Frage einer Fördermöglichkeit ist wichtig, aber schlussendlich nicht entscheidend: Deutsche Einsatzorganisationen müssen besser darin werden, mit der Zeit zu gehen. Findet sich hierfür der Wille, dann findet sich auch der Weg. Wer möchte ihn gehen?

Literatur

- ADAC (2021): ADAC Umfrage: Große Wissenslücken bei Erster Hilfe, <https://www.adac.de/gesundheits/gesund-unterwegs/strasse/umfrage-erste-hilfe-kurs/> [06.06.2023].
- Ahn, David, Katrin Sommer & Sylvia Pratzler-Wanczura (2019): *ATHEBOS Schlussbericht, Teilvorhaben: Initiierung der Fehlerkultur auf der technisch-taktischen Ebene*, <https://www.tib.eu/de/suchen/id/TIBKAT:1699292965/> [15.09.2023].
- Antony, Jiju, Maneesh Kumar & Ashraf Labib (2008): Gearing Six Sigma into UK Manufacturing SMEs: Results from a Pilot Study, in: *Journal of the Operational Research Society* 59 (4), 482-493.
- Bartels, Hans-Peter (2015): Lessons Learned?, in: *Katholische Militärseelsorge – Kompass* 11/2015, 19.
- Bateman, Nicola (2005): Sustainability: The Elusive Element of Process Improvement, in: *International Journal of Operations & Production Management* 25 (3), 261-276.
- Benner, Mary J. & Michael L. Tushman (2003): Exploitation, Exploration, and Process Management: The Productivity Dilemma Revisited, in: *Academy of Management Review* 28 (2), 238-256.
- Bessant, John & Sarah Caffyn (1997): High Involvement Innovation through Continuous Improvement, in: *International Journal of Technology Management* 14 (1), 7-28.
- Brunet, Adam Paul & Steve New (2003): Kaizen in Japan: An Empirical Study, in: *International Journal of Operations & Production Management* 23 (12), 1426-1446.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2006): *Dritter Gefahrenbericht der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern. Bericht über mögliche Gefahren für die Bevölkerung bei Großkatastrophen und im Verteidigungsfall*, https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/Forschung-und-Medizin/zf-band59-dritter-gefahrenbericht-sk.pdf?__blob=publication-File&v=4 [16.05.2024].
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2011): *Vierter Gefahrenbericht*, Rheinbreitbach: MedienHaus Plump GmbH.

- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2020): *Bevölkerungsschutz 2/2020. Selbstschutz und -hilfe*, https://www.maerkisch-oderland.de/datei/anzeigen/id/26899,1249/bsmag_2_20.pdf [16.05.2024].
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2023): Richtlinie zur Förderung von Projekten zum Thema „Sicherstellung und Verbesserung der Handlungsfähigkeit von Staat und Verwaltung bei krisenhaften Ereignissen“ im Rahmen des Programms „Forschung für die zivile Sicherheit 2018 – 2023“ der Bundesregierung. Bundesanzeiger vom 14.03.2023. <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2023/03/2023-03-14-Bekanntmachung-ZivileSicherheit.html> [18.05.2023]
- Chrissis, Mary Beth, Mike Konrad & Sandra Shrum (2003): *CMMI: Guidelines for Process Integration and Product Improvement*, Boston, MA: Addison-Wesley Professional.
- Chui, Michael, James Manyika, Mehdi Miremadi, Nicolaus Henke, Rita Chung, Pieter Nel & Sankalp Malhotra (2018): *Notes from the AI Frontier: Insights from Hundreds of Use Cases*, McKinsey Global Institute.
- Comfort, Louise K., William L. Waugh & Beverly A. Cigler (2012): Emergency Management Research and Practice in Public Administration: Emergence, Evolution, Expansion, and Future Directions, in: *Public Administration Review* 72 (4), 539-547.
- Deming, William Edwards (1986): *Out of the Crisis*, Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering Study.
- Deutscher Feuerwehrverband (2022): Statistik, https://www.feuerwehrverband.de/app/uploads/2022/12/221230_Statistik.pdf [20.05.2023].
- Deutscher Städtetag (2022): *Bevölkerungsschutz bei unvorhergesehenen und außergewöhnlichen Ereignissen. Diskussionspapier des Deutschen Städtetages*, <https://www.staedtetag.de/files/dst/docs/Publikationen/Positionspapiere/2022/diskussionspapier-bevoelkerungsschutz.pdf> [29.11.2023].
- Edmondson, Amy C (2018): *The Fearless Organization: Creating Psychological Safety in the Workplace for Learning, Innovation, and Growth*. Hoboken, NJ: Wiley.
- George, Michael L. (2003) *Lean Six Sigma for Service: How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Goersch, Henning G. und Ute Werner (2011): *Empirische Untersuchung der Realisierbarkeit von Maßnahmen zur Erhöhung der Selbstschutzzfähigkeit der Bevölkerung*. Bonn: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe.
- Guerreiro, Nuno M., Duarte M. Alves, Jonas Waldendorf, Barry Haddow, Alexandra Birch, Pierre Colombo & André F. T. Martins (2023): *Hallucinations in Large Multilingual Translation Models*. arXiv:2303.16104 [cs.CL], <https://arxiv.org/abs/2303.16104> [21.09.2023].
- Harry, Mikel & Richard Schroeder (2000): *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. New York, NY: Currency/Doubleday.
- Imai, Maasaki (1986): *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. New York, NY: Random House Business.
- International Organization for Migration (2019): *World Migration Report 2020*, https://publications.iom.int/system/files/pdf/wmr_2020.pdf [29.11.2023].
- Juran, Joseph M. & A. Blanton Godfrey (Hrsg.) (1999): *Juran's Quality Handbook*, New York, NY: McGraw-Hill.

- Kietzmann, Diana, Daniela Knuth, Katharina Hegele & Silke Schmidt (2015): Notfallwissen in der Bevölkerung Deutschlands, in: *BBK Bevölkerungsschutz* 3/2015, 10-14.
- Kotter, John P. (1996): *Leading Change*, Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Liker, Jeffrey K. (2004): *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*, New York, NY: McGraw-Hill.
- McEntire, David A. & Amy Myers (2004): Preparing Communities for Disasters: Issues and Processes for Government Readiness, in: *Disaster Prevention and Management* 13 (2), 140-152.
- Nonaka, Ikujiro & Hirotaka Takeuchi (1995): *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*, New York, NY: Oxford University Press.
- Portugall, Gerd & Rüdiger Fiebig (2012): Das Kontinuierliche Verbesserungsprogramm (KVP) – Eine Zwischenbilanz aus organisationswissenschaftlicher Sicht, in: Richter, Gregor (Hrsg.). *Neuausrichtung der Bundeswehr. Beiträge zur professionellen Führung und Steuerung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 133-152.
- Pyzdek, Thomas & Paul Keller (2009): *The Six Sigma Handbook, Third Edition*, New York, NY: McGraw-Hill Education.
- Regener, Helge (2011): Ein Fehler ist kein Fehler, zwei Fehler sind einer zuviel!, in: *Rettungsdienst* 7/2011, 660-663.
- Roth, George L. & Anthony J. DiBella (2015): *Systemic Change Management*, New York, NY: Palgrave Macmillan.
- Salvagno, Michele, Fabio Silvio Taccone & Alberto Giovanni Gerli (2023): Can Artificial Intelligence Help for Scientific Writing?, in: *Critical Care* 27, 75.
- Schein, Edgar H. (2010): *Organizational Culture and Leadership*, San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Schmidt, Kurt W. (2021): Der Umgang mit belastenden Ereignissen als organisationsethische Herausforderung am Beispiel „Behandlungsfehler“, in: *Ethik in der Medizin* 33 (2), 233-242.
- Schonberger, Richard J. (2007): Japanese Production Management: An Evolution – with Mixed Success, in: *Journal of Operations Management* 25 (2), 403-419.
- Seidensticker, Kai. (2018): *Zur Notwendigkeit von Polizeiforschung: Theorie und Praxis polizeilicher Fehlerkultur*, <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-58661-1> [21.09.2023].
- Seidensticker, Kai. (2019): Fehlerkultur der Polizei. Die Wirkung von Organisationsstruktur und Männlichkeitskonstruktionen auf den Umgang mit Fehlern, in: *SIAK-Journal – Zeitschrift für Polizeiwissenschaft und polizeiliche Praxis* 3/2019, 78-91.
- Shewhart, Walter A. (1939): *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*, Mineola, NY: Dover Publications.
- Steffen, Will, Katherine Richardson, Joahn Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennett, Reinette Biggs, Stephen R. Carpenter, Wim de Vries, Cynthia A. de Wit, Carl Folke, Dieter Gerten, Jens Heinke, Georgina M. Mace, Linn M. Perrson, Veerabhadran Ramanathan, Belinda Reyers & Sverker Sörlin (2015): Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet, in: *Science* 347, 1259855.
- Tidd, Joe & John Bessant (2009): *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change*, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- UN System Chief Executives Board for Coordination (o.J.): *UN Organizational Resilience Maturity Model*, <https://unsceb.org/sites/default/files/2021-12/Approved%20Organizational%20Resilience%20Maturity%20Model.pdf> [21.05.2023].

- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019): World Population Prospects 2019, https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_10KeyFindings.pdf [16.05.2024].
- Voss, Martin (2021): Stellungnahme: Zustand und Zukunft des Bevölkerungsschutzes in Deutschland – Vorschlag für ein „Forschungs- und Kompetenzzentrum Resilienz und Bevölkerungsschutz“, in: *Deutscher Bundestag, Ausschuss für Inneres und Heimat. Ausschussdrucksache* 19 (4), 793 E.
- Womack, James P. & Daniel T. Jones (2003): *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, New York, NY: Simon and Schuster.
- Zimmer, Matthias, Rainer P. Waßmer, D. Oberndörfer, V. Wilken, Leo Latasch, Wilhelm Schier und Christian Byhahn (2015): Patientensicherheit im hessischen Rettungsdienst, in: *Notfall + Rettungsmedizin* 18 (3), 201–206.

Link zum Vortrag

<https://thga.sciebo.de/s/h03055OAcmfk4xY>

Tage der Sicherheitsforschung

Tag 1: 14. Juni 2023

Session: Zukunftstechnologien Teil 1

Ein Algorithmus zur automatischen Platzierung taktischer Zeichen in der digitalen Lageskizze

Sven Gedicke, Lukas Arzoumanidis, Jan-Henrik Haurert

Universität Bonn

Hinweis:

Dieser Artikel ist im Original im vfdb-Magazin „Die Zeitschrift“ Heft 2 2023 (72. Jahrgang), S. 59-65 erschienen. Wir danken der Redaktion für die Zurverfügungstellung.

Der Artikel unterlag aus diesem Grunde nicht dem Peer Review für den Tagungsband, wurde aber Seitens der vfdb-Redaktion umfassend auf die Einhaltung der guten wissenschaftlichen Praxis geprüft.

Abstract

Eine übersichtliche Darstellung der Lage ist für eine zielgerichtete Einsatzplanung unerlässlich. Feuerwehren und Katastrophenschutz nutzen zu diesem Zwecke Lageskizzen. Diese enthalten innerhalb einer Kartenübersicht relevante Elemente, die mit taktischen Zeichen am Kartenrand beschriftet werden. Trotz bereits bestehender digitaler Lösungen werden die Zeichen meist in einem manuellen Prozess platziert. Dieser Prozess beansprucht wertvolle zeitliche und personelle Ressourcen, die durch eine automatische Platzierung eingespart werden können.

Dieser Beitrag stellt einen Algorithmus vor, der automatisch taktische Zeichen am Kartenrand platziert, wobei kreuzungsfreie und kurze Verbindungslinien, die Relevanz der Zeichen und eine Gruppierung inhaltlich ähnlicher oder räumlich naher Zeichen berücksichtigt werden.

Motivation

Kommt es infolge von Schadereignissen zu Notfalleinsätzen, ist Situationsbewusstsein ein Schlüsselaspekt der Führungsorganisation von Feuerwehren und Katastrophenschutz. Insbesondere bei komplexen Lagen ist es für eine zielgerichtete Führung und Koordination der Einsatzkräfte unerlässlich, alle relevanten Elemente der Situation wahrzunehmen, zu verstehen und deren weitere Entwicklung einschätzen zu können (Endsley, 1995).

Bereits ab der Meldung in der Leitstelle und bis zur Erkundung vor Ort werden Informationen zur Lage erfasst und gesammelt. Vorhandene Geodatendienste komplettieren dabei die Informationserfassung und ermöglichen das Beziehen zusätzlicher Informationen wie Standorte von Hydranten, Leitungsnetze sowie Zugänge zu Grundstücken und Gebäuden (Bernsdorf und Fritze,

in Hinblick auf die Schaffung eines Situationsbewusstseins erhöhen kann. Im Gegensatz zu analogen Karten ermöglicht die digitale Umsetzung sowohl das flexible Verschieben und Zoomen des Kartenausschnitts als auch das Wechseln zwischen verschiedenen Hintergrundkarten (z. B. Luftbild und topografische Karte).

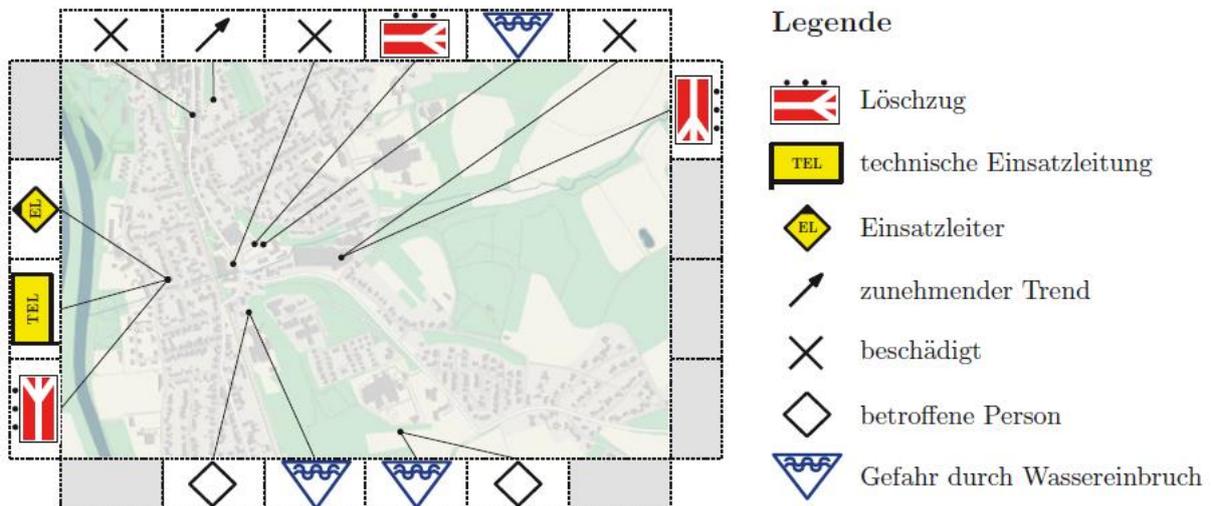


Abbildung 2: Beispiel einer digitalen Lageskizze, in der die taktischen Zeichen durch den in diesem Beitrag vorgestellten Algorithmus platziert wurden. Die dargestellten Informationen basieren auf einer realen Lage. Die taktischen Zeichen wurden entsprechend der Grundsätze des Technischen Hilfswerks (THW) gewählt. Kartenkacheln von Carto, unter CC BY 3.0. Kartendaten von OpenStreet-Map, unter ODbL.

Mit dem Ziel einer digitalen Umsetzung des etablierten Lagedarstellungssystems NRW und insbesondere der darin enthaltenen Lageskizze wurde in den letzten Jahren bereits eine Open-Source-Software entwickelt (Bernsdorf und Fritze, 2016; Lamers und Fortkamp, 2019). Nach dem Wählen und Fixieren eines geeigneten Kartenausschnitts können die Positionen relevanter Elemente in der Karte markiert und entsprechende taktische Zeichen manuell am Kartenrand platziert werden. Auch wenn das manuelle Platzieren der taktischen Zeichen ein hohes Maß an Flexibilität zulässt, beansprucht dieser Arbeitsschritt zeitliche und personelle Ressourcen, die insbesondere in zeitkritischen Einsätzen wertvoll sind und eingespart werden könnten.

In diesem Zusammenhang wird in diesem Beitrag argumentiert, dass eine automatische Platzierung der taktischen Zeichen sowohl eine Entlastung der Einsatzkräfte als auch die Einsparung wichtiger Einsatzzeit bewirken kann. Der Beitrag greift dieses Potential auf und stellt einen Algorithmus vor, der das Platzieren taktischer Zeichen automatisiert. Der Algorithmus berücksichtigt die einsatztaktische Relevanz der Zeichen, verhindert kreuzende Verbindungslinien und minimiert die Länge der Linien. Zudem ermöglicht der Algorithmus das Gruppieren von taktischen Zeichen nach ihrer semantischen Ähnlichkeit oder ihrer Position in der Karte. Gruppierte Zeichen werden dabei nebeneinander platziert. Es wird gezeigt, dass der Algorithmus Ergebnisse in unter einer Sekunde erzeugt und somit für interaktive Anwendungen in Einsätzen geeignet ist. Abbildung 2 zeigt eine beispielhafte Lageskizze, in der die taktischen Zeichen durch den Algorithmus platziert wurden.

Im Folgenden wird zunächst das automatische Platzieren von Beschriftungen und Symbolen in Karten als Forschungsgebiet beleuchtet. Es wird das Beispiel des Lagedarstellungssystems NRW aufgegriffen und es werden in diesem Zusammenhang die Kriterien zur automatischen Zeichenplatzierung in Lageskizzen abgeleitet. Es werden ein mathematisches Modell aufgestellt und der Algorithmus vorgestellt. In einer anschließenden Diskussion werden die Ergebnisse des Algorithmus im Hinblick auf ihre Rechenzeit bewertet und das Potenzial der Automatisierung dargelegt. Abschließend folgt eine kurze Zusammenfassung des Beitrages.

Automatische Zeichenplatzierung in der Kartografie

Das Versehen von Karten mit Textbeschriftungen, Symbolen und Zeichen ist bereits seit vielen Jahrzehnten ein wichtiges Forschungsgebiet der Kartenvisualisierung. Oft werden die zu platzierenden Objekte unter dem englischen Begriff Label zusammengefasst. Labels vermitteln nicht nur Informationen über enthaltene geografische Objekte, sondern verbessern auch das ästhetische Erscheinungsbild (Ahn und Freeman, 1983). Insbesondere die Übersichtlichkeit und die wahrgenommene Komplexität einer Karte hängen von der Positionierung der Labels ab (Imhof, 1975; Liao et al., 2019). Da die manuelle Label Platzierung eine sehr zeitaufwendige Aufgabe ist (Morrison, 1980), hat sich die Forschung mit dem Aufkommen digitaler Karten mehr und mehr auf die Entwicklung von Strategien zur automatischen Platzierung ausgerichtet (Yoeli, 1972; Ahn und Freeman, 1983; Hirsch, 1982).

Eine der gängigsten Strategien ist die Festlegung von Optimierungszielen und Nebenbedingungen nach grundlegenden kartografischen Prinzipien und Richtlinien. Ein etablierter Ansatz dabei ist es, die Anzahl der visualisierten Labels bei gleichzeitigem Verbot von Überschneidungen zu maximieren. Diese Strategie wird auch als Suche nach einem maximum independent set (zu Deutsch maximale unabhängige Menge) bezeichnet (Agarwal et al., 1998). Um zusätzliche kartografische Gesichtspunkte zu berücksichtigen, werden den Labels häufig Gewichte zugewiesen, die bestimmte kartografische Eigenschaften quantifizieren. Ziel ist es dann, eine überschneidungsfreie Teilmenge von Labels zu finden, die die Summe der Gewichte maximiert. In der Literatur wird dieser Ansatz oft als maximum weighted independent set (zu Deutsch maximalgewichtete unabhängige Menge) bezeichnet (Pardalos und Xue, 1994).

Selbst für einfache Szenarien, in denen quadratische Labels derselben Größe verwendet werden und alle Beschriftungen dasselbe Gewicht erhalten, ist das Finden unabhängiger Mengen ein bekanntermaßen komplexes (ein sogenanntes NP-schweres) Problem (Fowler et al., 1981).

Um solch komplexe Probleme zu lösen, werden oft Methoden der kombinatorischen Optimierung Angewendet. Ziel hierbei ist es, aus einer diskreten Menge von Lösungen eine Lösung zu finden, die bestimmte Bedingungen erfüllt und im Hinblick auf eine Zielfunktion optimal ist. Um ein Problem exakt zu lösen, also eine optimale Lösung zu erzielen, ist die lineare Optimierung ein weit verbreitetes Verfahren (Hauert und Wolff, 2017; Marín und Pelegrín, 2018; Lamm et al., 2019). Das Berechnen einer optimalen Lösung erfordert jedoch oft lange Rechenzeiten, was diese Ansätze für den Einsatz in interaktiven Anwendungen unpraktisch macht. Daher konzentrieren sich viele Autoren auf heuristische Ansätze (Luboschik et al., 2008; Yamamoto et al., 2002; Cai et al., 2018). Unter einer Heuristik versteht man im Allgemeinen eine Vorgehensweise zur Lösung eines mathematischen Problems, die in kurzer Zeit eine gute näherungsweise Lösung liefert. Auch zur

automatischen Zeichenplatzierung in Lageskizzen wird in diesem Beitrag eine Heuristik vorgestellt, die in unter einer Sekunde Lösungen erzeugt, deren Qualität hinsichtlich der gewählten Zielfunktion nah an die optimalen Lösungen heranreicht.

Neben exakten und heuristischen Verfahren gibt es noch eine dritte Kategorie von Verfahren: die Approximationsalgorithmen (Gemsa et al., 2020; Mitchell, 2021; Chuzhoy und Ene, 2016). Ähnlich wie Heuristiken lösen diese Algorithmen ein gegebenes Problem näherungsweise, garantieren aber eine Mindestqualität der Lösung.

Zeichenplatzierung in der Lageskizze als Optimierungsproblem

Um die Platzierung taktischer Zeichen in Lageskizzen automatisieren zu können, müssen zunächst eindeutige Optimierungszeile und Bedingungen festgelegt werden. Um dabei die tatsächlichen Anforderungen von Einsatzkräften bestmöglich berücksichtigen zu können, wurden von den Autoren Expertenbefragungen zur Zeichenplatzierung in Lageskizzen durchgeführt. Die Befragungen fanden online statt und es nahmen insgesamt sieben Experten aus den Bereichen Hochwasserschutz, Katastrophenschutz, Feuerwehr und Kartografie teil. Unter Vorgabe eines fiktiven Notfallszenarios (Unwetter mit Starkregen und Sturm) wurden die Experten gebeten, verschiedene Aussagen zu taktischen Zeichen und deren Positionierung zu bewerten. Die Aussagen bezogen sich dabei auf das etablierte Layout von Lageskizzen, wie es im Lagedarstellungssystem NRW verwendet wird (siehe Abbildung 1).

Hinsichtlich der Darstellung der Verbindungslinien zwischen taktischen Zeichen und ihren Positionen in der Karte stimmten die Experten überein, dass sich die Linien für eine eindeutige Assoziation nicht kreuzen dürfen. Für eine übersichtliche Darstellung und eine möglichst geringe Abdeckung der Hintergrundkarte sind zudem kurze Verbindungslinien vorzuziehen. Weiterhin stimmten die Experten zu, dass eine Gruppierung taktischer Zeichen ähnlicher oder gleicher Inhalte (z.B. verschiedene Gefahrenzeichen) zu einer übersichtlichen Visualisierung beitragen kann. Neben einer solchen semantischen Gruppierung kann auch das Gruppieren nach der Position in der Karte hilfreich sein, um Einsatzschwerpunkte schnell zu erfassen.

Sollte der Platz am Rand der Karte nicht ausreichen, um alle im Kartenausschnitt enthaltenen Zeichen darzustellen, kann es zudem sinnvoll sein, nur die relevantesten Zeichen zu platzieren.

Zu diesem Zweck wurde ein mathematisches Modell aufgestellt, das für jede Kombination einer möglichen Zeichenposition am Kartenrand (nachfolgend Slot genannt) und eines zu beschriftenden Elements im Kartenausschnitt einen Kandidaten erzeugt. Die Menge aller Kandidaten entspricht damit der Menge aller möglichen Verbindungslinien. Im Folgenden werden Verbindungslinien, die in einer aktuellen Lösung ausgewählt sind, als aktiv bezeichnet und alle nicht ausgewählten Linien als inaktiv. Zur Veranschaulichung stellt Abbildung 3 eine schematische Darstellung mit nur einem zu beschriftenden Element dar. Mit den vorhandenen zehn Slots am Kartenrand gibt es in der beispielhaften Lösung neben dem einen aktiven Kandidaten noch neun inaktive Kandidaten.

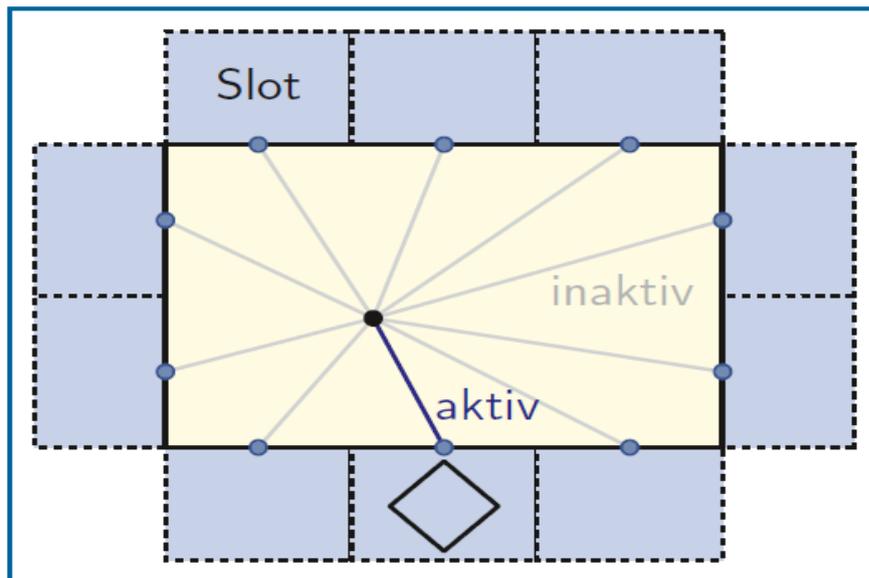


Abbildung 3: Schematische Darstellung einer Lageskizze mit nur einem zu beschriftenden Element (schwarzer Punkt). Die dunkelblaue Linie stellt den aktiven Kandidaten dar, die neun grauen Linien die inaktiven Kandidaten.

Zusammenfassend gilt es somit ein Optimierungsproblem zu formulieren, das kreuzende Verbindungslinien strikt verbietet und die folgenden Kriterien optimiert:

- $K(\text{Prio})$ priorisierte Darstellung relevanter Inhalte
- $K(\text{Länge})$ kurze Verbindungslinien
- $K(\text{Gruppe})$ Gruppierung inhaltlich ähnlicher oder räumlich naher Zeichen

Basierend auf diesem Modell wird eine Menge aktiver Kandidaten gesucht, die zu keinen Kreuzungen führt und die die Kriterien $K(\text{Prio})$, $K(\text{Länge})$ und $K(\text{Gruppe})$ optimiert. Die drei Kriterien werden dabei in einer zu maximierenden Zielfunktion modelliert, auf die an dieser Stelle nicht näher eingegangen wird. Das aufgestellte Optimierungsproblem wird im Folgenden als Auto Lageskizze bezeichnet.

Algorithmus

Die Echtzeitfähigkeit eines Algorithmus ist insbesondere für zeitkritische Anwendungen wie die Einsatzplanung in Schadenslagen unerlässlich. Das gilt auch für eine automatische Platzierung taktischer Zeichen in Lageskizzen. Müssen Einsatzkräfte auf die Erstellung einer beschrifteten Karte mehrere Sekunden oder gar Minuten warten, fällt es schwer, das automatisierte Verfahren gegenüber dem etablierten manuellen Ansatz zu rechtfertigen. Zur Lösung des Optimierungsproblems AutoLageskizze wird in diesem Beitrag daher ein heuristisches Verfahren verwendet, das in kurzer Zeit eine näherungsweise Lösung erzielt.

Die Heuristik beruht auf einer Strategie aus dem Bereich der lokalen Suche. Ausgehend von einer initialen Lösung besteht die Grundidee darin, durch lokal Änderungen in der aktuellen Lösung eine bessere Lösung zu erreichen. Ein wichtiger Aspekt dabei ist die Definition einer sogenannten Nachbarschaft. Eine Nachbarschaft definiert die Menge der Lösungen, die durch eine einzige lokale Änderung erreicht werden kann. Jede Lösung in der Nachbarschaft wird als Nachbar bezeichnet. Die lokale Suche ist ein iteratives Verfahren, bei dem in jeder Iteration ein neuer Nachbar betrachtet wird. Der Algorithmus prüft, ob diese neue Lösung in Hinblick auf die gewählte Zielfunktion besser ist. Wenn dies der Fall ist, wird der betrachtete Nachbar als neue Lösung akzeptiert. Ein solches Vorgehen wird auch als Hill Climbing (zu Deutsch Bergsteigeralgorithmus) bezeichnet. Ein Problem des Hill Climbing besteht allerdings darin, dass das Verfahren endet, sobald es keine benachbarte Lösung mehr gibt, die eine Verbesserung bewirkt. Ein solches lokales Optimum entspricht jedoch nicht unbedingt dem globalen Optimum; siehe Abbildung 4.

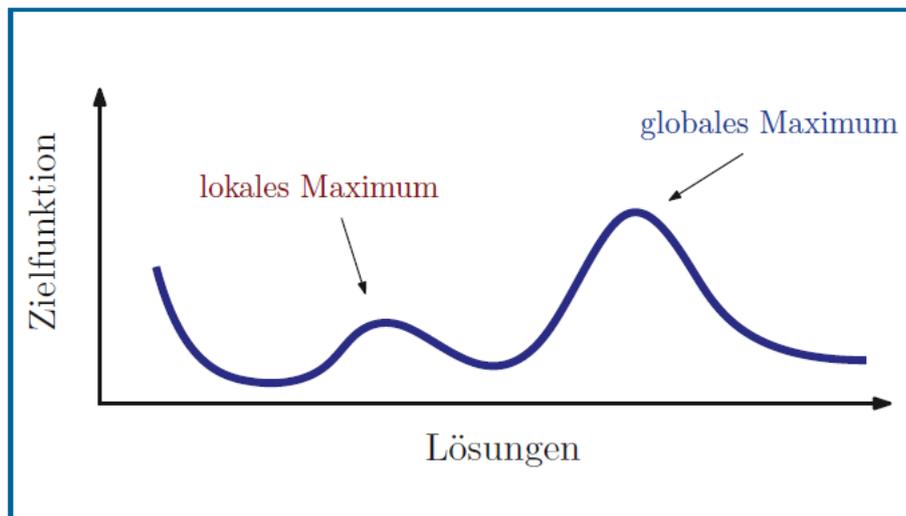


Abbildung 4: Schematische Darstellung lokaler und globaler Maxima.

Ein erweitertes Verfahren, auf welchem der hier vorgestellte Algorithmus beruht, ist Simulated Annealing (zu Deutsch simulierte Abkühlung) (Van Laarhoven und Aarts, 1987). Damit lokale Optima während des iterativen Prozesses verlassen werden können, werden mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auch Lösungen mit einer geringeren Qualität akzeptiert.

Wie der Name vermuten lässt, ist Simulated Annealing vom Abkühlungsprozess eines Materials (z.B. eines glühenden Metalls) inspiriert. Analog zur Verformbarkeit des Materials bei abnehmender Temperatur nimmt die Wahrscheinlichkeit, eine schlechtere Lösung anzunehmen, mit zunehmender Anzahl von Iterationen ab. Der Algorithmus endet, wenn eine zuvor definierte Anzahl von Iterationen erreicht ist.

Konkret bezogen auf das Problem AutoLageskizze wird die Nachbarschaft einer Lösung als die Menge aller Lösungen definiert, die durch einen Tausch erreicht werden kann. Ein Tausch beschreibt

dabei zunächst das Einfügen eines zuvor inaktiven Kandidaten in die aktuelle Lösung. Alle mit diesem in Konflikt stehenden Kandidaten werden in die Menge der inaktiven Kandidaten verschoben. Ein Beispiel für einen Tausch ist in Abbildung 5 dargestellt. In einem anschließenden Auffüllschritt wird versucht, nicht besetzte Slots aufzufüllen. Dazu werden in zufälliger Reihenfolge möglichst viele inaktive Kandidaten in die Menge der aktiven Kandidaten verschoben, ohne dass sich durch zwei aktive Kandidaten schneiden. Ob die nach dem Tausch entstandene Lösung also neue Lösung angenommen wird, hängt von der Qualität der Zielfunktion und der Wahrscheinlichkeit in der aktuellen Iteration ab.

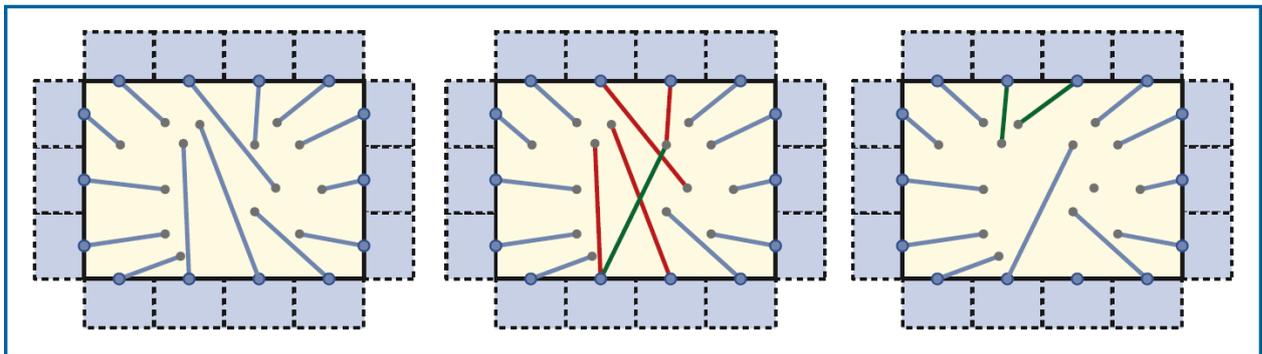


Abbildung 5: Schematische Darstellung eines Tausches. Die Lösung vor dem Tausch ist links dargestellt. In der mittleren Abbildung stellt die grüne Linie den Kandidaten dar, der in die Menge der aktiven Kandidaten eingefügt werden soll. Die roten Linien stehen in Konflikt mit diesem Kandidaten, und daher werden die zu den roten Linien gehörenden Kandidaten in die Menge der inaktiven Kandidaten verschoben. Rechts ist die Lösung nach dem Tausch dargestellt. Die grünen Linien zeigen die Kandidaten, die im Auffüllungsschritt eingefügt wurden.

Anwendung und Diskussion

Um den entwickelten Algorithmus anzuwenden und Ergebnisse beurteilen zu können, wurden 30 fiktive Lageskizzen erzeugt. Es wurden für jeweils unterschiedliche Kartenbereiche Inhalte des freien Kartendienstes OpenStreetMap extrahiert, die die mit taktischen Zeichen zu beschriftenden Elementen repräsentieren (z.B Hydranten, Sammelstellen und Notausgänge). Zudem wurden von einem der Experten bereitgestellte Daten eines realen Einsatzes verwendet, aus denen der Algorithmus die in Abbildung 2 dargestellte Lageskizze erzeugt hat.

Zur automatischen Zeichenplatzierung in den Lageskizzen wurde der vorgestellte Algorithmus zunächst auf einem Serversystem ausgeführt. Für jede der Lageskizzen erfolgte die Platzierung hierbei in unter einer Sekunde. Unter der Annahme einer Client-Server-Kommunikation bedeutet dies, dass die Platzierung der taktischen Zeichen ohne wahrnehmbare Verzögerungen erfolgt, sodass die Berechnungsphase vom Benutzer nicht bemerkt wird. Insbesondere beim Zoomen und Verschieben des Kartenbereichs gewährleistet der vorgestellte Algorithmus somit, ruckelfreie Karteninteraktionen. In realen Szenarien kann allerdings nicht immer eine stabile Verbindung zu

einem Server gewährleistet werden, z.B. bei Einsätzen in Tunneln oder in dünn besiedelten Gebieten. In solchen Fällen muss das automatische Platzieren der taktischen Zeichen auf den vor Ort verwendeten Geräten selbst erfolgen. Aus diesem Grund wurde der Algorithmus zusätzlich auf einem Tablet ausgeführt. Die Zeichenplatzierung dauerte auf dem Tablet zwischen vier und sechs Sekunden. Zwar sind bei diesen Laufzeiten keine flüssigen Karteninteraktionen mehr möglich, doch liegt die zeitliche Verzögerung in einem niedrigen Bereich. Auch ohne Verbindung zum Server können Lageskizzen somit in wenigen Augenblicken erstellt werden, ohne dass spezielle Software oder große Rechenkapazitäten erforderlich sind.

Insbesondere in zeitkritischen Einsätzen, in denen die aktuelle Lage möglichst schnell erfasst und überblickt werden muss, kann die automatische Zeichenplatzierung wichtige Zeit einsparen. Dieser Vorteil beschränkt sich dabei nicht nur auf die Einsatzkräfte vor Ort, sondern lässt sich auf alle Führungsstufen übertragen. Auch übergeordnete Ebenen wie die Verbands- und Stabsarbeit werden auch den entfallenden Arbeitsschritt des manuellen Platzierens entlastet. Die Verwendung eines Algorithmus ermöglicht es zudem, die Lageskizzen automatisch auf die unterschiedlichen Anforderungen der Führungsstufen anzupassen. Während es beispielsweise für die Zugführer vor Ort wichtig ist, dass der Standort jedes Einsatzfahrzeuges beschriftet ist, reicht es für den Führungsstab aus, die Fahrzeuge als einen Löschzug zusammenzufassen. Je nach Führungsstufe bietet der vorgestellte Algorithmus das Potenzial, Lageskizzen zu generalisieren.

Die Autoren weisen zudem darauf hin, dass das automatische Platzieren der taktischen Zeichen eine anschließende manuelle Bearbeitung nicht ausschließt. Vielmehr ist der vorgestellte Algorithmus als eine Ergänzung der bestehenden digitalen Systeme zu verstehen (siehe Bernsdorf und Fritze, 2016; Lamers und Fortkamp, 2019). Die automatisch mit Zeichen versehenen Lageskizzen können als Initiallösungen verwendet werden, die je nach Bedarf durch den Nutzer flexibel angepasst werden können.

Zusammenfassung und Ausblick

Obwohl Feuerwehren und Katastrophenschutz mittlerweile vermehrt auf digitale Angebote zur Visualisierung von Lageskizzen zurückgreifen, erfolgt die Platzierung taktischer Zeichen weiterhin überwiegend manuell. Der vorliegende Beitrag hat in diesem Zusammenhang das Potenzial adressiert, das mit einer automatischen Platzierung der Zeichen einhergeht. Basierend auf dem Layout des Lagedarstellungssystems NRW wurde in diesem Beitrag ein Algorithmus vorgestellt, der unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien automatisch taktischen Zeichen am Kartenrand platziert.

Es wurde dargelegt, dass der Algorithmus unter Annahme einer Client-Server-Kommunikation die Zeichenplatzierung in weniger als einer Sekunde durchführt und sich damit auch für interaktive Anwendungen eignet. Selbst in Szenarien, in denen eine stabile Serververbindung nicht garantiert werden kann, erfolgt die Platzierung innerhalb weniger Sekunden auf einem Standard-Tablet. Gerade hinsichtlich zeitkritischer Einsätze argumentieren die Autoren, dass der Übergang

von der manuellen zur automatischen Platzierung über alle Führungsstufen hinweg Zeitressourcen sparen und Einsatzkräfte entlasten kann.

Für eine weiterführende Entwicklung des Algorithmus ist es denkbar, zusätzlich die unterschiedlichen Ansprüche verschiedener Führungsstufen zu modellieren, dabei sollte es insbesondere möglich sein, eine gegebene mit taktischen Zeichen versehene Lageskizze automatisch für höhere Ebenen generalisieren zu können.

Um weiterhin die Praxistauglichkeit beurteilen zu können, sollten Feldtests unter realen Bedingungen durchgeführt werden. Beispielsweise könnte der vorgestellte Algorithmus in Einsatzsimulationen angewendet und anschließend Feedback der beteiligten Einsatzkräfte eingeholt werden. Mögliche Empfehlungen und Verbesserungsvorschläge könnten somit direkt identifiziert und anschließend integriert werden.

Literatur

Agarwal, Pankaj K.; Marc van Kreveld & Subhash Suri (1998): Label Placement by Maximum Independent Set in Rectangles, in: *Computational Geometry* 11 (3-4), 209-218.

Ahn, John & Herbert Freeman (1983): A Program for Automatic Name Placement, in: *Proc. of the 6th International Symposium on Automated Cartography (Auto Carto Six)*, 444-453.

Bernsdorf, Bodo & Holger Fritze (2016): Digitale Karten und eine geodatenbasierte Lageskizze für den Feuerwehreinsatz, in: *Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V.*, 65 (4), 171-183.

Cai, Shaowei, Wenying Hou, Jinkun Lin & Yuanjie Li (2018): Improving Local Search for Minimum Weight Vertex Cover by Dynamic Strategies, in: *Proc. of the International Joint Conferences on Artificial Intelligence Organization (IJCAI'18)*, 1412-1418.

Chuzhoy, Julia & Alina Ene (2016): On Approximating Maximum Independent Set of Rectangles, in: *Proc. of the IEEE 57th Annual Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS'16)*, 820-829.

Endsley, Mica R. (1995): Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems, in: *Human Factors* 37 (1), 32-64.

Fowler, Robert J., Michael S. Paterson & Steven L. Tanimoto (1981): Optimal Packing and Covering in the Plane are np-Complete, in: *Information Processing Letters* 12 (3), 133-137.

Gemsa, Andrea, Benjamin Niedermann & Martin Nöllenburg (2020): A Unified Model and Algorithms for Temporal Map Labeling, in: *Algorithmica*, 82 (10), 2709-2736.

Hauert, Jan-Henrik & Alexander Wolff (2017): Beyond Maximum Independent Set: An Extended Integer Programming Formulation for Point Labeling, in: *ISPRS International Journal of Geo-Information* 6 (11), 342.

- Hirsch, Stephen A. (1982): An Algorithm for Automatic Name Placement Around Point Data, in: *The American Cartographer* 9 (1), 5-17.
- Imhof, Eduard (1975): Positioning Names on Maps, in: *The American Cartographer* 2 (2), 128-144.
- Lamers, Christoph & Andras Denker (2022): Methoden der Visualisierung in Führungsstäben der Feuerwehr, in: Gesine Hofinger & Rudi Heimann (Hrsg.) *Handbuch Stabsarbeit*, 319-325.
- Lamers, Christoph & Guido Fortkamp (2019): Stabsausbildung auf der Höhe der Zeit, in: *Brand-schutz/Deutsche Feuerwehr-Zeitung* 73 (1), 7-11.
- Lamm, Sebastian, Christian Schulz, Darren Strash, Robert Williger & Huashuo Zhang (2019): Exactly Solving the Maximum Weight Independent Set Problem on Large Real-World Graphs, in: *Proc. of the Twenty-First Workshop on Algorithm Engineering und Experiments (ALENEX'19)*, 144-158.
- Liao, Hua, Xueyuan Wang, Weihua Dong & Liqiu Meng (2019): Measuring the Influence of Map Label Density on Perceived Complexity: A User Study Using Eye Tracking, in: *Cartography and Geographic Information Science* 46 (3), 210-227.
- Luboschik, Martin, Heidrun Schumann & Hilko Cords (2008): Particle-Based Labeling: Fast Point-Feature Labeling Without Obscuring Other Visual Features, in: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 14 (6), 1237-1244.
- Marín, Alfredo & Mercedes Pelegrín (2018): Towards Unambiguous Map Labeling-Integer Programming Approach and Heuristic Algorithm, in: *Expert Systems with Applications*, 98, 221-241.
- Mitchell, Joseph S. (2021): Approximating Maximum Independent Set for Rectangles in the Plane, in: *IEEE 62nd Annual Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS'21)*, 339-350.
- Morrison, J. L. (1980): Computer Technology and Cartographic Change, in: D. R. F. Taylor (Hrsg.), *The Computer in Contemporary Cartography*, New York: J. Hopkins Univ. Press.
- Pardalos, Panos M. & Jue Xue (1994): The Maximum Clique Problem, in: *Journal of Global Optimization* 4 (3), 301-328.
- Van Laarhoven, Peter J. & Emile H. L. Aarts (1987): *Simulated Annealing: Theory und Applications*, Dordrecht: Springer Science+Business Media.
- Yamamoto, Missae, Gilberto Camara & Luiz A. N. Lorena (2002): Tabu Search Heuristic for Point-Feature Cartographic Label Placement, in: *GeoInformatica* 6 (1), 77-90.
- Yoeli, Pinhas (1972): The Logic of Automated Map Lettering, in: *The Cartographic Journal* 9 (2), 99-108.

[Link zum Vortrag](#)

<https://thga.sciebo.de/s/rkmpUGcXvOoBl43>

Luftbildgestützte Erkennung kritischer Gefahrenobjekte mittels synthetisch generierter Trainingsdaten und Deep Learning

Michael Hieb⁽¹⁾, Iris Gräßler⁽¹⁾, Jens Pottebaum⁽¹⁾, Ivana Kruijff⁽²⁾, Martin Stampa⁽²⁾ und Nicola Rupp⁽²⁾

(1) Universität Paderborn

(2) Deutsche Rettungsrobotik-Zentrum

Hinweis:

Dieser Artikel wurde aus organisatorischen Gründen nicht eingereicht.

Link zum Vortrag

<https://thga.sciebo.de/s/H1DoQadcNaBwpkZ>

Sensordatenfusion und GIS-basierte Ansätze zur Reduktion von Emissionen und Risiken bei Produktions- und Speicherstandorten der Öl- und Gasindustrie

Benjamin Haske^(1, 2), Bodo Bernsdorf⁽¹⁾ und Tobias Rudolph⁽¹⁾

(1) Technische Hochschule Georg Agricola

(2) Technische Universität Bergakademie Freiberg

Abstract

Der Artikel beschreibt ein Geomonitoring-Konzept für Speicherstandorte der Öl- und Gasindustrie sowie die Schritte der Datengewinnung und –fusion. Im Hinblick auf die Anlagensicherheit und den Umwelt- und Klimaschutz sind solche Standorte vulnerable Elemente der kritischen Infrastruktur. Undichtigkeiten in gastechnischen Anlagen führen zum Freiwerden großer Mengen Treibhausgase, austretendes Öl zu erheblichen Umweltschäden. Die Integrität solcher Anlagen spielt damit eine Rolle im Brand- und Katastrophenschutz.

Der Artikel konzentriert sich auf die Datenebenen und deren Integration über den Raumbezug in BigData-artige Geo-Informationssysteme. Abgeleitet aus klassischen Geomonitoring-Konzepten wird ein Versuch unternommen diese auf die Speicherstandort-Überwachung zu übertragen. Elemente sind In-situ-Sensoren, eine Drohnen- und eine Satellitenebene und deren Integration in den multidimensionalen, raumzeitlichen Tensor. In Abgrenzung zu bisherige Monitoring-Verfahren der Beitrag zum Brand- und Katastrophenschutz bewertet.

Es handelt sich um einen projektbezogenen Versuch, weshalb sich der faktische Nutzen nicht belegen lässt. Im Ausblick wird beschrieben, wie in weiteren Arbeitsschritten eine größere Sicherheit zum Nutzen des Konzeptes erreicht werden soll.

Einführung

Allgemein

Der fortschreitende Klimawandel fordert den Feuer- und Katastrophenschutz durch zunehmende Extremwetterereignisse immer stärker, vor allem in Waldbrand- und Starkregenszenarien. Wesentliche Treiber dieses Klimawandels sind Treibhausgase, wobei in der allgemeinen Diskussion Kohlenstoffdioxid (CO₂) am häufigsten genannt wird, da es vor allem bei der Verbrennung fossiler Energierohstoffe entsteht. Als Brückentechnologie zur Sicherstellung der Energie- und Wärmeversorgung in Deutschland nach dem Atom- und Kohleausstieg wurde lange das vergleichsweise optimal zu verbrennende Erdgas genannt. Erdgas besteht jedoch zu großen Teilen aus Methan

(CH₄), das selbst wiederum eine etwa 25-fach größere Treibhauswirkung als Kohlenstoffdioxid hat (Umweltbundesamt, 2022). „Deshalb gibt es zunehmende internationale Bestrebungen zur Senkung dieser Emissionen, insbesondere auch im Umfeld der Öl- und Gasindustrie“ (Böttcher, 2022).

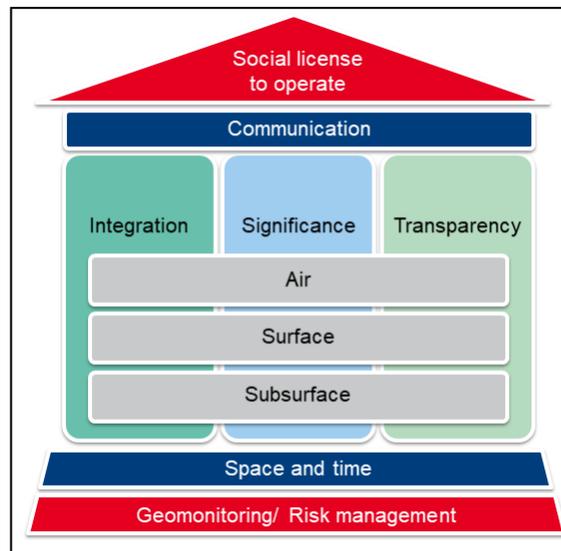


Abbildung 1: Der doppelte Dreieck des Geomonitorings als Grundlage für die Kommunikation und die soziale Verantwortung der Betreiber bergbaulicher und industrieller Anlagen (Goerke-Mallet et al. 2020).

Die kontinuierliche Weiterentwicklung von Methoden zur Vermeidung von Emissionen ist daher ein wichtiger Teil der sicherheitstechnischen und gesellschaftlichen Betreiberverantwortung (Abbildung 1) in der Öl- und Gasindustrie und hat unmittelbare Auswirkungen auf den Feuer- und Katastrophenschutz. Im Forschungszentrum Nachbergbau werden dazu interdisziplinäre Ansätze aus Fernerkundung und geowissenschaftlichen Methoden genutzt, um Sicherheitslösungen für kritische Infrastrukturen und Nachbergbau-Landschaften zu entwickeln (Forschungszentrum Nachbergbau 2020a). „Die Nutzung modernster Satelliten- und Drohnentechnologie soll dabei etablierte Verfahren nicht ersetzen, sondern sinnvoll ergänzen sowie effektiver und effizienter gestalten“ (Haske et al. 2021, Haske et al. 2022). Das Monitoring umfasst dabei die Anlagen selbst, aber auch Bohrungen, Pipelines und die Umgebung. „Die Detektion ungewollter Emissionen erfolgt entweder direkt (z.B. durch UAV-gestützte Thermal- oder Gaskameras; Bernsdorf et al. 2020) oder indirekt“ (z.B. durch satellitengestütztes, multispektrales Vegetationsmonitoring Bernsdorf et al. 2023) „und wird durch klassische geowissenschaftliche Methoden und Messungen vor Ort (In-Situ) ergänzt und validiert“.

„Es hat sich gezeigt, dass eine umfassende Sicherheitsüberwachung die Verwendung verschiedener Datenquellen und Sensortypen erfordert“ (Haske 2021). Diese Daten müssen in einem mehrstufigen Prozess gemeinsam analysiert, zusammengeführt und in einem 4-dimensionalen, raumzeitlichen Kontext interpretiert werden. Der gemeinsame Nenner hierbei ist die hochgenaue Geolokalisierung der verschiedenen Datenquellen, die eine gemeinsame, GIS-basierte Auswertung ermöglicht.

Durch die Schaffung klar strukturierter und benutzerfreundlicher Web-Oberflächen können diese Auswertungen auch Personen ohne geowissenschaftlichen Hintergrund zur Verfügung gestellt werden, um diese Echtzeit-Analysen für Überwachungsaufgaben, Entscheidungsprozesse oder transparente Öffentlichkeitsarbeit (Rudolph et al. 2023) zu nutzen.

Der Grad der Informationsweitergabe ist dabei granular einstellbar, sodass interne Unternehmensdaten geschützt bleiben.

Monitoring aktuell

Der Artikel wurde motiviert durch Anfragen aus der Gasindustrie. Ein Problem bei der effizienten Schadensdetektion ist – laut Aussage eines Betriebsleiters - die bisherige Systematik sowie die an sich geringen gesetzlichen Vorgaben. Da mit hohen Drücken bis zu 200 bar gearbeitet wird, sind große Schäden schnell akustisch zu lokalisieren. Kleinere Schäden fallen dabei nicht einfach auf. Vorgeschrieben sind daher regelmäßige visuelle Sichtprüfungen. Bei Auffälligkeiten kommen Gasspürgeräte und klassisches Lecksuchspray zum Einsatz. Betrachtet man eine gastechnische Anlage mit tausenden von Flanschen und Kilometerlangen Leitungen ist das ein aufwendiger, personalintensiver und teurer Prozess. Eine modernere Variante ist die Detektion von Störungen über anlagentechnische Ansätze. Hier sind kommen Druck- und andere Sensoren zum Einsatz, wie sie auch bei Doshmanziari et al. 2020 oder Rao et al. 2012 beschrieben sind. Auch hier muss bei Auffälligkeiten mühsam gesucht werden, wenn sich auch Anlagenbereiche oder Leitungsschnitte besser eingrenzen lassen. Für Transportleitungen gibt es wenig Auflagen. Einmal jährlich erfolgt eine Sichtprüfung per Helikopter. Nur selten kommt aufgrund der hohen Kosten ein DLR-Konzept, der CHARM®-Helikopter, zum Einsatz, der in der Lage ist, über Lasermessungen Methanmoleküle zu detektieren (DLR, ohne Datum, OGE, ohne Datum).

Die Zwischenebene wird in seltenen Fällen abgedeckt. Hierzu wird bodengestützt ein Gasspürgerät auf einem Fahrzeug montiert und das Gelände oder die Strecken entlang einer Pipeline abgefahren. Das Gerät ist mit einem GNSS-Sensor ausgestattet, so dass im Postprozessing Peaks gut zu lokalisieren sind.

Vorgehen

„Monitoringkonzepte, wie in diesem Fall zur Reduktion von Emissionen und Risiken bei Produktions- und Speicherstandorten der Öl- und Gasindustrie, sind grundsätzlich standortspezifisch und anwendungsorientiert aufzubauen“ (Doshmanziari et al. 2020, Rao et al. 2012). Am Forschungszentrum Nachbergbau hat sich für die Entwicklung jedoch eine einfache Methodik herauskristallisiert:

Zunächst wird umfangreiches Standortwissen und Prozessverständnis durch die Nutzung offener Datenquellen (z.B. die Geoportale des Bundes und der Länder), Daten von beteiligten Stakeholdern (Unternehmen, Behörden, Kommunen) sowie eigene Messungen geschaffen. Dies ist wichtig für die spätere Auswertung der Monitoring-Daten, schafft Transparenz bei allen Beteiligten und vermindert Fehlinterpretationen.

Für die Validierung der später zu integrierenden Fernerkundungsdaten werden Bodenkontrollpunkte (Ground Control Points, GCP) identifiziert oder selbst über hochpräzise Messungen angelegt. Danach werden die für den jeweiligen Anwendungsfall zu nutzenden Sensoren und

Plattformen identifiziert und in das Konzept eingearbeitet. Hierbei sollten sie so gewählt werden, dass sie ihre Stärken und Schwächen im Bereich der räumlichen, zeitlichen und spektralen Auflösung gegenseitig ergänzen und ausgleichen sowie zu den erwartenden Schadensereignissen oder Emissionen passen (Haske 2021).

Abschließend werden automatisierte Workflows erstellt, die die anfallenden Fernerkundungsdaten analysieren, validieren und im Schadensfall entsprechende Maßnahmen einleiten. Die Lagedarstellung erfolgt hierbei in einem einfach zu bedienenden Web-GIS. Das Ziel ist hierbei eine mehrstufige, multitemporale Überwachung des jeweiligen Standortes (Abbildung 2).

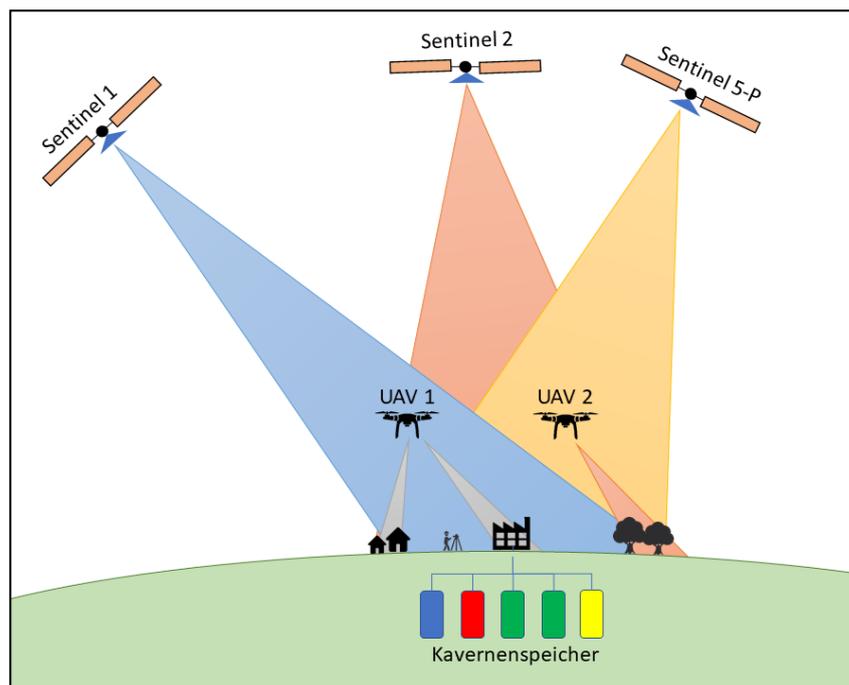


Abbildung 2: Mehrstufiges Monitoring-Modell zur Überwachung von Produktions- und Speicherstandorten der Öl- und Gasindustrie, hier am Beispiel eines unterirdischen Kavernenspeichers. Die Farben der symbolisch dargestellten Kavernen bezeichnen unterschiedliche Medien, die gelagert werden (bspw. Methan, Erdöl, diverse Gase wie Helium, etc.) (Haske, Rudolph, & Bernsdorf, 2021).

Ergebnisse

Wie bereits im vorherigen Kapitel erwähnt, ist der Aufbau des jeweiligen Monitoringkonzepts immer individuell an den Standort und seine besonderen Eigenschaften hinsichtlich Topographie, Geologie, Landnutzung und möglicher Gefahrenquellen anzupassen. In diesem Artikel werden die Ergebnisse aus dem vom BMBF geförderten Projekt KaMonSys (Monitoringsystem für die Anlagen- und Versorgungssicherheit von Kavernenspeichern mittels Satelliten- und Kopterdaten) dargestellt Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2020). Hier hat das Forschungszentrum Nachbergbau zusammen mit dem Projektpartner EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH und den assoziierten Partnern Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.,

Salzgewinnungsgesellschaft Westfalen mbH und Uniper Energy Storage GmbH ein Monitoringssystem für einen der größten unterirdischen Speicher für Öl- und Gas in Europa erstellt (Forschungszentrum Nachbergbau 2020b).

In der Folge werden die am Integrations- und Analyseprozess beteiligten Datenebenen dargestellt. Hierbei spielt jede Datenebene ihre Stärken aus – bringt aber auch Schwächen ins System ein. Statische kartographische Informationen der WebDienste liefern den Raumbezug, aber die Situation zum Zeitpunkt der Datenerhebung und werden durch dynamische Satelliten- oder Drohendaten ergänzt. Bezüglich der geometrischen Bodenauflösung benachteiligte Satellitendaten liefern einen kleinmaßstäbigen Überblick über große Areale, können aber Details nicht erkennen. Die Drohnenebene wiederum kann lediglich kleinräumig eingesetzt werden dafür in großen Maßstäben mit hoher geometrischer Auflösung. Ziel eines Monitoringsystems muss es also sein, auf alle Datenebenen zugreifen zu können, aber in jedem Einzelfall auch einzeln agieren zu können (etwa Satelliten im Bereich der regelmäßigen Beobachtung und der Frühwarnung, Drohnen in der Detailbetrachtung bspw. von Undichtigkeiten an Bauwerken). In einer Multirisikobetrachtung können diese Ebenen in unterschiedlichen Phasen des Monitoring-Konzeptes „zusammengeschaltet“ werden, was einem Ablauf des Analytical Hierarchy Prozess (AHP) entspricht Saaty 2012).

Initiale Datenerfassung

Durch die Nutzung eigener Mess- und Archivdaten, Daten von Projektpartnern sowie einer Vielzahl offener Datenquellen kann in kürzester Zeit ein sehr großer Geodatenpool zusammengestellt und für die Schaffung eines Standortverständnisses genutzt werden (Abbildung 3). Besonders hervorzuheben ist dabei die umfangreiche und offene Datenbereitstellung durch die Geobasis NRW (Bezirksregierung Köln 2023) mit den räumlich, zeitlich und thematisch vielfältigen Daten, die unter der "Datenlizenz Deutschland - Zero" bereitgestellt werden. Durch die Geobasis NRW wird vorbildlich die INSPIRE-Initiative der Europäischen Kommission umgesetzt, die das Ziel hat, eine europäische Geodateninfrastruktur für die Zwecke einer gemeinschaftlichen Umweltpolitik zu schaffen (European Union 2007).

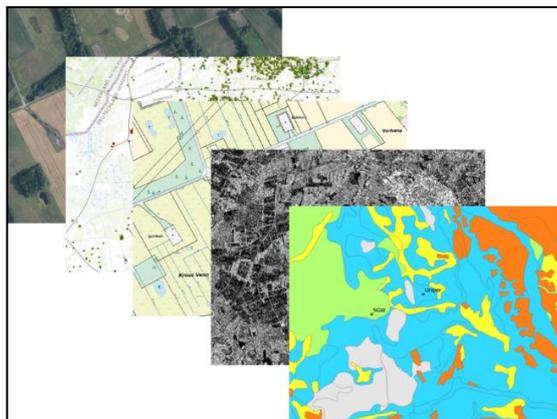


Abbildung 3: Beispielhafte Überlagerung verschiedener, für die Evaluierung des Projektstandortes genutzter Datensätze: Von hinten nach vorne: Digitale Orthofotos, ESRI Grundkarte mit Daten des

Bodenbewegungsdienstes, Digitale Topographische Karte 1:10.000, Radaraufnahme (Sentinel-1), Informationssystem Bodenkarten 1:50.000 mit den Standorten der assoziierten Projektpartner (Haske et al. 2021).²

Anhand der Vielzahl verfügbarer Datenquellen wurden im Projekt KaMonSys im Anschluss diejenigen ausgewählt, die für ein umfassendes Verständnis der geologischen, biogenen und anthropogenen Über- und Untertage-Situation des Speicherstandorts erforderlich sind. In einem arbeitsintensiven Prozess wurden die Daten, die in unterschiedlichsten Formaten vorlagen, evaluiert, homogenisiert und für die GIS-basierte Nutzung aufbereitet.

„Diese Daten liegen in der heutigen Zeit nicht mehr nur als 2D-Projektion vor, sondern können in vielen Fällen auch für aussagekräftige 3D-Darstellungen genutzt werden“ (Abbildung 4)(Haske 2023a).

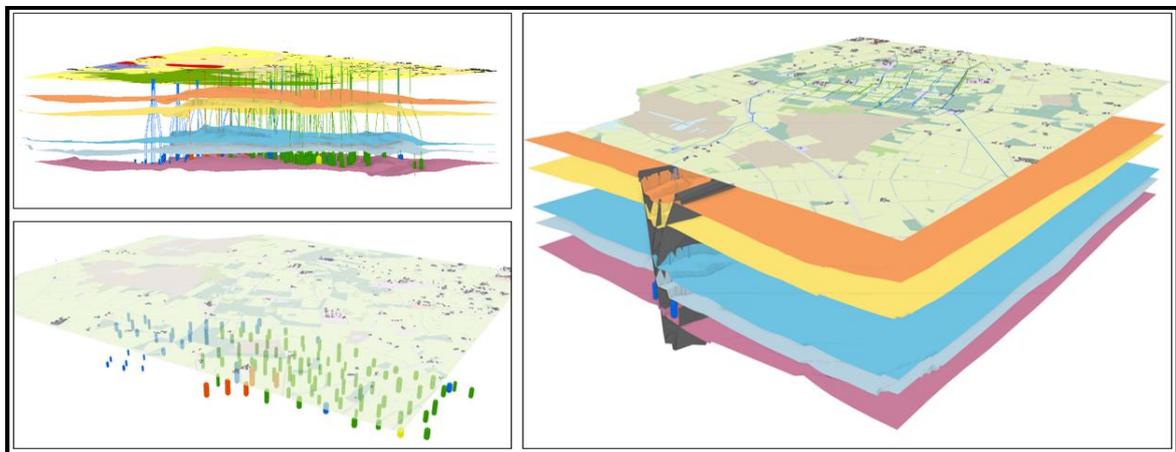


Abbildung 4: 3D-GIS aus offenen und von den Projektpartnern bereitgestellten Geodaten. Oben links: Seitenansicht mit Bohrungen, geologischen Schichten und Kavernen (blau = Sole, grün = Erdgas, rot = Erdöl, gelb = Helium). Unten links: Transparente Schrägansicht mit allen Daten, inklusive geologischen Störungen. Die Datenlücke markiert die Grenze zu den Niederlanden. Unten rechts: 3D-Aufsicht auf das Projektgebiet (Haske 2023b).

Satellitensegment

Aufgrund der großen raumzeitlichen Auflösung ist für ein langfristiges und weiträumiges Geomonitoring, wie es für das Risikomanagement in der Öl- und Gasindustrie benötigt wird, insbesondere die Satellitenfernerkundung interessant. Die Verfügbarkeit von aktuellen Fernerkundungsdaten unterliegt dabei einem ständigen Wandel. Bedingt durch den technischen Fortschritt in den Bereichen der Sensor-, Luft- und Raumfahrttechnik werden immer wieder neue Datenquellen erschlossen, während andere aufgrund veralteter Technik uninteressant oder unwirtschaftlich werden. Aufgrund ihrer vergleichsweise guten Sensorik, moderner Technik sowie freier Datennutzung bieten sich vor allem die Daten des europäischen Copernicus-Programms

² Aus Datenschutzgründen wurde auf dieser und den folgenden Abbildungen auf die Verwendung von Nordpfeil, Maßstab und Koordinatengitter verzichtet.

der ESA an (European Space Agency, kein Datum). Andere, kommerzielle Satellitenkonstellationen können zwar oft eine höhere Auflösung bieten, kommen aber aufgrund der hohen Kosten für ein langfristiges Monitoring nicht in Frage. Zur Reduktion von Emissionen und Risiken bei Produktions- und Speicherstandorten der Öl- und Gasindustrie sind vor allem die drei Systeme Sentinel-1, Sentinel-2 und eingeschränkt Sentinel-5P von Nutzen (Abbildung 7).

Sentinel-1

Das System wurde mit zwei Satelliten gestartet, zwei weitere Starts sind geplant. Die Satelliten fliegen um 180° versetzt in 683 km Höhe auf einem nahpolaren, sonnensynchronen Orbit und nehmen dabei jeden Punkt der Erde alle 6 Tage mit einem C-Band SAR-Sensor (Synthetic Aperture Radar) auf (European Space Agency, kein Datum). Durch den Ausfall von Sentinel-1B im Jahr 2022 kann dieser Rhythmus zurzeit nicht beibehalten werden. Der Sensor kann geschwenkt und fokussiert werden, so dass je nach Anwendungszweck unterschiedliche Blickwinkel, Auflösungen und Schwadbreiten genutzt werden können.

„Durch die InSAR-Auswertung (Interferometric Synthetic Aperture Radar; deutsch: Radarinterferometrie) können insbesondere Bodenbewegungen hochgenau erfasst werden“ (Hanssen 2001), so dass es mittlerweile zu einem Standardverfahren in diesem Bereich geworden ist (Adam et al. 2020). Es kann zwar keinen direkten Rückschluss auf schädliche Emissionen geben, aber Schäden an Pipelines oder Anlagen durch Bodenbewegungen eventuell rechtzeitig vorhersagen. Im Bereich Epe kann beispielsweise die Senkungsmulde der Kavernenspeicher mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung überwacht werden (Abbildung 5). Am Forschungszentrum Nachbergbau wird zurzeit außerdem auch daran geforscht, die Daten von Sentinel-1 für ein Bodenfeuchte-Monitoring zu nutzen (e.g. Yin et al. 2022).

Sentinel-2

Das Satelliten-Tandem Sentinel-2 besteht aus zwei baugleichen Systemen, die wie Sentinel-1 um 180° versetzt auf einem sonnensynchronen Orbit fliegen. Die hochauflösenden passiven CMOS-Sensoren nehmen aus 786 km Flughöhe Daten in insgesamt 12 Spektralbändern (von 442,7 nm bis 2202,4 nm) auf, die unter anderem für den Klimaschutz sowie für das Katastrophen- und Krisenmanagement genutzt werden können (European Space Agency kein Datum). „Insbesondere durch die Berechnung von Vegetationsindizes „(Pawlik et al. 2021), „die außer dem sichtbaren Licht auch Infrarotkanäle nutzen, können indirekte Effekte von Emissionen schnell erkannt werden“ (Köhler 2019). Austretende Gase oder Erdöl können in kurzer Zeit zu Vegetationsschäden führen. Über einen Vorher-Nachher-Vergleich zweier Satellitenszenen in kurzem Abstand kann die Vegetationsveränderung abgeschätzt (Abbildung 6) und über eine gaußsche Normalverteilung atypische Änderungen erkannt werden. „Tritt binnen kurzer Zeit eine starke Verschlechterung im räumlichen Zusammenhang mit Pipelines oder technischen Anlagen auf, kann dies auf eine Leckage hindeuten“ (Haske 2023a). In den meisten Fällen handelt es sich jedoch um False-Positives, wie zum Beispiel kurz vorher abgeerntete Felder oder Bauarbeiten. Das vorab geschaffene Standortwissen sowie eine nähere Inspektion per Drohne oder Befahrung können hier Aufschluss geben.

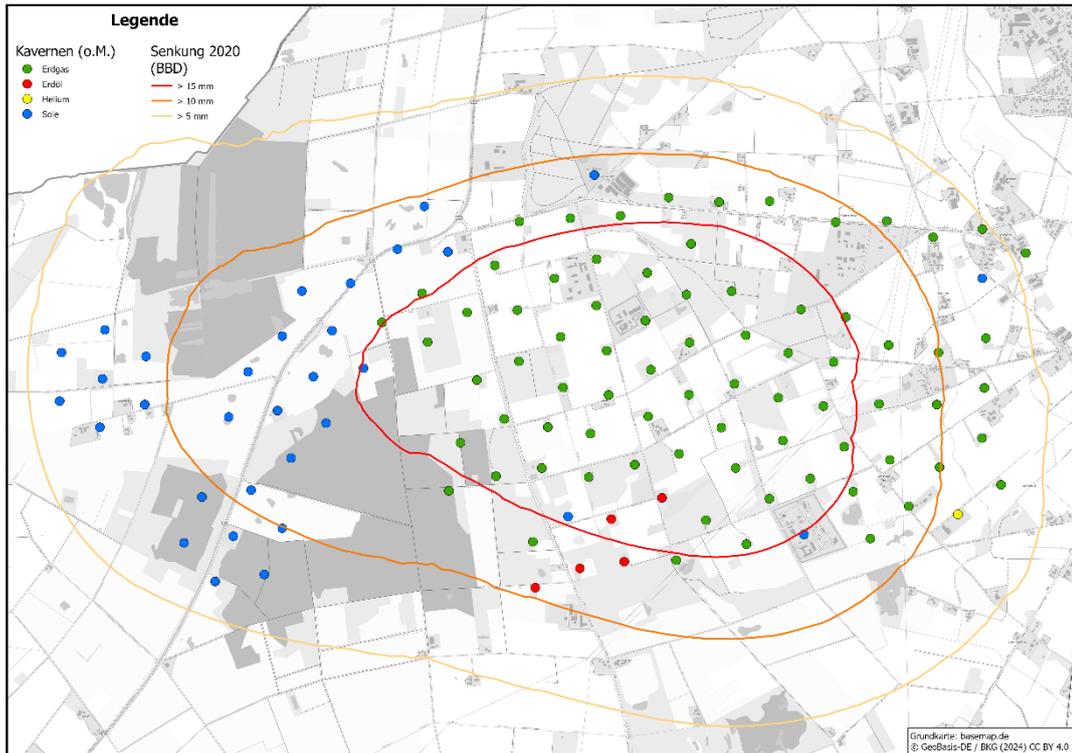


Abbildung 5: Für ein Jahr berechnete Senkungsmulde über dem Kavernenfeld Epe aus Daten des Bodenbewegungsdienstes Deutschland (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 2021) (InSAR-Auswertung von Sentinel-1 Daten)(Haske 2023a).

Sentinel-5P

Bei Sentinel-5P (Precursor) handelt es sich um die Vorläufer-Mission von Sentinel-5, die bis zu dessen Betrieb die Datenlücke des ausgefallenen Envisat schließen soll. Der einzelne Satellit bewegt sich in einem sonnensynchronen Orbit auf 824 km Höhe. Das an Bord befindliche Tropospheric Monitoring Instrument (TROPOMI) nimmt jeden Punkt der Erde in einem 16-tägigen Zyklus auf (European Space Agency kein Datum), um verschiedene Gaskonzentrationen in der Atmosphäre zu messen (Abbildung 7). Da die Auflösung jedoch mehrere Kilometer beträgt, eignet es sich für die Suche nach lokalen Emissionsquellen nur sehr bedingt. Im Laufe der 2-jährigen KaMonSys-Laufzeit konnten im Bereich Gronau-Epe keine Events festgestellt werden.

Das Verfahren konnte an einem realen Fallbeispiel (Ölunfall an der Druschba-Pipeline in Polen am 12.10.2022, Köppe 2022) validiert werden.

Drohnensegment

Seit einigen Jahren werden für Monitoring-Aufgaben immer häufiger unbemannte Flugsysteme (Unbemanntes Luftfahrzeug, UAS (Deutsches Institut für Normung e.V. 2018), umgangssprachlich und im weiteren Text "Drohnen" genannt, eingesetzt. Im Gegensatz zu Flugzeugen, Helikoptern und Satelliten bieten sie flexiblere Einsatzmöglichkeiten, geringere Flugkosten sowie durch niedrigere Flughöhen deutlich höhere Auflösungen. Dem entgegen stehen rechtliche Aspekte (Flugverbotszonen, Genehmigungen), wetterbedingte Restriktionen, eine geringere

räumliche Abdeckung und die mit diesen Punkten einhergehende, geringe zeitliche Auflösung. „Um diese Vor- und Nachteile auszugleichen, sollten Drohnen- und Satellitendaten daher immer gemeinsam für das Monitoring verwendet werden“ (Haske 2021). Die regelmäßigen Satellitenbilder können so durch die räumlich hoch aufgelösten Drohnenaufnahmen "geschärft" werden (Abbildung 8). Beide Datenquellen können sich durch ihre hochgenaue Georeferenzierung gegenseitig validieren.

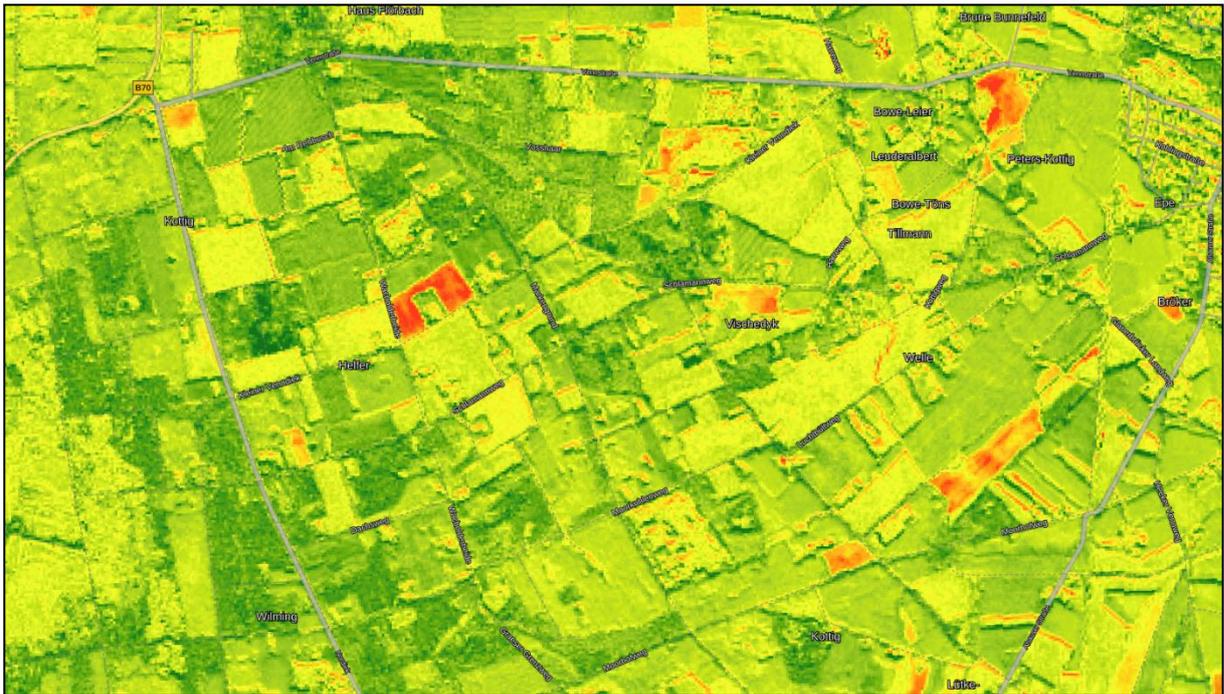


Abbildung 6: Berechnung der Änderung der Vegetationsgüte (MSAVI, Modified Soil Adjusted Vegetation Index) zwischen zwei Satellitenaufnahmen des Kavernenfeldes im Frühjahr. Grün = Verbesserung, Gelb = Gleichbleibend, Rot = Verschlechterung (Haske 2023a).

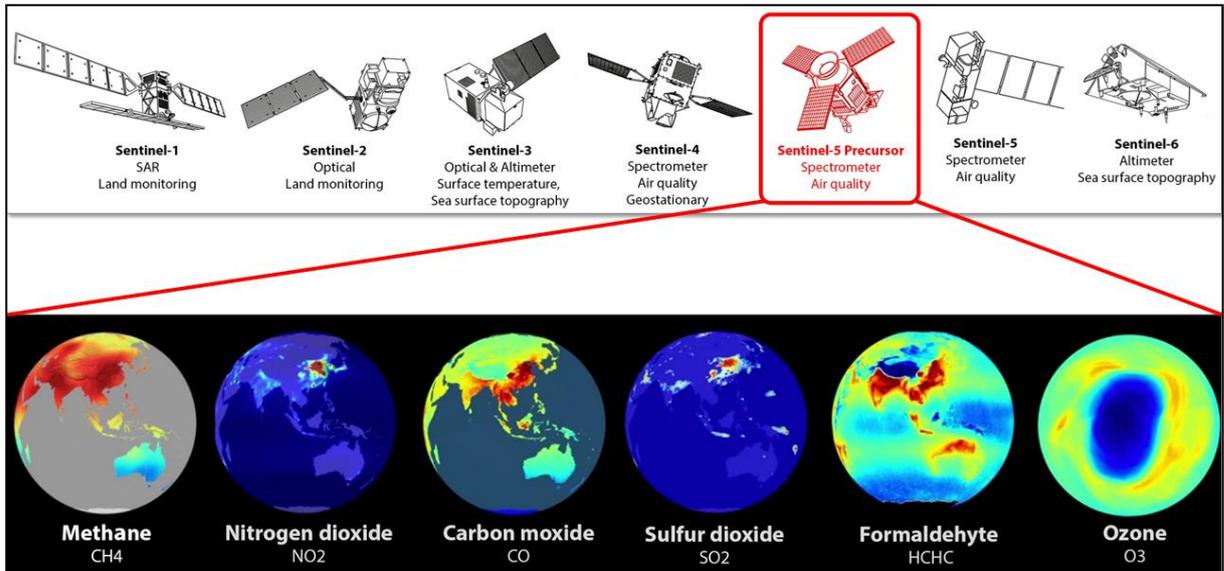


Abbildung 7: Die Sentinel Satelliten des europäischen Copernicus Programms. Im Fokus: Die Sensorik von Sentinel-5P, bearbeitet nach (European Space Agency, kein Datum).

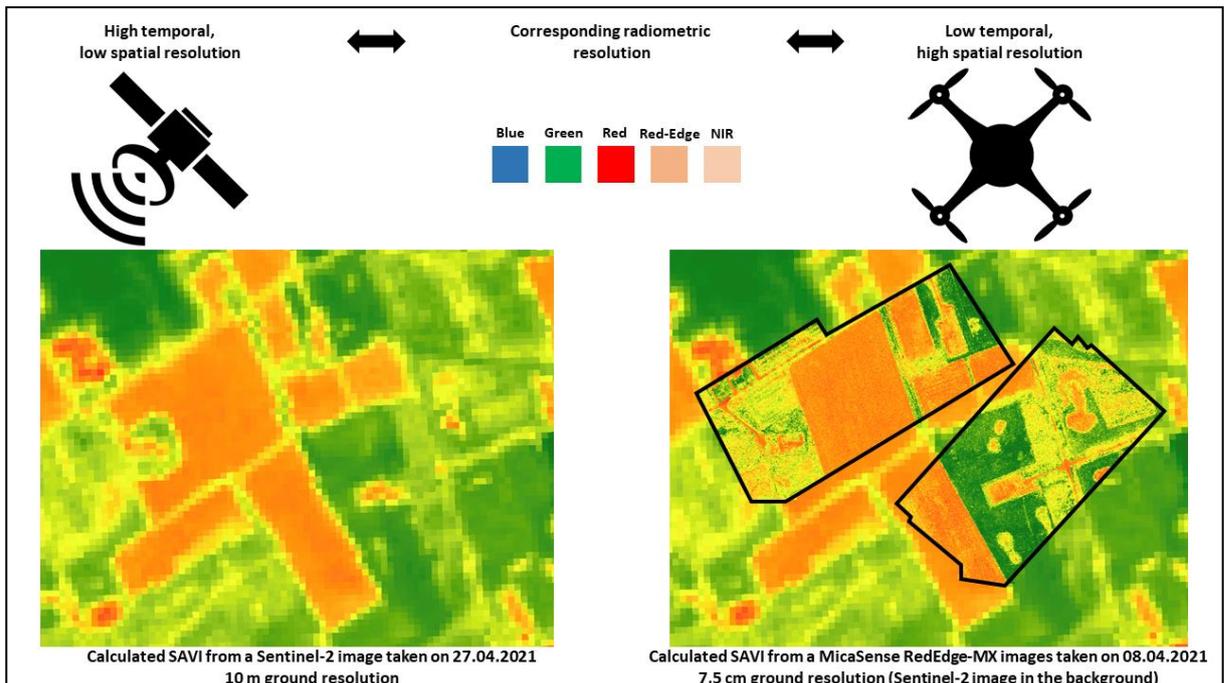


Abbildung 8: Vergleich zwischen der räumlichen, zeitlichen und geometrischen Auflösung des Sentinel-2-Satelliten und einer Drohnen-basierten MicaSense RedEdge-MX Kamera (Bernsdorf et al. 2023).

„Wie auch bei den Satelliten hat sich hier in den letzten Jahren eine große Bandbreite an verschiedenen aktiven und passiven Sensoren entwickelt“ (Toth & Jutzi 2017). Für das Monitoringprojekt

KaMonSys wurden aus der Vielzahl an Möglichkeiten mehrere Drohnen des Marktführers DJI ausgewählt:

- Phantom 4 RTK für hochpräzise 2D- und 3D-Vermessung
- Phantom 4 Multispectral zur Aufnahme von Bildern in verschiedenen Wellenlängen
 - Blau (B): 450 nm ± 16 nm
 - Grün (G): 560 nm ± 16 nm
 - Rot (R): 650 nm ± 16 nm
 - Red Edge (RE): 730 nm ± 16 nm
 - Nah-Infrarot (NIR): 840 nm ± 26 nm
- Mavic 2 Enterprise Advanced für Wärme-Infrarot-Bilder und –Videos

Alle drei Drohnen verfügen über ein integriertes oder modular einsetzbares RTK-Modul (Real Time Kinematic), das die Positionsgenauigkeit im Flug sowie die Geolokalisierung der Aufnahmen über den in NRW frei verfügbaren Satellitenpositionierungsdienst SAPOS von mehreren Metern auf wenige Zentimeter verbessert (Bezirksregierung Köln 2023).

Mit Hilfe der Vermessungsdrohne Phantom 4 RTK wurden die Anlagen und einige ausgewählte Umgebungsbereiche initial vermessen, und mithilfe spezieller photogrammetrischer Software wurden hochauflösende 2D-Orthofotos, 3D- und Höhenmodelle erstellt. Diese dienen zum einen zur Verifikation der anderen Sensoren, können aber auch für erste Schadensbeurteilungen oder Messungen von Bodenbewegungen eingesetzt werden. Zusätzlich entstehen hochgenaue, texturierte 3D-Modelle der jeweiligen Standorte, die für die hochpräzise 3D-Flugplanung der anderen Drohnen genutzt werden (Abbildung 9). Der Fokus liegt hierbei auf dem sicheren Flug durch die Anlage unter Berücksichtigung von Topographie, Gebäuden, Anlagen und Schutzzonen. Das Ziel ist es, die Sensoren im automatisierten Flug möglichst nah an die möglichen Emissions- oder Schadensstellen zu bringen, aber dabei außerhalb der vorher definierten Schutz- und Flugverbotszonen zu bleiben.

Die Modelle können als „Nebenprodukt“ auch für die Standortverwaltung, Feuerwehren und Rettungskräfte genutzt werden können (Abbildung 10).

Einer der Schwerpunkte des Projektes lag außerdem auf der kostengünstigen Detektion von Emissionen über eine thermale Infrarotkamera im Vergleich zu dezidierten Gassensoren. Hierbei wird die Abkühlung des Gases bei Dekompression über den Joule-Thomson-Effekt genutzt (Joule & Thomson 1852). Das aus einer Leckage austretende Gas kühlt sich und die Anlagenteile merklich ab, so dass beide über die wärmesensitive Infrarotkamera erkannt werden können. „Da die genaue Verfahrensweise (Subpixelmatching, Change-Detection, etc.) an dieser Stelle den Rahmen sprengen würde, wird auf andere Publikationen aus diesem Bereich verwiesen“ (Bernsdorf et al 2020).

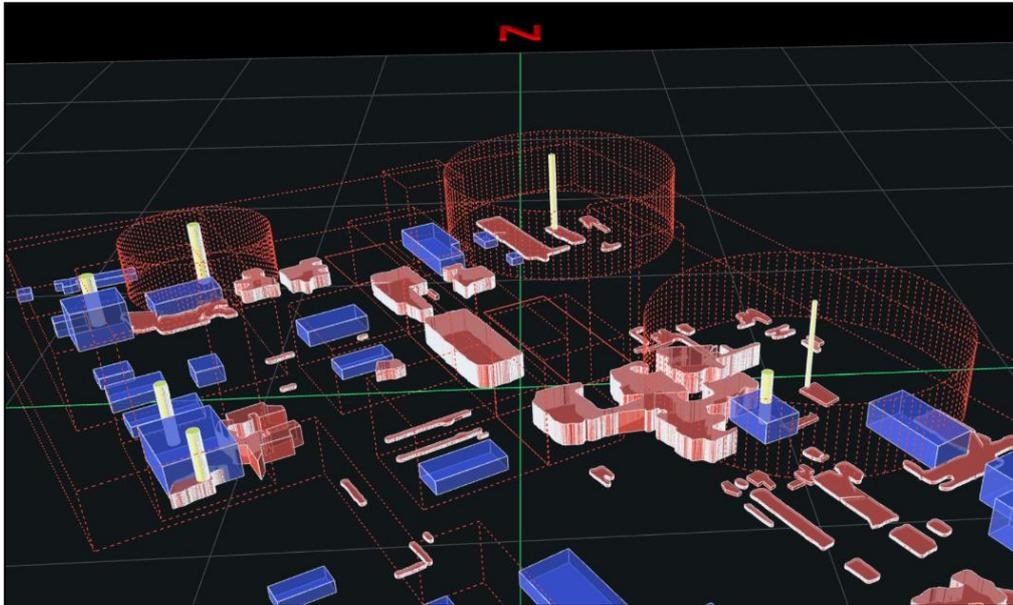


Abbildung 9: Modellierung einer gastechnischen Anlage für die hochgenaue 3D-Flugplanung. Rot = gastechnische Anlagen, Gelb = Schornsteine, Blau = Sonstige Gebäude, Rot gepunktet = Schutz- und Flugverbotszonen (Haske et al 2021).



Abbildung 10: Interaktives, texturiertes 3D-Modell einer gastechnischen Anlage, erstellt aus Aufnahmen einer DJI Phantom 4 RTK; Photogrammetriesoftware Agisoft Metashape (Haske 2021). Die Phantom 4 Multispectral wurde zur Validierung der Sentinel-Daten im Bereich Vegetationsmonitoring sowie zur Klassifikation von Oberflächen genutzt.



Abbildung 11: Einfache Gasdetektion mittels einer DJI Mavic 2 Enterprise Advanced Drohne. Links = Temperatur der Flasche im Normalzustand, Mitte = Abkühlung der Luft und des Ventils bei Gasaustritt sichtbar im thermalen Infrarotbild (dunkel), Rechts = Gasaustritt im gleichzeitig aufgenommenen RGB-Video nicht sichtbar.

In-Situ-Segment

Für das In-Situ-Segment zur Validierung der Fernerkundungsdaten wurden Bodenkontrollpunkte mit klassischen Vermessungsmethoden (GNSS, Tachymetrie) vermessen und vermarktet. Zusätzlich wurden Live-Daten der jeweiligen Betreiber, meteorologische Daten sowie das Standortwissen der Bewohner genutzt.

GIS-basierte Datenfusion

Alle erfassten, bereitgestellten und durch regelmäßige Drohnen- und Satellitenüberflüge hinzukommenden Daten wurden in einem großen 3D-Geoinformationssystem zusammengeführt. Über die hochgenaue Georeferenzierung aller Daten konnten diese in verschiedenen Layern anwendungsbezogen analysiert und angezeigt werden. Abbildung 12 zeigt exemplarisch die Zusammenführung der verschiedenen thematischen Layer aus Topographie, Geologie, Hydrologie, historischen Daten, bergmännischem Risswerk und Fernerkundungsdaten.

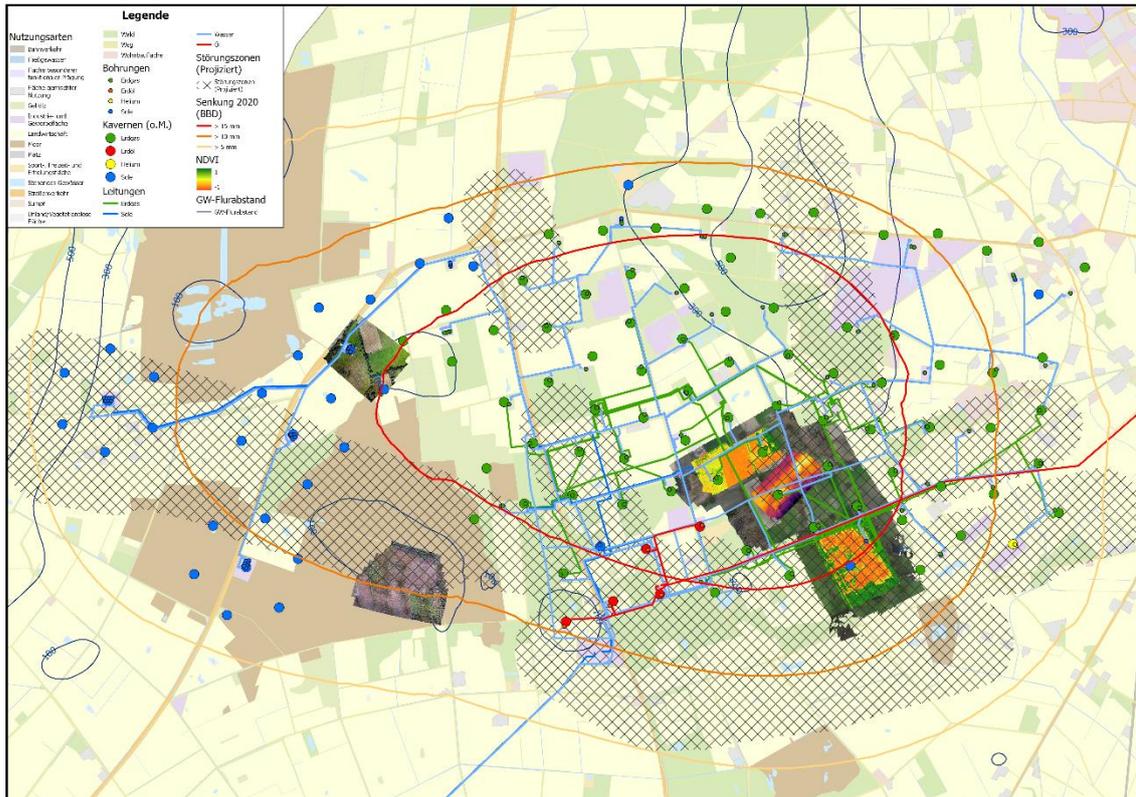


Abbildung 12: Das interaktive GIS aus dem KaMonSys-Projekt. Exemplarisch werden Layer mit Informationen über Pipelines, Bohrlöcher, Kavernen, Landnutzung, Grundwasserabstände, Bodensenkungen und geologische Verwerfungen zusammen mit Analysen von multispektralen UAV-Flügen (RGB, thermisches Infrarot, NDVI) angezeigt (Bernsdorf et al 2023).

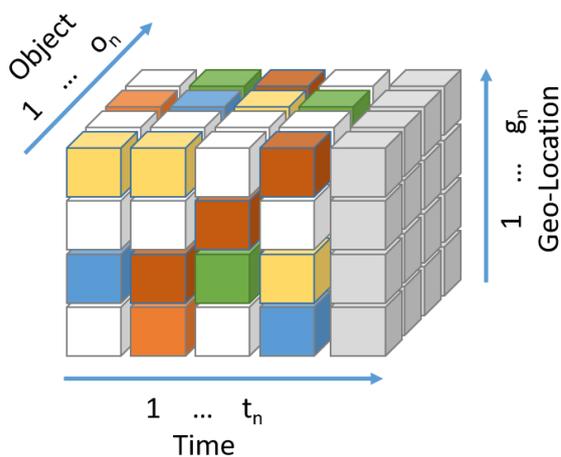


Abbildung 13: Raumzeitlicher Datentensor als BigData-Georepositorium (Quelle: Bernsdorf et al. 2023; eigener Entwurf)

Die Methode der Fusion basiert auf einem BigData-Ansatz. Die Datensilos der unterschiedlichen Betrachtungsebenen (In-situ, UAV, Satelliten, externe Daten) unterliegen – wie beschrieben - im Wesentlichen einer Datenfusion in Form der Integration in ein Geo-Informationssystem, wobei ein mehrdimensionaler raumzeitlicher Datentensor entsteht (Abbildung 13). Die eigentliche (Sensor-)Datenfusion erfolgt nach klassischen BigData-Schemata, da die Daten in Bezug auf Volume, Velocity, Variety und Veracity (4Vs; Gartner o.J.) extrem unterschiedlich sind. Man muss sich bewusst werden, dass die Daten der beteiligten Eingangsquellen in Bezug auf ihre Metriken abweichen aber trotzdem miteinander in Beziehung gesetzt werden müssen. In situ-Sensoren messen ggf. im Sekundentakt an exakt

einer Stelle rund um die Uhr über viele Jahre; UAV fliegen mit hochauflösenden Sensoren in diversen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums Flächen ab, kommen aber nur selten zum Einsatz; Satelliten haben geringere geometrische Bodenauflösung als bspw. UAV, decken aber große Flächen in hoher zeitlicher Auflösung ab (Überflugrhythmus der Copernicus-Satelliten bspw. 5- bis 6-Tage); Kartenarchive sind ggf. lückenhaft und nicht flächendeckend zu erhalten. Der eigentliche Bezug und die Grundlage zur Fusion in diesen unterschiedlichen Datenbeständen muss daher der *Raumbezug* sein. Denn alle Ereignisse, Karten, Sensordaten, Einzelmessungen etc. haben den Raumbezug als verbindendes Element: Sie lassen sich einem Ort oder einem Anteil (Verdichterstation, Bohrkopf, Transportleitung) direkt zuordnen. Zwar sind die Metriken unterschiedlich - von „exakt“ über ein Koordinatenpaar beschrieben (bspw. Flansch, primäre Metrik) bis zu „ungenau“ für einen bestimmten Anagenabschnitt gültig (sekundäre Metrik) (Bill 2023). Auch der zeitliche Aspekt ist ein verbindendes Element, da Ereignisse wie Druckverluste durch einen Leitungsschaden im Allgemeinen zeitlich einzugrenzen sind.

Auf diese Art entsteht der multidimensionale, raumzeitliche Tensor (Abbildung), der als BigData-Georepositorium alle Rohdaten der Eingangssensoren enthält. Die Methoden zur Integration sind im Umwelt- und Geomonitoring „klassisch“: Georeferenzierung, Geokodierung und Geotagging werden angewendet, um die Rohdaten mit dem korrekten Raumbezug zu integrieren. Über zeitliche Aspekte lassen sich Filter auf Ereignisse von Interesse ansetzen. Zudem werden Strategien zum Umgang mit Datenlücken integriert (beispielsweise räumliche Interpolationen, wenn ein Sensor ausfällt). Klassische Filter sind auch Generalisierungen/Homogenisierungen oder Verdichtungen etwa über solche Interpolationen - Geostatistische Verfahren wie Kriging, Inverse Distance Weighting, etc. die durch die GIS-Software bereitgestellt werden. In Form des oben angesprochenen Analytical Hierarchical Prozesses (Saaty 2021) lassen sich nun Prioritäten setzen und Aussagen in Form eines Multirisikoansatzes ableiten.

Webanwendung für Endnutzer

Der Schwerpunkt bei der Erstellung einer Webanwendung – basierend auf ArcGIS online - liegt vor allem auf der einfachen Nutzbarkeit der vielseitig erfassten Daten. Die möglichen Nutzer des Konzepts sind vor allem das Personal in Leitständen und Warten von Speicher- und Produktionsbetrieben der Öl- und Gasindustrie. Daher müssen alle Funktionen auch ohne geowissenschaftliches Hintergrundwissen nutzbar sein. Der Standort wurde daher in einem einfachen Dashboard dargestellt, in dem alle Messwerte, Geodaten und Monitoring-Ergebnisse einfach per Browser abrufbar sind (Abbildung). Das Interface ist intuitiv und interaktiv bedienbar, während alle Geoanalysen im Hintergrund ablaufen.

Über aktive Schaltflächen können beispielsweise mögliche Leckagen, die durch das Satellitensegment erkannt wurden, einfach erkannt, mit den vorhandenen Daten abgeglichen, initial beurteilt und falls notwendig erste Maßnahmen ergriffen werden. Als eine dieser Maßnahmen könnte über das Portal direkt ein Drohnenflug mit der entsprechenden Sensorik geplant und manuell gestartet werden.

Beitrag zum Brand- und Katastrophenschutz

Zunächst trägt der vorgestellte Ansatz im Wesentlichen zur Anlagensicherheit bei, da austretende Medien für den Betrieb immer ein Sicherheitsrisiko darstellen. Insbesondere, wenn es sich um entzündliche Kohlenwasserstoffe handelt. Im Fokus steht bei einem Geomonitoring-Ansatz aber auch immer der Umweltschutz und – im Falle von gastechnischen Anlagen – trägt ein solches Konzept besonders zum Klimaschutz bei, da CH_4 – wie beschrieben – ein extrem schädliches Treibhausgas ist. Insofern hilft es, Umwelt- und Klimaziele zu erreichen. Darüber hinaus lässt sich der Ansatz in die organisatorischen Abläufe der Gefahrenabwehr integrieren. Ähnlich wie im Projekt CCFireSense (Fürstenberg 2022) im Umfeld der Vegetationsbrandbekämpfung, die Satellitenebene eine Drohnenebene triggert, kann das regelmäßige Monitoring per In-situ-Sensoren in Kombination mit großflächigen Satellitenbilddauswertungen zu einem Frühwarnsystem ausgearbeitet werden. Ein solches System kann etwa auf Leitstellen der Werk- oder kommunale Feuerwehren aufgeschaltet werden und funktioniert ergänzend zu den üblichen Sicherheitsreinrichtungen solcher Industrieanlagen. Dies kann präventiv oder im Ereignisfall die Drohnenebene (Einheiten der Feuerwehren und Hilfsorganisationen) in den Einsatz rufen, um Detailuntersuchungen zu initiieren. Über die dargestellte Web-Ebene lassen sich zudem direkt Informationen (etwa Metadaten, Livedaten) an die Leitstellen der Gefahrenabwehr übermitteln, um ein erstes Lagebild zu erhalten.

Auch bereits in der Prävention lässt sich über die regelmäßige Auswertung von multispektralen Satellitendaten eine Frühwarnung initiieren. Das Ölleck in einer Münsterländer Ölkaverne der Nationalen Ölreserve in Gronau im Jahr 2014 ((WDR 2014)) hätte mit großer Wahrscheinlichkeit früher entdeckt und der Schaden eingegrenzt werden können, wenn ein regelmäßiges Monitoring im betreffenden Gebiet angesetzt worden wäre. Wie in Abbildung 8 dargestellt, lassen sich aus Vegetationsindizes schon viele Schlüsse ziehen. Beispielsweise führt das Verdrängen von Wasser und Bodenluft im Grünland zu einer verringerten Pflanzenvitalität und lässt sich bei regelmäßiger Beobachtung erkennen. Zwar ist das keine Aufgabe für die Organisationen des Brand- und Katastrophenschutzes. Eine Überwachung durch die Betreiber mit dem hier vorgestellten Konzept kann aber eine Meldung an die zuständigen Behörden mindestens beschleunigen.

Zusammenfassung und Ausblick

Vergleicht man den in der Einführung beschriebenen Zustand des aktuellen Schadensmonitorings mit der hier vorgestellten Sensordatenfusion und den GIS-basierte Ansätzen mittels In-situ-Sensoren, Satelliten- und Drohnen-daten, kann davon ausgegangen werden, dass alleine aufgrund der Prozessgeschwindigkeit die Reduktion von Emissionen und Risiken bei Produktions- und Speicherstandorten der Öl- und Gasindustrie deutlich effektiver und effizienter gestaltet werden kann. Das mehrstufige Monitoringkonzept ermöglicht es, die Stärken und Schwächen der einzelnen Systeme und Sensoren auszugleichen und so ein umfassendes, raumzeitliches Risikomanagement zu gewährleisten. Die einzelnen Systemkomponenten können modular an den jeweiligen Anwendungszweck und das Untersuchungsgebiet angepasst und kombiniert werden, sodass dieser Ansatz auch für andere Industriezweige geeignet ist.

Einschränkend ist zu erwähnen, dass es sich hier um ein Konzept handelt, das nicht flächendeckend im Einsatz ist und zuerst seine Tauglichkeit im Realbetrieb beweisen muss.

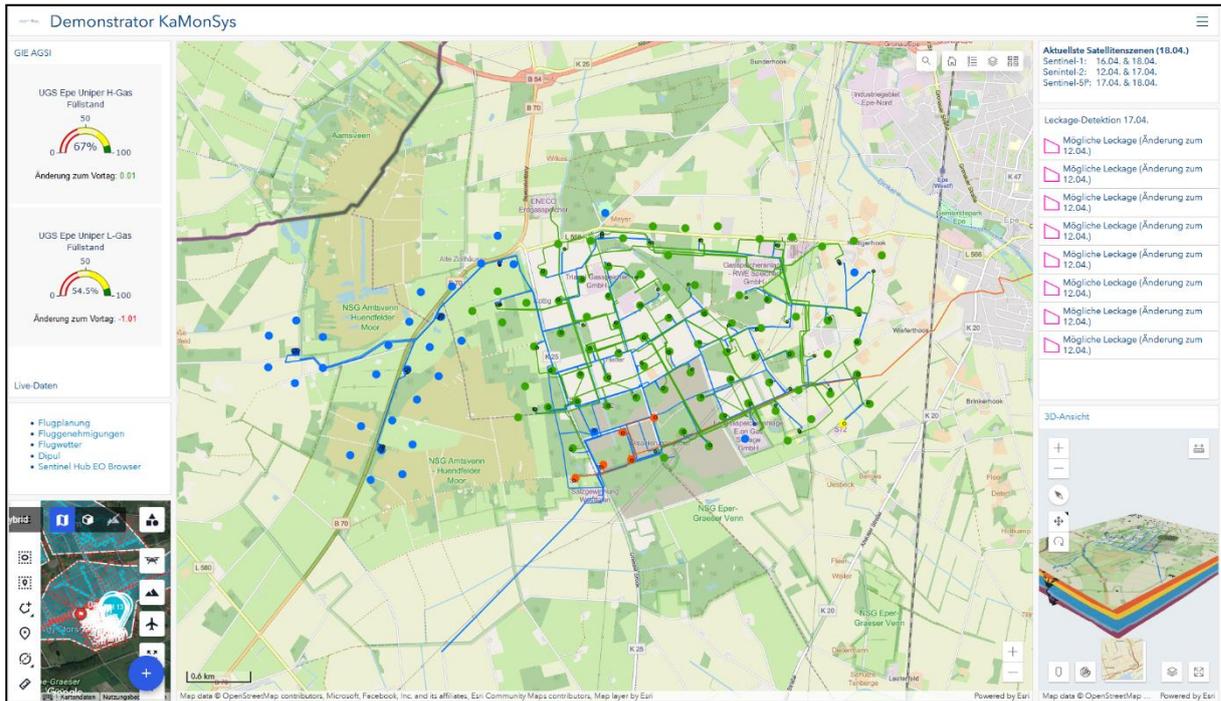


Abbildung 14: Der KaMonSys-Demonstrator als Beispiel für ein einfaches Web-Dashboard. Die 2D- und 3D-Karten können interaktiv bedient, mögliche Leckagen aus dem Satellitensegment beurteilt und bei Bedarf Drohnenflüge geplant werden (Haske 2023a).

Trotzdem oder gerade deshalb: Weitere Projekte zur 3D-Modellierung und multisensoralen Drohnen-Befliegung von Produktions- und Speicherstandorten der Öl- und Gasindustrie, Vegetationsanalyse zur Detektion von Gasleckagen an alten Bohrungen, Forschung und Schulung für den Einsatz multisensoraler Drohnen im Brand- und Katastrophenschutz sowie weitere Kooperationen zur drohnenbasierten Bauwerksinspektion und Flächenmonitoring sind bereits gestartet oder geplant. Dabei können die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse zur Datenerfassung, Geodatenmanagement, Geoanalyse, Drohnenflugplanung und Datenaufbereitung aktiv genutzt und ihre Tauglichkeit in Reallaboren erprobt werden.

Danksagung

Die Autoren danken dem Projektpartner EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH für gute Zusammenarbeit im Projekt KaMonSys und den assoziierten Partnern Gas- und Wärme-Institut Essen e.V., Salzgewinnungsgesellschaft Westfalen mbH und Uniper Energy Storage GmbH für den Zugang zu Daten, Einrichtungen und Expertenwissen.

Ein weiterer Dank geht an die Initiative StartING@THGA und die RAG-Stiftung für die Bereitstellung verschiedener professioneller Drohnen für dieses und andere Forschungsprojekte.

Literatur

- Bernsdorf, Bodo, Anna Formaniuk & Tobias Rudolph (2020): Possibilities of a Method for Copter-Supported Gas Leak Detection With Thermal Imaging Cameras in Industry and Hazard Prevention, in: *Oil & Gas - European Magazine*, 46th ed. Issue 4/2020, 13-20.
- Bernsdorf, Bodo, Julia Haske & Benjamin Haske (2023): Geomonitoring as an Instrument to Accompany Structural Changes in Post-Mining Areas, in: *Managing the Change: Tasks of Post-Mining in Ukraine*, Bochum: Selbstverlag der Technischen Hochschule Georg Agricola, 92-117.
- BodenBewegungsdienst Deutschland (BBD). Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2021): <https://bodenbewegungsdienst.bgr.de> [28.07.2023]
- Böttcher, Christian (2022): Aktualisierung der Emissionsfaktoren für Methan für die Erdgasbereitstellung, Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Referat Zivile Sicherheitsforschung (2020): Monitoringsystem für die Anlagen- und Versorgungssicherheit von Kavernenspeichern mittels Satelliten- und Kopterdaten (KaMonSys), Bonn.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2018): DIN 5452-1:2018-03: Luft- und Raumfahrt - Unbemannte Luftfahrzeugsysteme (UAS) - Teil 1: Begriffe. Berlin: Beuth Verlag, <https://www.beuth.de/de/norm/din-18716/271892549> [16.05.2024].
- European Parliament and of the Council of the European Union (Hrsg.) (2007): Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE), https://knowledge-base.inspire.ec.europa.eu/publications/directive-20072ec-european-parliament-and-council-14-march-2007-establishing-infrastructure-spatial_en [17.05.2024].
- DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (o.J.): Erdgasleitungsprüfung aus der Luft (CHARM(R); Präsentation 2, https://www.dlr.de/tp/Portaldata/39/Resources/Handout_CHARM.pdf [17.05.2024].
- Doshmanziari, Roya, Hamid Khaloozadeh & Amirhossein Nikoofard (2020): Gas Pipeline Leakage Detection Based on Sensor Fusion Under Model-Based Fault Detection Framework, in: *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 12, <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106581> [17.05.2024].
- European Space Agency (o.J.): Europe's Copernicus Programme, https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Europe_s_Copernicus_programme [27.07.2023].
- European Space Agency (o.J.): Sentinel-1, <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1> [27.07.2023].
- European Space Agency (o.J.): Sentinel-2 Mission Guide, <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> [27.07.2023].
- European Space Agency (o.J.): Sentinel-5P, <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5p> [27.07.2023].
- Forschungszentrum Nachbergbau (2020a): Unsere Forschungsschwerpunkte <https://fzn.thga.de/forschung/> [27.07.2023].
- Forschungszentrum Nachbergbau (2020b): KaMonSys: Monitoringsystem für Kavernenspeicher, <https://fzn.thga.de/forschung/kamonsys/> [27.07.2023].

- Fürstenberg, Kai. (2022): CCFireSense – die Zukunft des Vegetationsbrandgefahren-Monitorings. ArcGIS StoryMap. <https://www.giscloud.nrw.de/arcgis/apps/storymaps/stories/56d65734b8064ee2ab72coec24237a4a> [17.05.2024].
- Gartner Inc. (o.J.): Big Data, in: *Gartner Glossary*; Information Technology. <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/big-data> [24.01.2024].
- Geobasis NRW. Bezirksregierung Köln (2023): <https://www.bezreg-koeln.nrw.de/geobasis-nrw> [27.07.2023].
- Goerke-Mallet, Peter, Tobias Rudolph, Jürgen Kretschmann & Jürgen Brune (2020): The Importance of „Social License to Operate“ for the Mining Life Cycle, in: *Mining Report Glückauf* 156 (4), 323-332.
- Hanssen, Ramon F. (2001): Radar Interferometry - Data Interpretation and Error Analysis“, in: Ramon F. Hanssen (Hrsg.), *Remote Sensing and Digital Image Processing*, Dordrecht: Springer.
- Haske, Benjamin (2023a): Satelliten- und Drohnen-gestützte Monitoring-Konzepte für Produktions- und Speicherstandorte der Öl- und Gasindustrie, NACHBergbauzeit in NRW.
- Haske, Benjamin (2023b): ESRI Map Book - Underground Oil and Gas Caverns at a Storage Facility in Germany, <https://www.esri.com/en-us/esri-map-book/maps#/details/7/4> [23.07.2023].
- Haske, Benjamin (2021): Die Anwendbarkeit frei verfügbarer Fernerkundungsdaten bei Fragestellungen in Risikomanagement-Systemen des Alt- und Nachbergbaus. Bochum: Masterarbeit, Technische Hochschule Georg Agricola.
- Haske, Benjamin, Tobias Rudolph & Bodo Bernsdorf (2021): Sustainability in Energy Storages - How Modern Geoscience Concepts Can Improve Underground Storage Monitoring, EAGE GET2021- 2nd Geoscience & Engineering in Energy Transition Conference, <https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.202121014> [17.05.2024].
- Haske, Benjamin, Tobias Rudolph & Peter Goerke-Mallet (2022): Anwendbarkeit frei verfügbarer Fernerkundungsdaten für Risikomanagementsysteme des Alt- und Nachbergbaus, in: *GeoResources* 1, 45-49, <https://www.georesources.net/download/GeoResources-Zeitschrift-1-2022.pdf> [17.05.2024].
- J.P, Joule und W. Thomson (1852): On the Thermal Effects Experienced by Air in Rushing Through Small Apertures, in: *Philosophical Magazine* 4 (4), 481-492.
- Köhler, Christan (2019): Towards Sentinel 2 Based Environmental Contamination Monitoring, in: *Tagungsband 20. Geokinematischer Tag, 16. und 17. Mai 2019 in Freiberg*, 161-171.
- Köppe, Julia (2022): Wir sprechen von einer relativ toten Zone, in: *SPIEGEL Wissenschaft*, <https://www.spiegel.de/wissenschaft/druschba-pipeline-in-polen-wir-sprechen-von-einer-relativ-toten-zone-a-feef222e-ad6a-40f6-9073-28ea852a7dfc> [27.07.2023].
- Nico, Adam, Ralf Reulke & Volker Spreckels (2020): Neues Normungsverfahren „InSAR -Radarinterferometrie für die Bodenbewegungserfassung“, in: Thomas P. Kersten (Hrsg.), *40. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF, 4.-6. März 2020 in Stuttgart*, 87-98.

- OGE - Open Grid Europe (2020): CHARM(R) - lasergestützte Gasferndetektion - Effiziente und zuverlässige Leitungsprüfung aus der Luft. Präsentation, 4, https://oge.net/Re-sources/Persistent/ff/3/c/ff3c87769cod9be48a2f712911d1adbc6f86f14c/20200604_OGE_Broschuere_Charm_DEU_online.pdf [16.05.2024].
- Pawlik, Marcin, Tobias Rudolph, Jörg Benndorf & Jan Blachowski (2021): Review of Vegetation Indices for Studies of Post-Mining Processes, in: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 942, 1-17.
- Ralf, Bill (2023): *Grundlagen der Geo-Informationssysteme*, 7. Auflage, Heidelberg: Wichmann.
- Rao, Y. Chalapathi, D.C Santhi Rani & P. Lavanya (2012): Monitoring and Protection of Oil and Gas Condition in Industrial Using Wireless Sensor Networks, in: *IJECCT* 2 (5), 213-218, https://www.researchgate.net/publication/281008710_Monitoring_and_Protection_of_Oil_and_Gas_Condition_in_Industrial_Using_Wireless_Sensor_Networks [17.05.2024].
- Rudolph, Tobias, Peter Goerke-Mallet, Andre Homölle, Andreas Mütterthies, Holger Perrevort, Sebastian Teuwsen, Carmen Tomlik & Chia-Hsiang Yang (2023): Öffentliche Beteiligung im Geomonitoring - Das Fallbeispiel aus dem Kavernenfeld Epe, in: *Markscheidewesen* 130 (1), 3-13.
- Saaty, Thomas (1988): *Decision Making for Leaders - The Analytical Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*, 4. Auflage, Pittsburgh: RWS Publications.
- SAPOS®-HEPS (2023): Hochpräziser Echtzeit-Positionierungs-Service. Bezirksregierung Köln. <https://www.bezreg-koeln.nrw.de/geobasis-nrw/produkte-und-dienste/raumbezug/satellitenpositionierungsdienst-sapos/sapos-heps> [28.07.2023].
- Toth, Charles & Boris Jutzi (2017): Plattformen und Sensoren für die Fernerkundung, in: Christian Heipke (Hrsg.), *Photogrammetrie und Fernerkundung*, Heidelberg, Berlin: Springer Spektrum, 29-64.
- Umweltbundesamt (2022): *Die Treibhausgase*, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase> [27.07.2023].
- WDR – Westdeutscher Rundfunk (2014): Wir wollen nichts Kleinreden – Sondersitzung zum Ölleck, <https://www1.wdr.de/nachrichten/westfalen-lippe/gronauleck100.html> [17.05.2024].
- Yin, Xiaoxuan, Bodo Bernsdorf, Peter Goerke-Mallet & Tobias Rudolph (2022): Die „Muse“ im nachbergbaulichen Geomonitoring – Neue Ansätze für das Poldermonitoring, in: *Markscheidewesen* 129 (1), 29-36.

[Link zum Vortrag](#)

<https://thga.sciebo.de/s/W5CT59cZNA6A7gh>



Tage der Sicherheitsforschung

Tag 2: 15. Juni 2023

Session: Zukunftstechnologien Teil 2

Private Smart Home Systeme als Baustein im ADLeR-Projekt – von Komfortfunktionen zum wertschöpfenden Beitrag für die Selbsthilfefähigkeit der Bevölkerung.

Oliver Krüger

Feuerwehr Dortmund

Abstract

Smart Home Systeme verbreiten sich in deutschen Privathaushalten zunehmend und bieten immer mehr Funktionen zur Automation technischer Systeme des alltäglichen Lebens. In erster Linie soll damit eine Effizienzsteigerung z.B. zur Senkung des Energieverbrauchs oder zusätzlicher Komfort erzielt werden. Die Feuerwehr Dortmund sieht in diesen Systemen jedoch auch großes Potential zur Steigerung des Sicherheitsniveaus. Im Rahmen der Konzeptphase des SifoLIFE-Projekts ADLeR³ (Automatisiertes Detektions-, Melde- und Leitsystem – Rettungskette neu denken) wurden die Bedarfslage aller Nutzergruppen, die mögliche technische Umsetzung sowie die zu erwartende Wirkung analysiert. Auf dieser Grundlage wurde ein Umsetzungskonzept entwickelt, welches, unter der Voraussetzung weiterer Förderung, zügig zur Erreichung der gewünschten Mehrwerte realisiert und evaluiert werden kann. Von einer innovativen Rettungskette könnten in der Folge insbesondere Menschen mit Einschränkungen in ihrer Fähigkeit zur Selbstrettung profitieren. Eine notrufunabhängige Detektion sowie eine technologisch unterstützte Einsatzabwicklung sollen Zeitverluste in der Hilfeleistung verhindern, die für diese Zielgruppe deutlich häufiger Lebensgefahr bedeuten.

Ausgangslage und Analyseergebnisse

Das ADLeR-Projekt sieht vor, ein technisch-organisatorisches Konstrukt der Hilfeleistung – *die Rettungskette (1)* – durch eine spezifische Technologie – *Smart Home Systeme (2)* – zur Steigerung des Sicherheitsniveaus insbesondere einer Zielgruppe – *in der Selbstrettungsfähigkeit eingeschränkte Menschen (3)* – zu optimieren. Diese drei Einflussfaktoren wirken sich maßgeblich auf die später präsentierte Lösung aus und wurden daher zu Beginn der Konzeptphase detailliert analysiert. Die gewonnenen Erkenntnisse werden im Folgenden präsentiert:

1. Die Rettungskette

³Gefördert durch das BMBF, Förderkennzeichen 13N15616

Die Aufgaben von Feuerwehren und Rettungsdienst sind landesspezifisch geregelt so wie z.B. in NRW im Gesetz über den Brandschutz, die Hilfeleistung und den Katastrophenschutz (BHKG) (RECHT.NRW 2024a) und im Gesetz über den Rettungsdienst sowie die Notfallrettung und den Krankentransport durch Unternehmer (Rettungsgesetz NRW - RettG NRW) (RECHT.NRW 2024b). Zur Erfüllung der dort definierten Aufgaben sind einzelne Prozessschritte notwendig, deren technisch-organisatorische Verkettung sich in der sog. Rettungskette darstellt. Deren Ablauf startet mit einem Schadensereignis, welches von Betroffenen oder Augenzeugen bemerkt und mit Hilfe des Notrufs 112 einer Leitstelle der Feuerwehr gemeldet wird. Lediglich der eCall im Kraftfahrzeugbereich stellt nach aktuellem Stand der Technik eine automatisierte und standardisierte Alternative zu diesem Weg der Meldung dar (BMK o.J.). Im Rahmen des Anrufs erfolgt typischerweise eine strukturierte Notrufabfrage auf deren Basis der Disponent die passenden Einheiten entsendet. Diese rücken aus und müssen den Notfallort erreichen, bevor sie Maßnahmen der Erkundung und Entwicklung durchführen und mit der Abwicklung des Einsatzes fortfahren. Durch standardisierte Prozesse sowie die kontinuierlich geprüfte und ggf. erweiterte Verfügbarkeit von Rettungsmitteln gemäß der Rettungsdienstbedarfspläne, wird sichergestellt, dass z.B. in Großstädten wie Dortmund eine Hilfsfrist von 8 Minuten erreicht wird. Auch die Arbeit der Disponenten bzw. der Einsatzkräfte vor Ort ist durch ein hohes Maß an Ausbildung und Prozessoptimierung typischerweise schnell und effektiv. Umso kritischer ist der Einfluss der Zeit, die der einzige Schritt benötigt, der aktuell nicht durch die BOS beeinflusst werden kann. Die Entdeckung und Meldung eines Schadensereignisses passiert in vielen Fällen umgehend, kann in manchen Situationen jedoch einige Minuten bis mehrere Stunden Verzögerung verursachen. Weiterhin kann es zu Zeitverlusten kommen, wenn auf der Anfahrt Störungen vorliegen oder wenn die Anzahl oder Intensität notwendiger Maßnahmen am Einsatzort durch die dort herrschenden Bedingungen erhöht werden müssen. Insbesondere das Auffinden des exakten Notfallorts und die Herstellung dessen Zugänglichkeit können je nach Art des Gebäudes erhebliche Zeit in Anspruch nehmen. Im Rahmen der Untersuchung etablierter Prozesse wurde daher eine Mehrzahl von Ansatzpunkten identifiziert, deren technologische Optimierung nicht nur die Robustheit der Rettungskette erhöhen, sondern auch notwendige Prozesszeiten verkürzen kann.

2. Smart Home Systeme

„Der Begriff ‚Smart Home‘ zielt auf das informations- und sensortechnisch aufgerüstete, in sich selbst und nach außen vernetzte Zuhause“ ([Gabler Wirtschaftslexikon o.J.](#)). Eine aktuelle Studie des Bitkom e.V. zeigt die deutliche Zunahme der Nutzung von Smart Home Systemen in Deutschland und die große Bandbreite der verwendeten Nutzungsarten (Bitkom 2022). Während 2018 noch 26 % der Befragten angaben, entsprechende Geräte und Funktionen zu nutzen, waren es 2022 bereits 43 %. Die Systeme sind dabei modular konfigurierbar, indem die gewünschten Aktoren oder Sensoren in entsprechenden Räumen installiert und direkt miteinander und/oder einer zentralen Recheneinheit vernetzt werden. Herstellerübergreifende Verbindungsstandards wie *matter* zu nutzen setzt sich dabei als Antwort auf die Kundenwünsche nach Interoperabilität zunehmend durch (DIGITAL-ROOM o.J.). In der Folge lassen sich verschiedenste Funktionalitäten herstellen, die aktuell besonders häufig die Bereiche Energie (Licht- und Heizungssteuerung) und Sicherheit (Alarmanlage und Videoüberwachung) abdecken. Vernetzte Brandmelder werden aktuell nur von 5 % der Befragten genutzt und die Funktionalität des Hausnotruf sogar nur von 3 %

(Bitkom 2022). Eine Verfügbarkeitsanalyse der technischen Komponenten durch ADLeR zeigte, dass die zur Unterstützung der Rettungskette benötigten Geräte bereits marktreif und verfügbar sind. Die bedarfsgerechte Programmierung des Softwarebackends zur direkten Vernetzung mit BOS-Strukturen und die Förderung der Nutzung durch die Bevölkerung wurden daher als zu lösende Aufgaben definiert.

3. Menschen mit eingeschränkter Fähigkeit zur Selbstrettung

Menschen mit eingeschränkter Selbstrettungsfähigkeit sind insbesondere solche, die sich nicht selbst aus dem Gefahrenbereich eines Schadensereignisses retten sowie nur schlecht auf sich aufmerksam bzw. einen erfolgreichen Notruf absetzen können. Typischerweise liegen Risikofaktoren dafür vor, wenn Mobilität und kognitive Fähigkeiten eingeschränkt sind, so dass Lebensältere und Menschen mit Behinderung häufig betroffen sind. Doch auch Alleinlebende jeden Alters sind bei einem Notfall ggf. nicht mehr in der Lage selbst Hilfe zu rufen.

Einschränkungen in der Selbstrettungsfähigkeit wurden zudem besonders im Kontext der aktuellen Rettungskette als Gefahr für die Betroffenen und als Katalysator für Schwächen in BOS-Prozessen identifiziert. Zum einen beruht die Rettungskette maßgeblich auf einem in der Leitstelle eingehenden Notruf. Wenn die betroffene Person bewusstlos und allein ist, es nicht schafft das Telefon zu erreichen oder den Notruf nicht erfolgreich absetzen kann, können keine weiteren Maßnahmen erfolgen. Ebenso muss damit gerechnet werden, dass Personen mit eingeschränkter Selbstrettungsfähigkeit Gefahrenbereiche nicht oder nur bedingt verlassen können. Flammen und Rauch, aber auch andere Gefahren wie Hochwasser wirken sich auf diese Personengruppe daher früher und/oder stärker aus. Zeitverluste in der Hilfeleistung führen in der Folge bei diesen Personen umso schneller zu Lebensgefahr.

Neben dem logischen Zusammenhang dieser Faktoren konnten auch in zahlreichen Statistiken Indikatoren identifiziert werden, die auf eine besondere Gefährdung dieser Zielgruppe und damit einen Handlungsbedarf durch ADLeR hinweisen. Für den Bereich der Lebensälteren wurde dazu eine Altersgrenze bei 60 Jahren festgelegt, die die deutsche Bevölkerung in 70 % jüngere und 30 % ältere Menschen aufteilt (Destatis 2023). Dem gegenüber steht ein überproportional stark ausgeprägter Anteil von Menschen über 60 Jahren bei den jährlichen Brandtoten (Jahr 2020, 70 %) (Destatis 2022), aber auch bei den Todesopfern der Flut 2021 (79 %) (DKKV 2022). Weiterhin sind die medizinischen Notfälle am Beispielstandort Dortmund ähnlich deutlich in Richtung der Lebensälteren verteilt, so dass 64 % aller medizinischen Notfälle auf Menschen der Altersgruppe 60+ entfallen (Feuerwehr Dortmund). Vor dem Hintergrund des fortschreitenden demografischen Wandels sieht die Feuerwehr Dortmund daher starken Handlungsbedarf, z.B. durch das ADLeR-Projekt die Rettungskette auf innovative Art zu optimieren.

Lösungskonzept

Aus Basis der Analyse aktueller Prozesse sowie der Bedarfsfaktoren der Zielgruppe wurde im Rahmen der Konzeptphase des ADLeR-Projekts ein Lösungskonzept entwickelt. Dieses orientiert sich an den Phasen der Rettungskette (vgl. Abbildung) und soll durch die innovative Vernetzung

etablierter technischer und organisatorischer Komponenten der Hilfeleistung ein höheres Sicherheitsniveau herstellen.

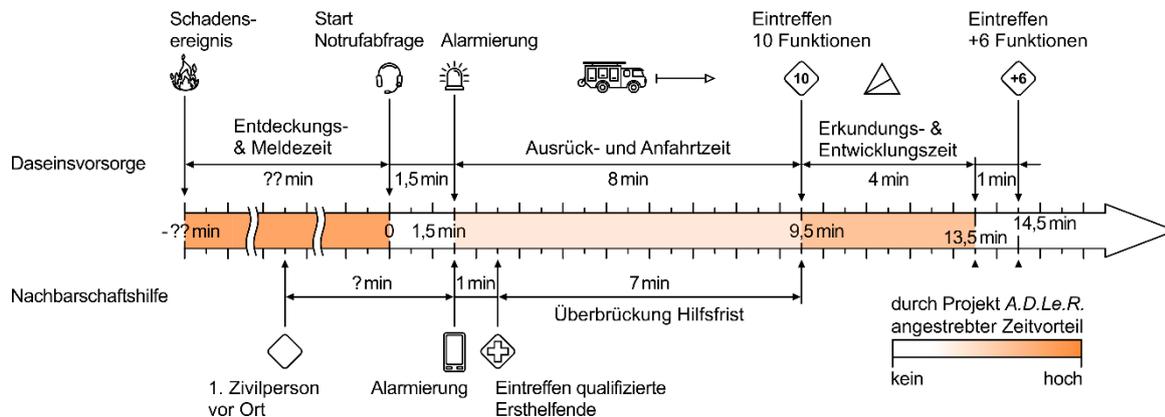


Abbildung 1 - Rettungskette mit Einfluss des ADLeR-Konzepts (eigene Darstellung)

Beginnend bei der Detektion und Meldung ist vorgesehen, dass Sensoren in der Wohnung und in am Körper getragenen Endgeräten Notfälle automatisch erkennen. Dabei sollen neben Mehrkriterienbrandmeldern, Präsenzmeldern und smarten Stromzählern auch Wassermelder zur Erkennung von eindringendem Hochwasser zum Einsatz kommen (vgl. Abbildung 2). Zur Erkennung von Notfällen übermitteln die Sensoren dauerhaft Daten an einen wohnungsgebundenen Zentralrechner (sog. Hub). Dort ist ein Regelset von Parametergrenzen und Entscheidungen hinterlegt, wodurch ein Notfall aus dem Datenstrom eines oder mehrerer Sensoren in Kombination identifiziert werden und im Anschluss ein automatisierter Notruf abgesetzt werden kann. Vor der Alarmierung soll dem Bewohnenden eine Eingriffsfrist von 20 Sekunden gewährt werden. Auf diese Art sollen in der Entwicklungsphase des Systems, durch einen bewussten, aber vertretbaren Zeitverlust, Fehlalarme reduziert werden. Der Detektions- und Meldeprozess findet vollkommen wohnungsbasiert statt, d.h. zum einen werden im Dauerbetrieb, also bis zum Vorliegen eines Notfalls, keine Daten an Dritte gegeben und zum anderen können Regelsets je Hub spezifisch und nutzerorientiert eingestellt werden. Der Notruf wird anschließend direkt an die Leitstelle übermittelt und umfasst alle relevanten vorliegenden Informationen, die durch die Sensoren erfasst werden können. Neben dem exakten Ort der Wohnung (Anschrift und Lage im Gebäude) und dem Notfallgrund können so auch präzisere Informationen geliefert werden, wie z.B. ob und wie viele Personen sich in der Wohnung aufhalten sowie in welchen Zimmern diese sich befinden.

Die nächste Phase der Rettungskette, die durch das ADLeR-Konzept verändert werden soll, ist die Ausrück- und Anfahrtszeit. Hier können automatisierte Prozesse in der Wohnung, wie die automatische Abschaltung des Herds oder anderer elektrischer Geräte, bereits dabei helfen, dass sich ein Feuer bis zum Eintreffen der Einsatzkräfte weniger heftig entwickelt. Eine weitere Lösungskomponente ist die Einbindung qualifizierter Ersthelfender. Diese sind Teil einer etablierten Organisation sowie technisch durch die Leitstelle der Feuerwehr über eine eigene App alarmierbar. Disponenten der Leitstelle können dabei im Vorfeld sehen, ob und welche Ersthelfende im relevanten Umkreis des Notfallorts zur Verfügung stehen und kann anhand der vorliegenden Informationen durch das Wohnungssystem entscheiden, ob der Einsatz zur Unterstützung geeignet ist. Mit der eventuellen Alarmierung können auch für Ersthelfende relevante Daten über die Leitstelle an die App weitergegeben werden, um die Qualität der Hilfeleistung zu verbessern

und ggf. das Stresserleben durch Informationsmangel von Ersthelfenden zu reduzieren. Grundsätzlich soll die automatisierte Detektion und Meldung von Notfällen nicht nur die Arbeit der BOS verbessern, sondern durch die umgehende Erkennung ist auch davon auszugehen, dass der Nutzen von Ersthelfenden, der typischerweise in der unmittelbaren Hilfeleistung liegt, in mehr Fällen zur Entfaltung kommen kann. Abschließend soll die Ausrück- und Anfahrtszeit der Einsatzkräfte nicht nur durch Ersthelfende überbrückt, sondern auch durch technische Maßnahmen zuverlässig so kurz wie möglich gehalten werden. Zu diesem Zweck können verfügbare Beleuchtungsanlagen auf dem Außengelände der Wohnobjekte mit smarten Leuchtmitteln ausgestattet und so bei Vorliegen eines Notfalls als farbliche Markierung des Anfahrtsziels genutzt werden. Insbesondere bei Einsätzen in der Nacht, wo z.B. bei unzureichender Beleuchtung von Hausnummern Verzögerungen entstehen können, kann so eine zügige und direkte Anfahrt auf Sicht erfolgen.

Ebenso soll die letzte Phase der Rettungskette, d.h. die Erkundung des Einsatzortes und die Einsatzentwicklung unterstützt werden. Hier soll die Strategie der Kennzeichnung des Wegs zur Notfallwohnung durch farbiges Licht fortgesetzt werden, indem die Klingelanlage sowie die Beleuchtung im Hausflur genutzt werden. Letztere wird zusätzlich bei einem Notfall auf Dauer-Angeschaltet, um anderen Bewohnenden eine sichere Flucht sowie den Einsatzkräften eine einfache und sichere Abwicklung des Einsatzes zu gewährleisten. Eine Kernkomponente dieser Phase ist zudem das elektronische Türschloss. Diese sollen sowohl bei der Hauseingangstür als auch für Wohnungstüren eingesetzt werden und Einsatzkräften sowie ggf. zuvor auch Ersthelfenden den Zutritt per Zahlencode erlauben, welcher über die Leitstelle kommuniziert wird. So wird ermöglicht, dass Ersthelfende überhaupt erst und Einsatzkräfte verzögerungsfrei Zutritt zum Notfallort erhalten und so deutlich schneller Hilfe leisten können. Weitere aktorische Komponenten der Wohnungssysteme können zudem selbst öffnende Rolläden sowie akustische Systeme der Nachbarwohnungen sein, die so auf den Notfall aufmerksam gemacht werden. Zusammenfassend soll der Einsatzort zum aktiven Helfer bei der Bewältigung von Einsätzen ausgerüstet werden. Die entsprechenden Maßnahmen laufen dabei automatisiert im Hintergrund ab, um tatsächlich Optimierung in Form von Sicherheits- und Zeitgewinnen zu erzielen, ohne zusätzliche Aufgaben oder die Interaktion mit weiterer Technik durch die Einsatzkräfte zu erzeugen.

Neben der technischen Systemintegration des ADLeR-Konzepts in die Rettungskette zur Steigerung der Sicherheit, muss diese Innovation zudem soziotechnisch und wirtschaftlich in den Lebensalltag aller Nutzergruppen integriert werden. Die Interaktion mit dem System soll für die Bewohnenden der jeweiligen Wohneinheit, auch vor dem Hintergrund der identifizierten Hauptzielgruppe, möglichst einfach gestaltet werden. Dementsprechend ist das System so konzipiert, dass nach der ggf. unterstützten Einrichtung des Regelsets für den Dauerbetrieb kaum Interaktion notwendig ist. Um mögliche Einschränkungen in der Sinneswahrnehmung zu adressieren sind zudem sowohl die Verwendung einer App-basierten Bedienung als auch eines Sprachassistenten vorgesehen. Weiterhin werden die technische Installation und der Einstieg in die Nutzung im Rahmen des ADLeR-Projekts von intensiven Aufklärungs- und Informationsmaßnahmen begleitet, um das System und seine Funktionen nachvollziehbar zu machen. Nur auf diese Art kann ein erlebter Sicherheitsgewinn und somit ein positiver Beitrag zum selbstbestimmten Alltag der Nutzenden erreicht werden. Gleichzeitig sieht das ADLeR-Konzept ein multiperspektivisches Finanzierungskonzept vor. Denn obwohl Smart Home Systeme mit zunehmender Marktdurchdringung nur noch von 29 % der Nicht-Nutzer als zu teuer eingeschätzt werden (Bitkom 2022), ist die Nachrüstung einer Wohnung mitunter mit Aufwänden im Bereich von mehreren Tausend verbunden. Einkommensschwächere Haushalte sollen jedoch keinesfalls von

Verbesserungen des Sicherheitsniveaus ausgeschlossen werden. Daher ist geplant, dass Wohnungsgesellschaften, Versicherungen und ggf. öffentliche Träger sich gemeinsam mit den Nutzenden an den Kosten beteiligen. Da eine unmittelbare Bekämpfung von Schadensereignissen neben der Rettung von Leben typischerweise auch geringere finanzielle Schäden erzielt, können die erstgenannten Institution incentiviert werden eigene Ersparnisse in Form von Förderungen der Nutzung anteilig weiterzugeben.

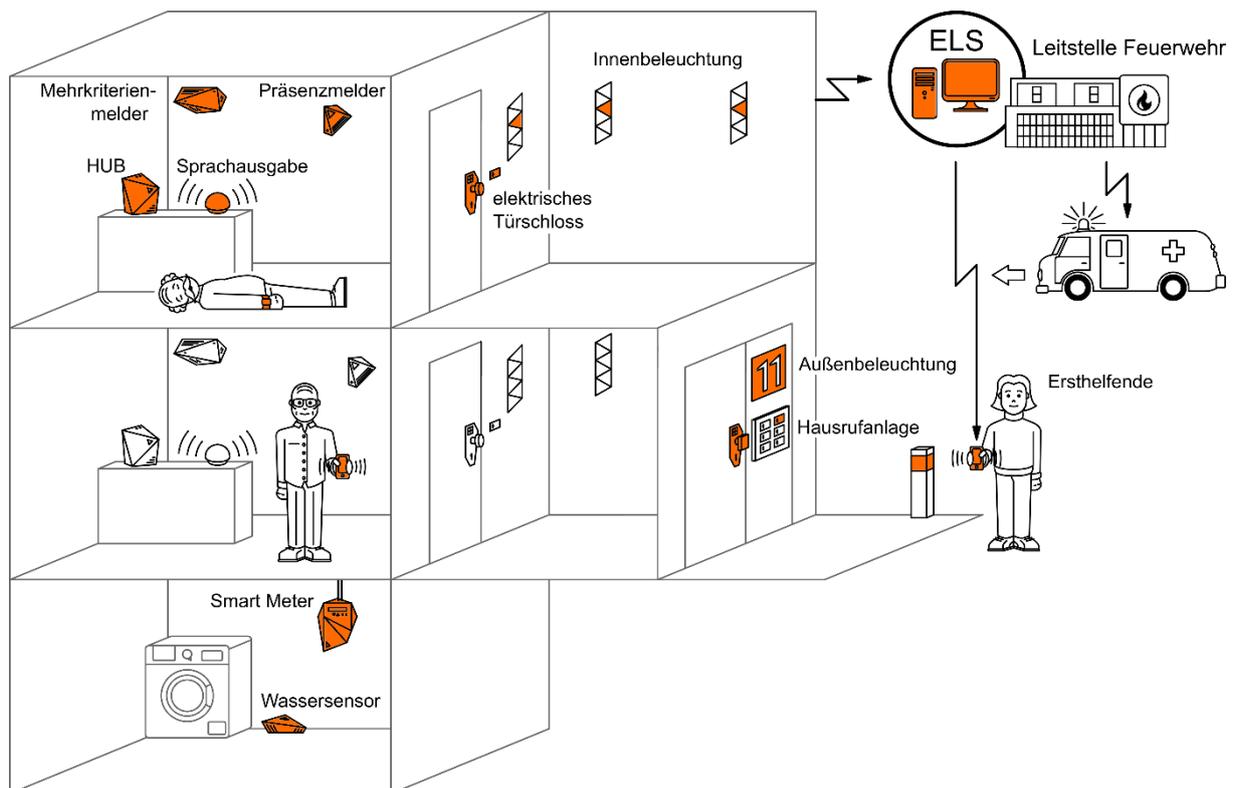


Abbildung 2 - Technische Systemkomponenten des ADLeR-Konzepts (eigene Darstellung)

Diskussion und Ausblick

Das ADLeR-Projekt umfasst zum aktuellen Zeitpunkt ein auf Bedarfen und Lösungsansätzen aufbauendes Gesamtkonzept zur Verbesserung des Sicherheitsniveaus im Lebensalltag insbesondere von Menschen mit eingeschränkter Selbstrettungsfähigkeit. Dies umfasst die Integration innovativer Technologien und zusätzlicher Maßnahmen der Hilfeleistung in die bestehende Rettungskette auf eine Art, die umfassende technisch-organisatorische sowie sozio-technische und wirtschaftliche Implikationen erzeugt. Dementsprechend ist eine praktische Erprobung des Konzepts notwendig. Im ersten Schritt soll dabei der messbare Sicherheitsgewinn aus Sicht der BOS, aber auch die erlebte Steigerung der Lebensqualität der Nutzenden ermittelt werden. Diese Vorteile müssen anschließend mit allen Aufwänden und möglichen Hürden bei der Systemeinführung und –nutzung in Kontext gesetzt werden, um eine abschließende Aussage zur Zielerreichung und letztendlich der Sinnhaftigkeit aller Maßnahmen treffen zu können. Neben der ganzheitlichen Untersuchung des Systems soll der Beitrag einzelner Komponenten der Smart Home Systeme bewertet werden. Hieraus soll eine Empfehlung zur Zusammenstellung der Systeme durch private Nutzende erfolgen, da diesen über den Projektrahmen hinaus die zukünftige

Ausgestaltung obliegt. Auch zur Vernetzung der privaten Technik mit BOS-Systemen sind umfangreiche Nutzungsanalysen durchzuführen. Diese sollen in Handlungsleitfäden für andere Feuerwehren und BOS aufbereitet werden, um die Übertragbarkeit des in Dortmund entwickelten Konzepts auf andere Gebiete zu fördern. Abschließend kann festgehalten werden, dass der erwartbare Mehrwert durch das ADLeR-Konzept zunächst im kleinen Maßstab praktisch erprobt und bewertet werden muss. Sofern die Ergebnisse dieser Tests und Weiterentwicklungen positiv ausfallen, sollte diese Mehrwerte intensiv dargestellt und die verbreitete Nutzung in Kreisen der privaten Nutzenden, aber auch der Politik, gefördert werden. Während BOS und Bevölkerung von der flächendeckenden Integration von Smart Home Systemen in die Rettungskette gleichermaßen profitieren würden, obliegt die Skalierung in erster Linie dem Marktinteresse und der Bevölkerung. Das Potential durch eine zunehmende Nutzung besteht, lediglich die neue Funktionalität gemäß des ADLeR-Konzepts muss etabliert werden. Um diesen Prozess im überregionalen Maßstab voranzutreiben, wird ein Zeitbedarf von 5 bis 10 Jahren nach Abschluss der lokalen Demonstration geschätzt.

Literatur

- Bitkom (2022): Das intelligente Zuhause: Smart Home 2022. Ein Bitkom-Studienbericht. September 2022, <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Das-intelligente-Zuhause-Smart-Home-2022> [23.05.2024].
- BMK – Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (o.J.): eCall – der automatische Fahrzeugnotrufdienst, <https://www.bmk.gv.at/themen/verkehr/strasse/verkehrssicherheit/unfaelle/ecall.html> [23.05.2024].
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2023): Bevölkerung nach Altersgruppen, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/bevoelkerung-altersgruppen-deutschland.html> [23.05.2024].
- DKKV – Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V. (2022): Opfer- und Schadensdaten zur Flut 2021 in Rheinland-Pfalz. DKKV Datenaufbereitung auf Basis der Daten der Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion (ADD) Rheinland-Pfalz sowie vom Landesamt für Soziales, Jugend und Versorgung Rheinland-Pfalz (LSJV - RLP), https://dkkv.org/wp-content/uploads/2023/02/Anfrage_Opfer-und_Schadensdaten_der_Flut_2021.pdf [23.05.2024].
- Feuerwehr Dortmund: Einsatzstatistik Feuerwehr Dortmund, Zeitraum: 06/2020 bis 06/2021.
- Gabler Wirtschaftslexikon (o.J.): Definition: Was ist "Smart Home"?, <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/smart-home-54137/version-384532> [23.05.2024].
- DIGITAL-ROOM (o.J.): matter-smarthome. Die unabhängige Info-Seite zum Smarthome-Standard Matter, <https://matter-smarthome.de/> [23.05.2024].
- RECHT.NRW.DE (2024a): Gesetz über den Brandschutz, die Hilfeleistung und den Katastrophenschutz (BHKG), https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_text_anzeigen?v_id=61120160624160758031 [23.05.2024].



RECHT.NRW.DE (2024b): Gesetz über den Rettungsdienst sowie die Notfallrettung und den Krankentransport durch Unternehmer (Rettungsgesetz NRW - RettG NRW), [https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_text_anzeigen?v_id=100000000000000000325#:~:text=\(1\)%20Die%20Kreise%20und%20kreisfreien,Rettungsdienst%20und%20des%20Krankentransports%20sicherzustellen](https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_text_anzeigen?v_id=100000000000000000325#:~:text=(1)%20Die%20Kreise%20und%20kreisfreien,Rettungsdienst%20und%20des%20Krankentransports%20sicherzustellen) [23.05.2024].

Link zum Vortrag

<https://thga.sciebo.de/s/Fh7fTKLRDNUhk3>

KIWA - Künstliche Intelligenz für die Hochwasserwarnung

Ralf Hedel⁽¹⁾, Patrick Brausewetter⁽¹⁾, Susanna Kunzmann⁽¹⁾, Jens Grundmann⁽²⁾, Anette Eltner⁽²⁾,
André Kutscher⁽²⁾, Tanja Morgenstern⁽²⁾, Xabier Blanch Gorriz⁽²⁾

(1) Fraunhofer Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme

(2) Technische Universität Dresden

Abstract

Hochwasserlagen wie in 2002 und 2021 stellen die Gesellschaft vor enorme Herausforderungen. Die frühzeitige Erkennung entstehender Gefahrenlagen sowie bessere Datengrundlagen für die Entscheidungsunterstützung in der Bewältigung von Gefahrenlagen können maßgeblich zur Vermeidung bzw. Verringerung von Schäden beitragen. Das BMBF-geförderte Verbundprojekt KIWA entwickelt eine nichtinvasive, KI-basierte Technologie zur automatischen Überwachung von Fließgewässern anhand von Kamerabildern. Die Technologie ermöglicht es, Kamerabilder automatisch auszuwerten und kontinuierlich wichtige Gewässerparameter zu bestimmen. Diese Gewässerparameter werden in Niederschlags-Abflusssimulationen eingespeist, die wiederum eine feinräumige Hochwassergefährdungsprognose und Lagebewertung ermöglichen. Die Mess- und Prognoseergebnisse werden dafür in das digitale Einsatzführungssystem MobiKat® integriert. Ziel ist, die Entscheider bei der Beurteilung der Lage und Analyse der Handlungsmöglichkeiten effektiv zu unterstützen. Die im Projekt KIWA entwickelte kamerabasierte Messmethode verfügt unter günstigen Beobachtungsbedingungen bereits heute über eine sehr hohe Genauigkeit. Im weiteren Projektverlauf wird insbesondere an der Robustheit der Messmethode gearbeitet.

Ausgangslage und Einführung

Das Projekt KIWA⁴ zielt auf die Unterstützung von Einsatzkräften und insbesondere von Entscheidungsträgern in der Erkennung, Bewertung und Bewältigung von Naturkatastrophen, speziell von Starkregen und Hochwasserereignissen, ab.

Vorhersagen der Niederschlagsmengen sind vor allem bei Starkregenereignissen in ihrer zeitlichen und räumlichen Verteilung oft nicht exakt vorhanden. Das betrifft besonders die Einzugsgebiete untergeordneter Fließgewässer. Einsatzleitungen vor Ort benötigen eine ausreichende Vorwarnzeit, um „vor die Lage“ zu kommen und Handlungsoptionen rechtzeitig abschätzen und bewerten zu können.

Die wissenschaftlich-technischen Entwicklungen in Hinblick auf Kamerasensorik, Bildauswertungsalgorithmen, Frameworks zur Nutzung künstlicher Intelligenz, PC-Rechenleistung und Mobilfunk wecken die Hoffnung, dass aktuelle Gewässerkenngößen anhand von Kamerabildern nahezu in Echtzeit ermittelt werden können, insbesondere die Wasserstandshöhe sowie die

⁴ KIWA Projektwebseite: <http://kiwa.hydro.tu-dresden.de/>

Fließgeschwindigkeit. Hieraus ergibt sich das Potenzial zur Entwicklung eines Verfahrens zur gefahrlosen, nicht-invasiven Messung dieser Gewässerparameter. Mithilfe dieser kontinuierlich ermittelten Parameter sowie einem vorab ermittelten Gewässerprofil kann der Durchfluss [m^3/s] abgeschätzt und als Eingangsgröße für Abflussvorhersagen verwendet werden.

Ziel des Projektes KIWA ist daher die Entwicklung, Demonstration und Evaluation von KI-basierten Werkzeugen für die Hochwasserwarnung und -beobachtung, um Einsatzleitungen des Katastrophenschutzes beim Bewältigen von Großschadenslagen infolge von Starkregen und Hochwasser zu unterstützen.

Verbundpartner von KIWA sind die TU Dresden, Professur für Hydrologie (Koordinator), die Juniorprofessur für Geosensorsysteme sowie seitens des Fraunhofer IVI die Abt. Strategie & Optimierung. Assoziierte Projektpartner sind das Landeshochwasserzentrum Sachsen, die Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft des Freistaats Sachsen (BfUL) sowie die Landkreise Bautzen, Görlitz und Sächsische Schweiz-Osterzgebirge. Mit den Projektpartnern werden die praxisrelevanten Anforderungen an den Demonstrator erhoben und deren Umsetzung in der entwickelten Lösung kontinuierlich auf Akzeptanz überprüft. Der Beitrag stellt die bereits erzielten Projektergebnisse sowie einzelnen Elemente des Demonstrators vor.

Das Vorhaben zielt auf die Entwicklung und Demonstration folgender KI-basierter Werkzeuge:

- KI zur automatisierten Wasserstandserkennung aus Kamerabildern: Der Schwerpunkt liegt auf der Bildklassifikation zur sicheren Unterscheidung von Wasserfläche und Ufer. Durch Verschneidung der selektierten Wasserfläche mit einem präzisen 3D-Geländemodell werden Ermittlungen des Wasserstandes bzw. Aussagen zu Wasserstandsdifferenzen ermöglicht. Gegenüber bestehenden Verfahren der Bildklassifikation werden höhere Genauigkeiten erwartet. Für eine robuste Anwendung ist die KI auch unter schwierigen Beobachtungsbedingungen (z. B. Nacht, Gegenlicht, Regen) zu trainieren.
- KI zur Ableitung der Durchflussmenge für Fließgewässer: Ausgangspunkt ist die bildbasierte Bestimmung von Oberflächengeschwindigkeiten mittels Partikeltracking. Durch Einbeziehen zurückliegender Messungen und der Gewässercharakteristik soll eine Ableitung des Durchflusses möglich werden, die auch unter schwierigen Beobachtungsbedingungen robust funktioniert.
- KI zur Simulation von Niederschlags-Abfluss-Prozessen: Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung geeigneter Netzstrukturen, die das nichtlineare Verhalten der Einzugsgebiete bei der Transformation des Niederschlags in Abfluss beschreiben. Gegenüber bisherigen deterministischen hydrologischen Modellierungen werden Geschwindigkeitsvorteile erwartet.

Datenquellen

Das Projekt KIWA entwickelt bzw. nutzt drei verschiedene Messstellentypen:

Typ A: langjährige Messpegel des assoziierten Partners BfUL – hierbei handelt es sich um Pegelstationen im amtlichen Messnetz, für die bereits langjährige Wasserstands- und Durchflussmessungen vorliegen. Sie dienen im KIWA-Projekt als Referenzpegel zur Methodentwicklung. In KIWA werden sie zusätzlich mit optischen Kamerasystemen und bei Bedarf mit

IR-Strahlern ausgerüstet. Im Projekt werden die Pegelstandorte Elbersdorf (an der Wesenitz), Großschönau (Mandau) sowie Lauenstein (Müglitz) genutzt.

Typ B: Hochwasserkameras des Projektpartners Fraunhofer IVI – Das Fraunhofer IVI rüstet bereits seit 2011 hochwassergefährdete Gewässer mit Kamerasystemen aus. Diese werden in KIWA mit zusätzlichen Messsystemen für die Wasserstandsmessung ausgerüstet (Drucksonde, Radar) und zur Methodenanwendung genutzt. Im Projekt besonders relevant sind die Kamerastandorte: Heidenau (Müglitz), Zittau (Neiße), Neukirch (Wesenitz) sowie Großröhrsdorf (Große Röder).

Typ C: mobile, autarke Hochwasserkameras KIWA – sie dienen zum Methodentransfer, zur Überwachung bislang unbeobachteter Standorte und dem Test neuer Einsatzszenarien. Primäres Einsatzszenario ist die ad-hoc Überwachung von Fließgewässern bei sich abzeichnenden Starkniederschlägen oder Hochwasserlagen. Darüber hinaus könnten auch weitere Szenarien abgedeckt werden, etwa die Überwachung von Wasserrückhaltebecken. Für einen Einsatz sind die mobilen Kamerasysteme durch Mitarbeiter bzw. Angehörige der Feuerwehr oder des Katastrophenschutzes zu geeigneten Beobachtungspositionen zu verbringen und dort aufzustellen. Die mobilen Messkameras sollen mindestens drei Tage unabhängig von externer Stromversorgung - mit Solarpanels permanent bzw. mindestens für etwa 10 Tage autark betrieben werden können. Zielstellung der Gestaltung ist, die Einsatzkräfte nur minimal für Aufbau, Konfiguration und Betreuung der Kamerasysteme zu beanspruchen. Die mobilen Systeme bestehen aus drei großen Komponenten:

- (1) dem KIWA-Systemkoffer mit Dual-SIM-4G/5G-Netzwerkrouter und MIMO-Antennen für redundante Mobilfunknetzanbindung, einem leistungsfähigen Industrie-PC oder Notebook für die lokale Ausführung der KIs, einem Datenspeicher (NAS) für die Archivierung von Kamerabildern und Videoclips sowie Netzteilen/PoE-Injektor für Kamera etc.,
- (2) der Stromversorgung in Form eines Li-Akkus mit integriertem Batteriemanagementsystem, Wechselrichter, Laderegler und Netzfilter und optionalen Solarpanels zur Verlängerung der autarken Einsatzdauer,
- (3) einer PTZ (Pan-Tilt-Zoom/Schwenk-Neig-Zoom) Netzwerkkamera mit Infrarotstrahler auf einem standfesten Teleskopstativ mit Verankerungsmöglichkeiten am Boden.

Zusätzlich wird von jedem Standort das exakte georeferenzierte 3D-Modell erhoben und die innere Geometrie der Kameras durch Aufnahme von Testbildern ermittelt. Dieser Schritt ist derzeit zur exakten Wasserstandserkennung nötig; durch die zunehmende Verfügbarkeit hochpräziser flächendeckender Geländemodelle und die Anwendung automatischer Ausgleichsverfahren könnten diese Vorarbeiten künftig entfallen.

Methodik zur Abschätzung der Gewässerparameter und Prognosen

Für die Bestimmung des Wasserstandes wurden zunächst die Wasserflächen durch eine KI-basierte, automatische Segmentierung der Kamerabilder detektiert unter Verwendung der AiSeg - Easy Pytorch Segmentation Toolbox (Wagner et al. 2023). Das Training der KI zur Erkennung der Wasserflächen erfolgte mit etwa 1.100 verschiedenen Bildern, in denen die Wasserflächen manuell markiert wurden. Der Trainingsdatensatz umfasste dabei nur zu etwa 5 % Bilder von KIWA-Kamerastandorten. Die übrigen 95 % der Trainingsbilder hingegen stammten von anderen Standorten. Die beste Performance der Segmentierung zeigten hierbei das Convolutional Neural

Network (CNN) UPerNet + ResNeXt50. CNN gehören heute zu den wichtigsten methodischen Ansätzen des maschinellen Lernens und eignen sich insbesondere für die Auswertung rasterförmiger Bilddaten. Eine vertiefte Darstellung und einen systematischen Vergleich verschiedener Modellvarianten in der praktischen Anwendung für die Wasserflächendetektion bietet die o.g. Publikation von Wagner et al. (2023). Unter Nutzung eines digitalen Geländemodells (DGM) und der bekannten Kameraorientierung kann von der Wasserfläche auf den Wasserstand geschlossen werden. Abbildung 1 visualisiert links (in rot) die erkannte Wasserfläche und rechts den abgeschätzten Wasserstand in der Verschneidung mit dem DGM.

Bei der Darstellung, der Analyse und im Vergleich der kamerabasierten Wasserstandsermittlung mit den amtlichen Pegeldata im Jahresverlauf stellte sich heraus, dass der kamerabasierte Ansatz grundsätzlich funktioniert, der Wasserstand häufig aber unter- oder überschätzt wird. Der Versatz der kamerabasierten Messung zur Referenz (Pegel) wurde mit zunehmender Messdauer immer größer. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Kamera in ihrer äußeren Orientierung (Position, Blickwinkel) und der inneren Orientierung (Kameraparameter wie Brennweite) über die Zeit nicht hinreichend stabil ist. Daher wurde zunächst die Stabilität der äußeren Orientierung mit Hilfe von statischen Geländepasspunkten über die Zeit dargestellt und analysiert. Es wurde offensichtlich, dass es einerseits zu (eher geringfügigen) Schwankungen aufgrund von Wind und Temperatur kommt, andererseits aber auch zu erheblicheren Änderungen der Kameraposition und -orientierung, etwa durch Wartungsarbeiten, Vögel etc. Im Rahmen des Projektes wurde ein Algorithmus entwickelt, der anhand der im Bild erkannten Positionen von Passpunkten die Berechnungen aller Messungen korrigiert. Hierdurch konnte die Übereinstimmung der kamerabasierten Messung mit der Referenzmessung am Pegel signifikant verbessert werden.

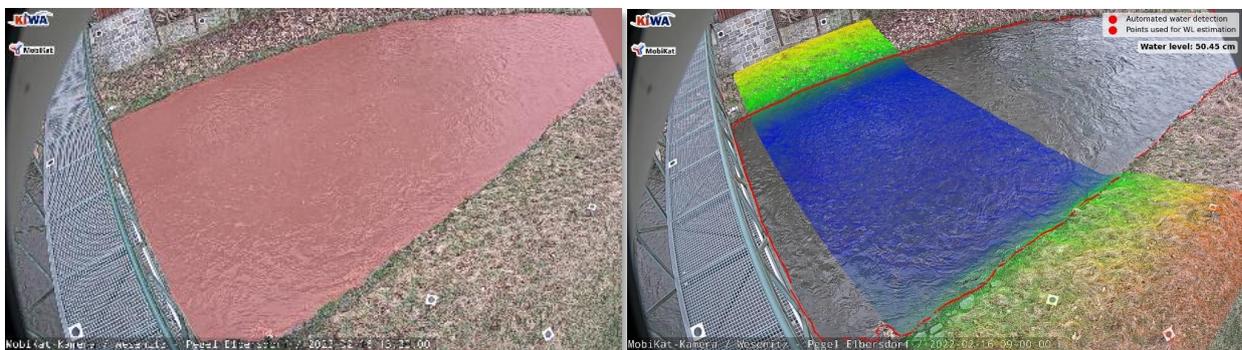


Abbildung 1: Optische Wasserstandsmessung: (links) KI-basierte Detektion der Wasserfläche, (rechts) Abschätzung des Wasserstandes

Für die Bestimmung der Oberflächengeschwindigkeit wird die Methode des Partikeltrackings basierend auf der Implementierung in der FlowVelo-Toolbox (Eltner et al. 2020) verwendet. Der Workflow umfasst folgende Schritte:

1. Partikeldetektion: Alle möglichen Partikel einer bestimmten Helligkeit werden im ersten Bild einer Videosequenz auf der Wasseroberfläche detektiert.
2. Tracking: Alle detektierten Partikel werden im Video-Clip von Bild zu Bild verfolgt und ihre Bewegung erfasst.

3. Filtern: Partikel, die sich zu schnell, zu langsam oder in die falsche Richtung bewegen, werden gefiltert.
4. Transformation: Umrechnung der Ergebnisse aus dem Bildraum in den Objektraum mit Hilfe der Kameraorientierung, dem Wasserstand und dem 3D-Modell.

Die Genauigkeit der Geschwindigkeitsbestimmung ist von der Anzahl der Partikelmessungen und der Partikelverteilung abhängig. Im Bereich von erhöhten Abflüssen, wenn viele Partikel mitgeschwemmt werden, ist die Genauigkeit deutlich höher als bei niedrigeren Abflüssen. Bei niedrigeren Abflüssen sind tendenziell weniger Partikel vorhanden, die zusätzlich schlecht verteilt sind und oft von örtlichen Gegebenheiten wie Verkräutung beeinflusst werden. Die kamerabasierte Bestimmung von Oberflächenfließgeschwindigkeit und resultierendem Durchfluss wird dadurch ungenauer.

Zur weiteren Reduzierung von Fehlern bzw. Ausreißern wurde durch die TU Dresden das Verfahren OptiQ (Kutscher et al. 2023) für die Bestimmung kontinuierlicher Durchflusszeitreihen mit folgenden Arbeitsschritten entwickelt und eingesetzt. Das Verfahren orientiert sich am Geschwindigkeitsflächenverfahren (DIN EN ISO 748:2022-12) und basiert auf der Unterteilung des Gewässerquerschnitts in Container bzw. Teilflächen:

- Reduzierung des Auswertebereichs: Anstelle der Auswertung des gesamten, im Bild sichtbaren, Flussprofils wird nur ein 2 m breiter Streifen in der Mitte des Profils betrachtet.
- Richtungsfilter: Nach Bestimmung der vorherrschenden Hauptfließrichtung werden alle Messungen entfernt, die von der Hauptfließrichtung (\pm einer Toleranz) abweichen. Auf diese Weise werden etwa Einflüsse von Schnee und Wellen entfernt.
- Geschwindigkeitsfilterung: Innerhalb der Container bzw. Teilflächen werden Ausreißer entfernt.
- Mittelung aller Messungen bei gleichem Wasserstand und Speicherung in einer Datenbank.
- Nutzung der Datenbank zur Füllung sporadischer Datenlücken (falls zu wenige Partikel erkannt).

Anhand des Gewässerquerschnitts und der Geschwindigkeit kann anschließend die Durchflusszeitreihe ermittelt werden. Die Ergebnisse der kamerabasierten Durchflussabschätzung nach oben erläuteter Methode sind bereits sehr gut, der mittlere Fehler (RMSE) beträgt am Referenzstandort Elbersdorf $0,22 \text{ m}^3/\text{s}$. Im Rahmen des Projektes werden weitere KI-basierte Ansätze entwickelt und getestet, um den Prozess weiter zu optimieren.

Im Anschluss erfolgt eine feinräumige Vorhersage des Durchflusses für die nächsten Stunden. Das Projekt KIWA nutzt hierfür ein LSTM-Netzwerk (Long-Short-Term-Memory). "LSTM" bezieht sich dabei auf die innere Funktionsweise der Neuronen: Entlang der Zeit-Dimension werden die Berechnungen der Neuronen in Schleife durchgeführt und es werden innere Zustände mitgeführt, welche dem Netz nach dem Training ein "Bewusstsein" für zeitliche Zusammenhänge zwischen Netz-Eingabe und Netz-Ausgabe geben.

Wesentliche Eingangsdaten sind die in den vergangenen 48 h beobachteten Niederschläge und Durchflüsse. Output des Verfahrens sind die prognostizierten Durchflüsse für die nachfolgenden 6 h. Das Training erfolgte mit ausgewählten Niederschlags-Abfluss-Ereignissen aus dem Zeitraum 2007 bis 2021. In systematischen Experimenten wurden verschiedene Modellvariationen

getestet und bewertet. Dabei wurde offensichtlich, dass regionale Netztrainings (in denen die KI an mehreren Einzugsgebieten gleichzeitig angelernt wird) deutlich besser performen als Trainings mit den Daten eines einzelnen Einzugsgebietes (Morgenstern et al. 2023). Im regionalen Netztraining lernt das Netz mehr hydrologische Ereignisse mit einer größeren Bandbreite kennen und erlernt damit ein allgemeineres hydrologisches Verhalten. Im Ergebnis kann das Netz genauer prognostizieren.

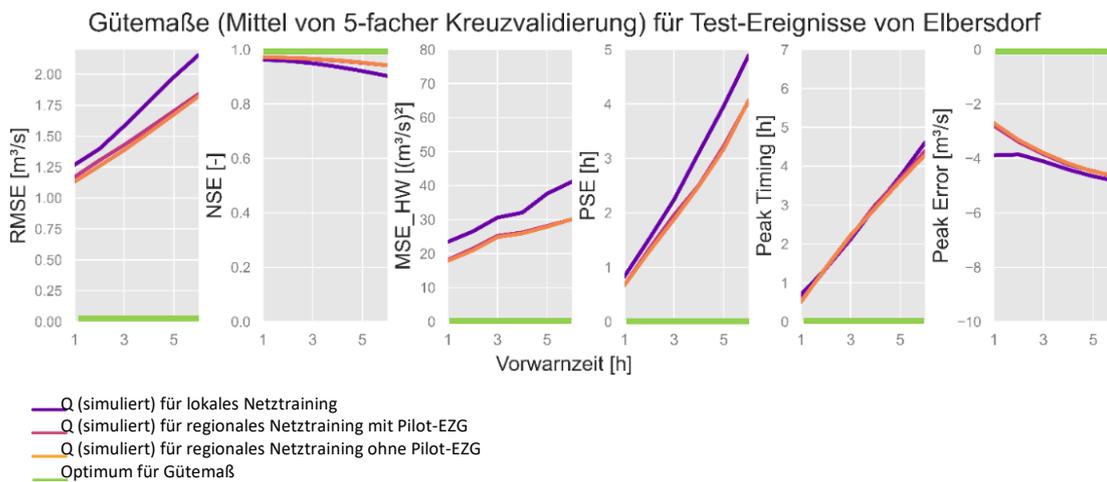


Abbildung 2: Gütemaße von Simulationsnetzvarianten für den Standort Elbersdorf

Abbildung 2 zeigt unterschiedliche Gütemaße für die verschiedenen Modellvarianten. Es wird deutlich, dass das Netz, das ohne die Daten des spezifischen Einzugsgebietes trainiert wurde (orange Linie), künftige Durchflüsse signifikant besser prognostiziert, besser als das nur lokal trainierte Netze. Im weiteren Projektverlauf ist geplant, die Extrapolationsfähigkeit auf extreme Hochwasserereignisse zu testen und ggf. zu verbessern. Hierfür werden synthetische Trainingsdatensätze genutzt. Zudem ist vorgesehen, Attribute der Einzugsgebiete bezüglich ihres Einflusses auf die Prognosegüte zu bewerten (z. B. Gebietsgröße, Hangneigungen, Landnutzung, Versiegelungsgrad).

Zielstellung des Projektes ist die Bereitstellung der Mess- und Prognosedaten für Entscheidungsträger z. B. in den Bereichen Katastrophenschutz und Feuerwehr.

Im Rahmen von bilateralen Beratungen und Workshops wurden mit den assoziierten Endanwendern Funktionalitäten und Workflows erarbeitet, welche die Lageführung wirksam unterstützen können. Diese werden zum einen im Fraunhofer-MobiKat®-Kameradashboard, zum anderen im Fraunhofer-MobiKat®-Führungsunterstützungssystem implementiert und evaluiert.

Abbildung 3 zeigt die erste Implementierung im Fraunhofer-MobiKat®-Kameradashboard. Hierbei handelt es sich um eine Web-Applikation, die berechtigten Personen den Zugriff auf Kamerabilder sowie deren Historie ermöglicht. In der Standortübersicht (Teilabbildung oben) können künftig die erreichten Warnstufen deutlich visualisiert werden. In der Detaildarstellung (unten) kann für jeden Standort direkt auf detaillierte Mess- und Prognosedaten für Wasserstand und Durchfluss zugegriffen werden.

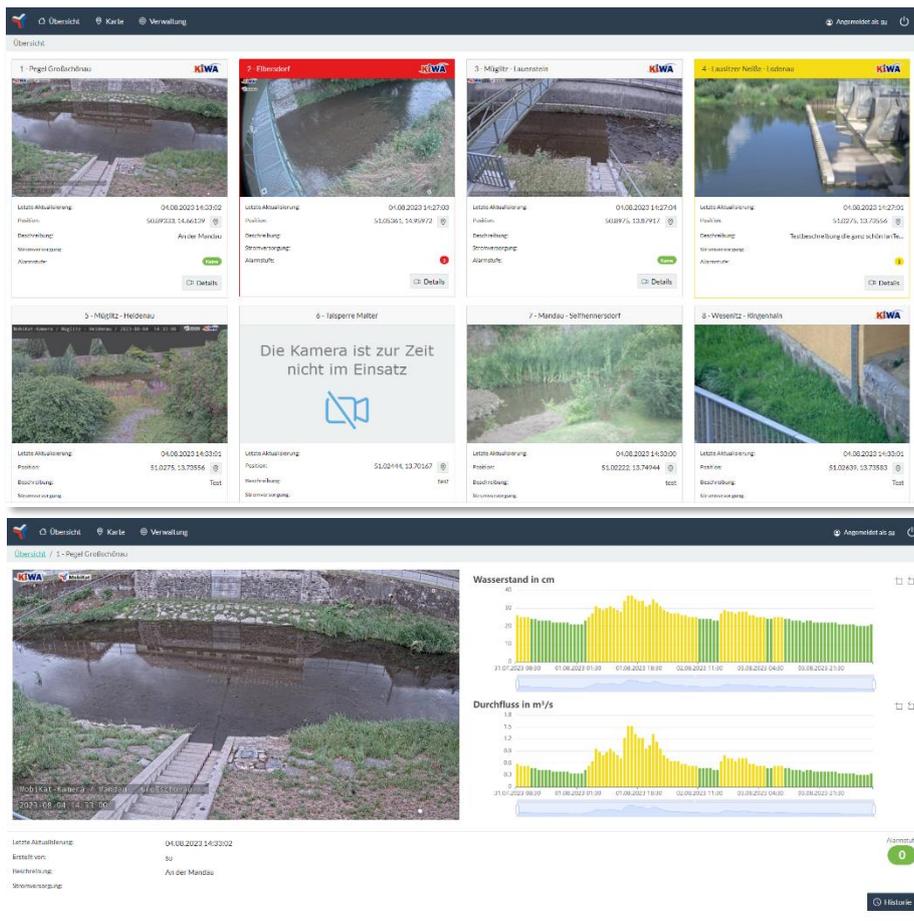


Abbildung 3: Webbasiertes Fraunhofer-MobiKat®-Kameradashboard mit erweiterten Mess- und Prognosedaten.

Das Fraunhofer-MobiKat®-Führungsunterstützungssystem ist primär eine Desktop-Anwendung und unterstützt insbesondere die Lageanalyse, Lagebewertung, Lageführung und Dokumentation. Lagedaten können zwischen MobiKat®-Instanzen über einen Lageserver synchronisiert werden.

Kern des Systems ist eine Lagekarte, in der alle Einsatzmaßnahmen, Kräfte und Mittel, Beobachtungen, Schutzobjekte etc. dargestellt werden. Bislang werden nur die amtlichen Pegelwerte und Hochwasserüberflutungsgebiete in der Lagekarte visualisiert. Künftig werden in der Lagekarte auch die Messwerte und Prognosen an den kamerabasierten KIWA-Messpunkten durch eindeutige Symbolik dargestellt. Neben dem Live-Bild der jeweiligen Gewässerkamera sind Mess- und Prognosedaten ohne Systembruch abrufbar. Mittels eines Schiebereglers können in der Lagekarte prognostizierte Überflutungsflächen künftiger Zeitstände für verschiedene Szenarien (wahrscheinlich - möglich - unwahrscheinlich) angezeigt werden. Die Lagedaten werden mit den Überflutungsflächen verschnitten. Übersichtliche Statistiken (z. B. der betroffenen Einwohner, Verkehrsinfrastruktur, sozialen Einrichtungen) werden automatisch generiert und können in der Lageführung direkt verwendet oder exportiert werden. Abbildung 4 visualisiert einen ersten, mit Endanwendern abgestimmten Entwurf.

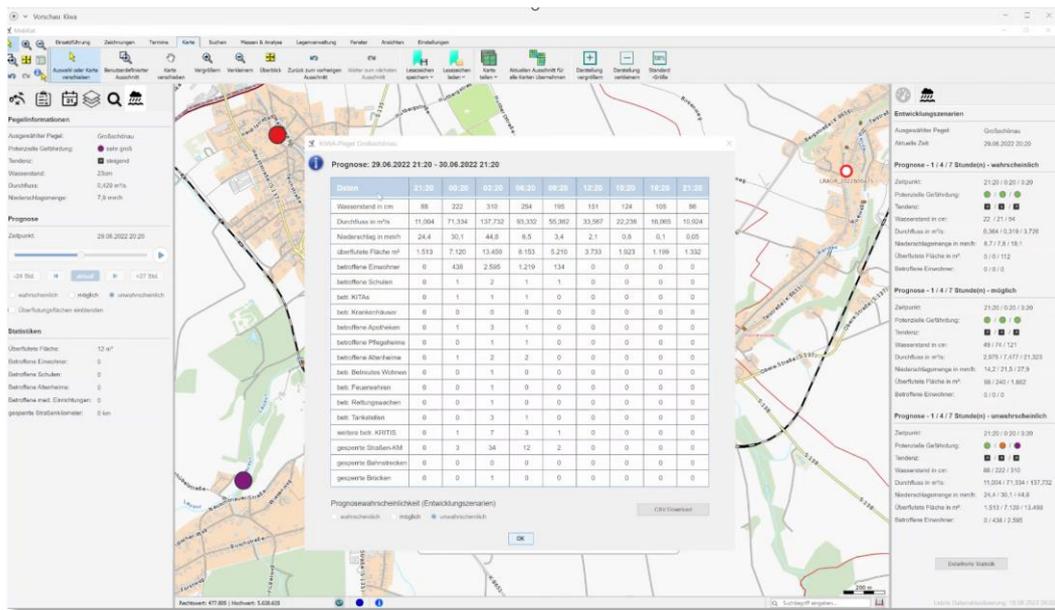


Abbildung 4: Verschneidung der Prognosedaten mit Lageinformationen im Desktop-System MobiKat®

Projektausblick

Schwerpunkte der verbleibenden Projektlaufzeit sind:

- Das Training der KIs für schwierige Beobachtungsbedingungen, um sie noch robuster auszuführen z. B. bei Schnee, Gegenlicht und Dunkelheit.
- Der Methodentransfer auf neue Standorte: Ein Teilziel ist die Anwendbarkeit der Methodik auf bislang nicht exakt vermessene Kamerastandorte. Hierfür ist es erforderlich, dass das KIWA-System die Kameraparameter automatisch ermittelt.
- Die Automatisierung und Operationalisierung: Bislang werden die einzelnen KIs noch im experimentellen Setting, d. h. auf einzelnen Rechnern der Projektbearbeiter sowie auf virtuellen Maschinen (VMs) im High-Performance-Computing-Center (HPC) der TU Dresden entwickelt bzw. evaluiert. Das Konsortium arbeitet derzeit daran, sämtliche Komponenten zu integrieren und künftig auf einem dedizierten Rechner zur Verfügung zu stellen. Damit wird die Idee verfolgt, die KIs möglichst in räumlicher Nähe der Kamera zum Einsatz zu bringen und nicht zwingend Kamerabilder bzw. Videoclips über das Mobilfunknetz übertragen zu müssen.
- Die softwaremäßigen Erweiterungen am Fraunhofer-MobiKat® Kameradashboard und Führungsunterstützungssystem.
- Die Realisierung der mobilen, autarken Messstelle vom Typ C.
- Die kontinuierliche Evaluierung, Präsentation und Verbesserung gemeinsam mit Endanwendern.

Danksagung

Die Projektergebnisse sind nur durch die Unterstützung der assoziierten Projektpartner erzielbar. Das Projektkonsortium dankt ihnen für ihr großes Engagement.

Das Projekt KIWA wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Richtlinie „Künstliche Intelligenz in der zivilen Sicherheitsforschung II - Forschung für die zivile Sicherheit 2018 – 2023“.

Literatur

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2022): DIN EN ISO 748:2022-12, Hydrometrie - Durchflussmessung in offenen Gerinnen mittels Fließgeschwindigkeitsmessgeräten (ISO 748:2021).

Eltner, Anette, Hannes Sardemann, & Jens Grundmann (2020): Technical Note: Flow Velocity and Discharge Measurement in Rivers Using Terrestrial and Unmanned-Aerial-Vehicle Imagery, Hydrol. Earth Syst. Sci., 24, 1429–1445, <https://doi.org/10.5194/hess-24-1429-2020>.

Kutscher, Andre, Jens Grundmann, Anette Eltner, Xabier Blanch & Ralf Hedel (2023): Application of Optical Particle Tracking Velocimetry (PTV) to Determine Continuous Discharge Time Series, EGU General Assembly 2023, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-9946>.

Morgenstern, Tanja, Jens Grundmann, & Niels Schuetze, (2023): Flood Forecasting with Deep Learning LSTM Networks: Local vs. Regional Network Training Based on Hourly Data, EGU General Assembly 2023, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-9726>.

Wagner, Franz, Anette Eltner, Hans-Gerd Maas, (2023): River Water Segmentation in Surveillance Camera Images: A Comparative Study of Offline and Online Augmentation Using 32 CNNs, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 119, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103305>.

Link zum Vortrag

<https://thga.sciebo.de/s/55eJL6CDISONgO>

Tage der Sicherheitsforschung

Tag 2: 15. Juni 2023

Session: Aktuelle Herausforderungen

Integration von Spontanhelfenden als Schlüssel zur Katastrophenbewältigung?!

Michael Bartz

Privat

Abstract

Für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) besteht weiterhin eine Unsicherheit im Umgang mit Spontanhelfenden. Da die Hilfsbereitschaft in der Bevölkerung gewachsen ist, ergibt sich die Frage, wie ein gemeinsames Tätigwerden unter den Akteuren gelingen kann. In einer durchgeführten Studie im Jahr 2022 wurde die Zusammenarbeit zwischen Behörden und Spontanhelfenden am Beispiel der Flutkatastrophe 2021 in Stolberg (Rhld.) betrachtet. Anhand von Interviews wurde deutlich, dass die Kommunikation untereinander eine zentrale Rolle spielt. Darüber hinaus wurde u.a. der Wunsch nach zentralen Anlauf- und Sammelstellen sowie festen Ansprechpersonen auf Seiten der Behörden geäußert. Auch wenn die Unterstützung der BOS aus Sicht von Spontanhelfenden erforderlich ist, steht weiterhin das eigenständige Handeln im Fokus von Spontanhelfenden, um unbürokratisch die Lage zu bewältigen (vgl. Bartz, 2024).

Einleitung

In der Nacht vom 14. auf den 15. Juli 2021 sorgte das Sturmtief Bernd in Teilen von Nordrhein-Westfalen (NRW) und Rheinland-Pfalz für katastrophale Auswirkungen. Die Stadt Stolberg im südlichen Teil von NRW in der Städteregion Aachen war aufgrund andauernder Niederschläge und Starkregen stark von Hochwasser betroffen. Die Wassermassen mit bis zu ca. 240 l/m² in 24 Stunden führten in kurzer Zeit zu Überschwemmungen. Kleinere Bäche und Flüsse wie der Vichtbach und die Inde verwandelten sich zu reißenden Strömen. In der Folge entstanden entlang des Vichtbaches, insbesondere in den Stadtteilen Zweifall, Vicht, Atsch sowie in der Innenstadt, unzählige Sachschäden an privaten und öffentlichen Objekten (MULNV, 2021). Zur Bewältigung der Katastrophe traten neben Hilfskräften wie der Feuerwehr und dem Technischen Hilfswerk (THW) zahlreiche Privatpersonen, im Folgenden als Spontanhelfende bezeichnet, in Erscheinung, um die Lage vor Ort zu bewältigen.

Das System zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland stützt sich auf ehren- und hauptamtliche Einsatzkräfte in Hilfeleistungsorganisationen. In Krisen- und Katastrophenzeiten hat sich gezeigt, dass neben den eingesetzten BOS-Kräften die Bereitschaft zur Mithilfe in der Bevölkerung in Form ungebundener und spontaner Helfender wächst. Anhand der Flutkatastrophe 2021 ist deutlich geworden, dass die Hilfe Spontanhelfender sogar erforderlich ist, da die Kapazitäten der staatlichen Helfenden nicht ausreichen. Diesen Hilfsbeitrag aus der Bevölkerung nahm die BOS

bereits bei zurückliegenden Ereignissen wie dem Oderhochwasser im Jahr 1997, dem Donau-/Elbehochwasser im Jahr 2013 und der Flüchtlingskrise im Jahr 2015 wahr (Riebe et al., 2019; Uni Stuttgart, 2018c).

Diese Hilfsbereitschaft, die aus Sicht der Bevölkerung gewünscht ist, kann jedoch zu Problemen im Hinblick auf das Handeln der staatlichen Behörden und deren Hilfskräften führen. Spontanhelfende, die zum Teil aus dem gesamten Bundesgebiet anreisen, um vor Ort zu helfen, mangelt es an Führungsfähigkeiten und Koordination. Es hat sich gezeigt, dass die Straßen und Zuwegungen neben dem generellen Katastrophentourismus z. B. durch parkende Autos der freiwilligen Helfenden versperrt oder so weit verengt sind, dass Einsatzfahrzeuge der Feuerwehr, des THW oder anderen Hilfsorganisationen, wie z. B. des Deutschen Roten Kreuzes (DRK) oder Malteser Hilfsdienstes (MHD), keine freie Fahrt haben (IM NRW, 2022). Die Rettung von Menschenleben oder die Abwehr von Gefahren können dadurch behindert werden. Eine Übersicht über priorisierte und dringende Hilfen an bestimmten Orten und Objekten ist für Helfende bei deren Ankunft nicht erkennbar, so dass gegebenenfalls dort Maßnahmen ergriffen werden, wo der zeitliche Aspekt eine geringere Rolle spielt.

Aus Sicht der BOS besteht Unklarheit im Hinblick darauf, für welche Tätigkeiten Spontanhelfende eingesetzt werden könnten (ebd.). In diesem Zusammenhang stellen sich folgende Fragen: Welche Kontaktaufnahme ist gewünscht, welche Unterstützung sowie Hilfsmittel werden benötigt und wie kann ein gemeinsames Tätigwerden Spontanhelfender und Behörden gelingen? Die Unsicherheit sowie die mangelnden Informationen führen dazu, dass das vorhandene Potenzial in Form von Spontanhelfenden nicht ausgeschöpft wird. Dies kann aufseiten der Helfenden zu Unmut und Verärgerung führen. Oftmals mangelt es Spontanhelfenden und Behörden an einem gegenseitigen Verständnis, wodurch Konflikte entstehen können (Riebe et al., 2019). Auch an Wissen zu Abläufen und Arbeitsweisen aller Beteiligten mangelt es zum Teil (Betke et al., 2017). Die Hauptproblematik im Rahmen der Koordinierung durch die BOS besteht darin, dass die Anzahl der Helfenden sowie die Tatsache, wo und wann diese tätig werden, unbekannte Variablen darstellen. Daher ist die Schaffung einheitlicher Strukturen und Handlungsvorgaben für die Zusammenarbeit zwischen staatlichen Behörden und Spontanhelfenden erforderlich (Kircher, 2014).

Stand der Forschung

In den letzten zehn Jahren wurden zahlreiche Forschungsprojekte zum Thema Spontanhelfende initiiert und durchgeführt. Hierzu gehören exemplarisch die Projekte ENSURE, KUBAS, KOKOS, REBEKA und WUKAS (vgl. Kaczmarek und Diederichs, 2016; Uni Halle, 2020; Rusch et al., 2019; Drews, 2019; Winter und Brückner, 2022).

In den Forschungsprojekten wurden unterschiedliche Betrachtungsweisen und Themenfelder, wie z.B. Arbeitsschutz und technische Lösungen in Form von Apps o.ä., erforscht. Ein gesamtgesellschaftlicher Ansatz, mit dem die einzelnen Gesichtspunkte und Projekte miteinander verbunden werden können und der als Gesamtsystem dienen kann, existiert bislang nicht (Stand 2022). Handlungshilfen für BOS unter Berücksichtigung der Bedürfnisse Spontanhelfender anhand zurückliegender Ereignisse sind nur vereinzelt als Ergebnisse der vorgenannten Projekte vorhanden. Eine angepasste bzw. fortgeschriebene Handlungshilfe auf Grundlage des Hochwasserereignisses aus dem Jahr 2021 gibt es der Literatur- und Internetrecherche zufolge noch nicht.

Forschungsfragen

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde untersucht, welche Maßnahmen erforderlich sind, um eine Zusammenarbeit zwischen Behörden und Spontanhelfenden etablieren zu können. Zum einen galt es, die Motive, Motivationen und individuellen Vorstellungen Spontanhelfender in Bezug auf das Handeln zu identifizieren. Zum anderen wurde analysiert, welche Rolle staatliche Behörden einnehmen können und welche Unterstützung von Spontanhelfenden erwartet werden. Um diese Zielsetzung erreichen zu können, wurden folgende Teilfragen untersucht:

- Nach welchen Kriterien entscheiden Spontanhelfende, ob, wann und wo sie helfen?
- Welche Unterstützung erwarten Spontanhelfende von staatlichen Behörden?
- Wie kann eine gegenseitige Kontaktaufnahme zur Koordinierung der Hilfe erfolgen?
- Stehen soziale Netzwerke wie Facebook und Instagram zur Bündelung sowie Koordinierung der Hilfe im Fokus Spontanhelfender oder sind behördliche Koordinierungsstellen, z. B. eine Telefonhotline, gewünscht?
- Durch welche Faktoren wird die Zusammenarbeit mit staatlichen Behörden sowie unter Spontanhelfenden selbst beeinflusst?
- Welche Maßnahmen und Handlungen sind im Vorfeld einer Katastrophe erforderlich, um ein gegenseitiges Verständnis sowie eine Koordinierung fördern zu können?

Methode

In der Studie wurden qualitative Interviews im Zeitraum vom 15. Juni 2022 bis zum 31. Juli 2022 durchgeführt. Als Interviewpartnerinnen und -partner wurden elf Personen ausgewählt, die vom 14. Juli 2021 bis zum 30. September 2021 federführend als Spontanhelfende in der Stadt Stolberg (Rhd.) beim Hochwasserereignis im Einsatz waren. Die Anzahl der Befragten entspricht nicht einer repräsentativen Stichprobe, weil der Fokus auf der Auswahl von Persönlichkeiten lag, die eine leitende oder führende Rolle in einer spontan Helfenden Gruppierung (z.B. Bürgerinitiative, Verein oder Nachbarschaftsgemeinschaft) eingenommen haben. Als weitere Einschlusskriterien wurden ein Mindestalter von 18 Jahren festgelegt. Eine detaillierte Auswahl nach Merkmalen wie Geschlecht, Nationalität, Höchstalter, Beruf und sozialer Status wurde nicht vorgenommen. Als Ausschlusskriterium wurden die Unterschreitung des Mindestalters und die Abweichung des vorgenannten Zeitraumes der Tätigkeit festgelegt. Am Beispiel der Flutkatastrophe 2021 in Stolberg wurden die Bedürfnisse und Einflussfaktoren von Spontanhelfenden ermittelt. Die Entstehung, Struktur und Organisation von spontan Helfenden Gruppen unter Zuhilfenahme von sozialen Netzwerken, spielte eine zentrale Rolle in der Betrachtungsweise. Das Ziel lag darin, neue interdisziplinäre Erkenntnisse und Optimierungsansätze für die zukünftige Zusammenarbeit zwischen Behörden/BOS und Spontanhelfenden zu erlangen und diese in einer Handlungshilfe für BOS-Einsatzkräfte im Umgang mit Spontanhelfenden darzustellen (vgl. Bartz, 2024).

Folgende Hauptkategorien (HK) wurden im Rahmen der Auswertung der Ergebnisse festgelegt:

- Kriterien und Einflussfaktoren zur Spontanhilfe (HK1)
- Kommunikation (HK2)

- Behörden/BOS (HK₃)
- Organisation und Koordination von Spontanhelfenden (HK₄)

Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der durchgeführten Interviews geordnet anhand der vier Hauptkategorien dargestellt.

Kriterien und Einflussfaktoren zur Spontanhilfe

In die HK₁, Kriterien und Einflussfaktoren zur Spontanhilfe, wurden alle Aussagen eingeordnet, die Aufschluss darüber geben, durch welche Einflüsse und Kriterien Spontanhelfende zum Einsatz kommen. Die Beweggründe, das Motiv und die Motivation spielen in diesem Zusammenhang eine zentrale Rolle.

Als Einstieg in die Interviews wurde nach der Betroffenheit von Familienangehörigen, Freunden, Bekannten sowie der interviewten Person selbst durch die Flutkatastrophe gefragt. Zehn der elf Befragten gaben an, nicht direkt betroffen gewesen zu sein, da sie entweder in höhergelegenen Lagen oder in Ortsteilen, die nicht von diesem Ereignis betroffen waren, wohnen. Die Betroffenheit von Freunden und Bekannten wurde in allen Interviews mit Ja beantwortet.

Auf Nachfrage, welche Gründe zum Helfen bewegt haben und von welchen Kriterien die Entscheidung abhängig gemacht wurde, wurde berichtet, dass die Katastrophe „unmittelbar vor der eigenen Haustür“ (I₁, B₂) und dementsprechend eine Selbstbetroffenheit vorhanden war. Die Bilder, die über die sozialen Netzwerke und per WhatsApp gestreut wurden, waren für einen Teil der Befragten allein schon ausschlaggebend, um loszuziehen und ihre Hilfe anzubieten. Es wurde deutlich, dass nicht nur die Not der Betroffenen ausschlaggebend für die Hilfe war, sondern dass das Bestreben auch darin bestand, den Menschen wieder aus dieser Not herauszuhelfen. Ein Befragter führte seine Motivation dabei auf die Schwere des Ereignisses zurück. Neben den Bildern bzw. Fotos habe ein Facebook-Video des reißenen Flusses dazu bewogen zu sagen, „ich muss da runter“ (I₅, B₈). Eine weitere Befragte erwähnte hingegen, dass sie aufgrund der Eindrücke, die ihr Ehemann als Mitglied der freiwilligen Feuerwehr geschildert hatte, den Drang verspürt hatte, zu helfen. Im Rahmen der Interviews ist deutlich geworden, dass die Spontanhelfenden ihre eigenen Bedürfnisse im Rahmen der Entscheidung für die Hilfe zurückstellten. Zwei Befragte beantragten Urlaub bzw. brachen diesen ab. Eine Befragte merkte an, dass die zahlreichen Bilder und Videos in den sozialen Medien ebenfalls Gründe für die Hilfe waren: „[...] Jedem ist da irgendwie plötzlich klar geworden, die öffentliche Hand kann das nicht schaffen“ (I₆, B₁₁). Sie berichtete weiter, ihre Wahrnehmung sei gewesen, dass viele Helfende in ihrer Umgebung ihre Hilfe aufgrund ihrer fachlichen Erfahrungen zur Verfügung stellen wollten. Die Hilfe auf Zeit wurde auf die vielen Eindrücke und belastenden Situationen zurückgeführt, die sie durch die Spontanhilfe erlebt hatte. Des Weiteren wurde eine Schwäche in der Betreuung der Spontanhelfenden während und nach deren Tätigkeit benannt. Ein Befragter merkte an, dass das eigene Privatleben nach einer bestimmten Zeit wieder in den Vordergrund gestellt werden musste: „Wir hatten ein Kern-Team, das über Monate zusammen [...] gearbeitet hat. Viele haben sich jetzt erst, vor ein paar Monaten, gesagt: ‚Jetzt reicht es. Wir müssen auch mal wieder an unser Privatleben denken und auch mal wieder etwas für uns tun‘“ (I₃, B₅). Die Befragten reflektierten ihre Tätigkeit im Nachgang und sehen die Verantwortung bei staatlichen Strukturen. Ein Befragter gibt an: „Eigentlich dürfte es uns gar nicht geben [...]. Das, was wir gemacht haben, zum großen Teil ist das ein Auftrag der öffentlichen Hand, und nicht von irgendwelchen Leuten, die ehrenamtlich sowas leisten“ (I₃, B₄).

Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Hauptkategorie 1:

- Betroffenheit wird als Beweggrund für Hilfeleistung erachtet
- Lokaler Bezug spielt eine zentrale Rolle
- Eigene Bedürfnisse werden hintenangestellt
- Die Wahrnehmung und das Handeln werden durch soziale Netzwerke beeinflusst

Kommunikation

Der HK2 wurden Aussagen zugeordnet, die Aufschluss über die Kommunikation während der Katastrophe geben.

Die Befragten nutzten zur Informationsbeschaffung, Organisation und Koordination weiterer Spontanhelfender neben dem persönlichen Kontakt vor Ort und dem Telefon (Anruf/SMS) überwiegend soziale Medien. Insbesondere die Plattform Facebook wurde von Allen in Anspruch genommen. Zu Beginn der Katastrophe wurden entweder bestehende Facebook-Seiten oder -Gruppen genutzt oder für diesen Anlass neu erstellt. Zwei Befragte nutzten ihre bestehenden Initiativen-Seite, die aufgrund der Corona-Pandemie bereits einen großen Follower-Kreis erreicht hatten. Der in kurzer Zeit ansteigende Bekanntheitsgrad und die daraus folgende Reichweite wurden als Vorteile hervorgehoben. Da Facebook während der Katastrophe im Schadensgebiet aufgrund des instabilen Internets nicht nutzbar war, war aus der Sicht der Befragten ein Ausweichen auf WhatsApp zielführend.

Während die Mehrheit der Befragten positive Aspekte, wie die hohe Reichweite durch die Plattform Facebook im privaten Sektor erwähnte, berichtete eine Befragte über negative Erfahrungen in Bezug auf Aufrufe von Hilfsorganisationen: „Es gab dann irgendwie so einen Aufruf, man soll sich als Helfer registrieren lassen beim Deutschen Roten Kreuz. Das funktionierte überhaupt gar nicht. Man konnte da niemanden anrufen. Ich habe eine E-Mail geschrieben. Ich habe bis heute zu diesen Sachen keine Rückmeldung erhalten“ (I5, B8).

Die Kommunikation unter den Spontanhelfenden erfolgte neben dem Austausch in sozialen Netzwerken auch als persönlicher Dialog.

In Bezug zur Kommunikation und Zusammenarbeit unter den Spontanhelfenden, bewertete der Großteil der Befragten diese als positiv. Den Zusammenschluss unter den Spontanhelfenden führte ein Befragter auf die gemeinsame Sache zurück: „Zwischen ein paar Leuten war sehr schnell klar: Okay, wir ticken ähnlich. Auch wenn wir komplett andere Geschichte haben und auch sonst uns im Leben anders gebaren [...]. Die wollen etwas Ähnliches. Mit denen kann man etwas wegarbeiten. Und das ging dann eigentlich sehr schnell. Wir waren ja auch alle in der gleichen Situation“ (I3, B4). Ein anderer Befragter erachtet den Erfolg der Spontanhelfenden darin, dass schnell auf Anfragen in den sozialen Netzwerken reagiert wurde und ein ständiges Monitoring erfolgte. Der persönliche Bezug und die Ansprache der anderen Helfenden spielten aus Sicht der Befragten eine entscheidende Rolle. Um mit weiteren Spontanhelfenden und den Hilfersuchenden in Kontakt zu kommen, wurde der Vorteil in einer zentralen Lage benannt: „Dadurch, dass wir halt zentral am alten Rathaus auch sichtbar waren, waren wir für unglaublich viele Leute auch ein Ansprechpartner [...]“ (I6, B10).

Die Kommunikation zwischen Spontanhelfenden und BOS erachteten alle Befragten als erforderlich und rückblickend als ausbaufähig. In der Befragung wurde erkennbar, dass für die Spontanhelfenden keine Ansprechpersonen seitens der Behörden bekannt waren. Dabei sehen die Befragten feste Ansprechpersonen und Anlaufstellen als sinnvoll an: „Es wäre wirklich sinnvoll gewesen [...], dass irgendwo die Helfer sich hätten melden können. Ich konnte ja nicht den Leuten, die aus Hamburg oder sonst woher kamen, sagen: ‚Geh jetzt dahin!‘ Das war schwierig“ (I1, B1). Insbesondere in Bezug auf die Betreuung auswärtiger Spontanhelfender sieht ein Befragter eine Chance zur Gewinnung weiterer Helfer: „Wir hatten zwei Leute, die mich, ganz hoch aus dem Norden, angefragt hatten [...], ob wir denn auch Unterbringungsmöglichkeiten hätten [...]. Die sind nachher [...] dann ins Ahrtal, weil, da gab es das ja. Wir hätten, glaube ich, noch mehr Hilfe haben können. Das ist dann so das Thema mit der Kommunikation mit der Stadt, die definitiv nicht stattgefunden hat“ (I3, B5). Die Befragten bemängeln, dass die Kommunikation einseitig von den Spontanhelfenden ausgegangen sei und eine Eingliederung in die Struktur einer Hilfsorganisation nach Registrierung daher nicht erfolgen konnte. Optimierungsbedarf wird in der technischen Ausstattung für die Kommunikation zwischen den beiden Akteuren gesehen. Ein Befragter berichtet: „Wenn Leute vom DRK oder so kamen und sagen: ‚Ich darf auf meinem Diensthandy WhatsApp nicht benutzen.‘ Ist natürlich schon scheiße, wenn sich im Prinzip alles eigentlich über diese Messenger abspielt“ (I2, B3). Die Kommunikation zwischen BOS und Spontanhelfenden war auch für B11 von Bedeutung. Er sieht darin einen Vorteil zur Steuerung von Hilfsmaßnahmen: „Ich denke, eine Stadt oder eine Organisation, ob das jetzt die Stadt oder der Kreis ist, der braucht auf jeden Fall Kontakt zu den Leuten vor Ort, damit er für sich ein Portfolio aufstellen kann, die können das, die können das, die können das, um dann eventuell wieder Kontakte herzustellen. Also das muss schon irgendeiner sein, der da so ein Screening macht. Sonst ist halt auch die Gefahr, dass irgendwas entartet [...]“ (I6, B11).

Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Hauptkategorie 2:

- Soziale Medien im Zentrum der Mobilisierung und Koordinierung von Spontanhelfenden
- Zusammenarbeit unter den Spontanhelfenden auf „gemeinsame Sache“ zurückzuführen
- Wahl der Ansprache bei Kontaktaufnahme zu Spontanhelfenden zielführend
- Kommunikation zwischen Behörden/BOS und Spontanhelfenden ausbaufähig
- Feste Ansprechpersonen für Spontanhelfende fehlten überwiegend
- Nutzung von WhatsApp oder Facebook auf Diensthandys der BOS sehen Spontanhelfende für die beidseitige Kommunikation als erforderlich
- Kontaktpersonen der Behörde/BOS vor Ort gewünscht

Behörden/BOS

Der HK 3 wurden Aussagen der Interviewten zugeordnet, die Aufschluss über die Wahrnehmung und Präsenz der Behörden aus Sicht der Spontanhelfenden geben.

Von den Befragten wurden Aufrufe zur Hilfe seitens der Behörden wenig bis gar nicht wahrgenommen. Die Offenbarung der Behörden, dass Hilfe benötigt wird, wäre aus Sicht der Spontanhelfenden erwünscht gewesen: „Was ich mir wünsche, ist, dass man sagt: ‚Hilfe, wir

schaffen das nicht“ (I5, B8). Es wurde weiterhin diese Wahrnehmung wie folgt erklärt: „Eigentlich ist man davon ausgegangen, dass unsere Arbeit gar nicht benötigt wird in dem Moment“ (I3, B4). Unterstützung erhielten die Befragten während ihrer Tätigkeit nur vereinzelt. Für die Befragten war es schwierig gewesen, die richtigen Ansprechpersonen aufseiten der Behörden zu finden. Sie stellten fest, dass es zu viele Wege und Hürden gab, bis die Hilfe dort ankam, wo sie gebraucht wurde. Die Befragten gaben an, dass sie größtenteils zu Beginn der Katastrophe auf sich allein gestellt waren und das Gefühl aufkam, dass sie auf eigene Faust unterwegs sind. Die Leitungsfunktion im Rahmen der Unterstützung wird bei den Behörden gesehen: „Das spätestens am Tag 2 oder 3 [...] jemand, der Ahnung von Katastrophenschutz hat, sagt: ‚Okay, passt mal auf, ich bin jetzt hier von der Feuerwehr [...], habe jetzt eine Leitungsfunktion und mache das jetzt mit euch zusammen.‘ Dass man [...] nicht komplett in der Luft hängt“ (I2, B3). Die Verantwortung vor Ort muss aus Sicht der Befragten schnell erfolgen, damit Spontanhelfende nicht auf sich allein gestellt sind: „Diese behördliche Verantwortung muss schneller mit dabei sein [...]. Also wir sind mit den Dingen komplett allein gelassen worden, das ist ja Fakt. Hätte man sich nicht selbst geholfen, das wäre eine riesen Katastrophe geworden“ (I2, B3).

Statt einer Unterstützung durch die Behörden wurde festgestellt, dass eher gegen die Hilfe der Spontanhelfenden gearbeitet wurde: „Die Unterstützung der Stadtverwaltung, die hat gefehlt. Die hat eigentlich jedem Helfer mehr Steine in den Weg gelegt als im Endeffekt, sage ich jetzt mal, mitgearbeitet“ (I3, B5). Ein Befragter merkt an, dass die Behörden während der Katastrophe überfordert waren: „Ist ja nicht so, als wäre ganz Stolberg zerstört [...]. Es sind vier Stadtteile und die Überforderung auf allen Ecken“ (I2, B3). Grundsätzlich wünscht sich der Großteil der Befragten in Bezug auf die Unterstützung durch die BOS folgendes: „weniger Bürokratie, mehr machen, sofort handeln“ (I1, B1).

Im Rahmen der Zusammenarbeit wird erwartet, dass die BOS auf die Spontanhelfenden zugehen: „Die Behörde müsste auf diese Initiative zukommen [...]“ (I1, B1). Einen Vorteil sieht eine Befragte darin, dass Spontanhelfende auf die Strukturen der BOS Einfluss nehmen bzw. diese ergänzen und unterstützen können: „Das Problem war in den ersten Tagen, dass die Leute gar nicht zu den Lagern kommen konnten, die das DRK eingerichtet hat. Weil, ohne Busverbindung, ohne Auto, ohne alles kommst du da gar nicht hin. Und dann war hier [...] schnell klar: Okay, wir müssen einfach die Logistik übernehmen, von den Lagern direkt in die Stadt, und die Sachen hier verteilen [...]. Und dann hat sich relativ schnell ein gutes Vertrauensverhältnis aufgebaut zu den Leuten [...] beim DRK“ (I3, B4). Es wird angemerkt, dass für eine Zusammenarbeit zwischen Spontanhelfenden und BOS die Rahmenbedingungen miteinander besprochen werden müssen: „Es muss definitiv eine Leitlinie geben [...]. Und da muss es einen Ansprechpartner geben. Und mit dem muss man eben bereden: ‚Was können wir als Verein leisten? Welche Erfahrungen haben wir? Wo könnt ihr auch etwas von uns mitkriegen?‘“ (I3, B5). Des Weiteren liegt der Wunsch der Befragten in der direkten Einbindung Spontanhelfender: „Hätten uns direkt mit einbinden können. Das haben sie bis heute nicht gemacht“ (I1, B1).

Aus Sicht der Befragten bringen Spontanhelfende aufgrund ihrer verschiedenen beruflichen Erfahrungen ausreichend Kenntnisse mit, um im Rahmen der Umsetzung gleichwertige Partner bei der Koordinierung zu sein. Die Spontanhelfenden sehen die Behörden beim Umgang mit Spontanhelfenden eher in einer beratenden Rolle und würden die Koordinierung weiterhin eigenständig vor Ort durchführen wollen. Lediglich zwei der Befragten würden eine Koordinierung und Schaffung von Rahmenbedingungen begrüßen. Insbesondere die Benennung von Ansprechpersonen, die Zuweisung von Anlauf- und Knotenpunkten sowie die Ausweisung von

Parkflächen für anreisende Spontanhelfende sehen die Befragten im Aufgabenbereich der Behörden. Einen Leitfaden oder eine Handlungshilfe für Spontanhelfende für die Zusammenarbeit mit BOS werden von den Befragten als sinnvoll erachtet. Darüber hinaus nannten die Befragten für die Zusammenarbeit mit Behörden folgende Faktoren bzw. Kriterien als Grundlagen: Sensibilität, Ehrlichkeit, Vertrauen, Aufmerksamkeit und Respekt.

„Wir sind ja alles gestandene Leute [...]. Ich habe sogar mittlerweile drei Berufe hinter mir [...]. Bin Logistikerin. Ich bin Kauffrau. Und eben halt auch im medizinischen Bereich tätig gewesen. Dass man einfach sagt: ‚Wir sind keine Idioten, sondern da sitzen ja Leute, die haben Erfahrung. Wir haben einen Background.‘ Und dass man das auch als Unterstützung anerkennt [...]. Ich habe immer das Gefühl gehabt, die belächeln einen.“ (I3, B5)

Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Hauptkategorie 3:

- Wunsch nach schnelleren Entscheidungen und weniger Bürokratie
- Wahrnehmung der Behörde/BOS aus Sicht der Spontanhelfenden nicht erkennbar
- Frühzeitige Einbindung durch Spontanhelfende gefordert
- Leitlinien und Handlungshilfen für Spontanhelfende gewünscht

Organisation und Koordination Spontanhelfender

Der HK₄ wurden alle Aussagen zugeordnet, die Aufschluss über die Zusammenarbeit untereinander, die Schaffung von Strukturen, Organisation und Koordination sowie die Qualifikationen bzw. Tätigkeiten Spontanhelfender geben.

Als Ausgangsbasis für die gemeinsamen Tätigkeiten der Spontanhelfenden wurde das gegenseitige Vertrauen benannt: „Wir haben halt ein gewisses Vertrauensverhältnis zueinander“ (I6, B10). Da für B2 bestimmte Umsetzungsmöglichkeiten in der Initiative nicht gegeben waren, suchte er Kontakt zu anderen Helfergruppen, um die Hilfsanfrage gemeinsam zu ermöglichen: „Wir haben ja nicht die Fahrzeuge, wir haben ja nicht diese Manpower gehabt, die sich in anderen ehrenamtlichen Gruppierungen [...] zusammengefunden haben. Dann bin ich einfach hingegangen, habe gesagt: ‚Okay, wir haben den Hilferuf, ihr habt die Logistik und die Manpower, also bündeln wir das zusammen“ (I1, B2).

Neben der umfassenden Zusammenarbeit untereinander berichteten die Befragten auch von Konflikten innerhalb der Gruppierungen:

„Es gab schon eine Menge Konflikte [...]. Am Anfang nicht so. Ich sage mal, das war der Vertrauensvorsprung, den man sich am Anfang gegeben hat, weil alle ja erstmal das gleiche wollten. Aber wenn sich so ein paar Sachen einspielen und entwickeln, und vor allen Dingen, wenn sich auch so Strukturen ausbilden, dann hat man immer ein riesen Konfliktpotenzial“ (I3, B4).

In Stolberg waren neben Einheimischen auch Spontanhelfende aus dem gesamten Bundesgebiet im Einsatz. Die Zusammenarbeit empfanden die Befragten unterschiedlich:

„Die wollten bedient werden. Also ganz viele Auswärtige waren damit überfordert, wenn ich denen gesagt habe, sucht euch was. Die wollten einen Ansprechpartner haben, die wollten anpacken, jetzt sofort, weil, ich habe ja jetzt Zeit und noch acht Stunden und dann geht der wieder nach Hause.“ (I6, B10)

Anhand der Ergebnisse sind unterschiedliche Ansätze im Hinblick auf den Aufbau einer Struktur ersichtlich geworden. Die Befragten gaben an, zeitnah eine Leitungsstruktur entwickelt zu haben. Während einige Befragte mit Freunden, Bekannten und anderen Spontanhelfenden ein Leitungs-

bzw. Kernteam aufbauten, griffen andere auf bestehende Strukturen in Form von Vereinen oder Initiativen aus der Dorfgemeinschaft zurück. Letztere ergaben den Vorteil, dass bestimmte Vernetzungen sowie Abläufe bereits bekannt waren und persönliche Beziehungen zueinander bestanden, z. B. durch eine gemeinsame Vereinsarbeit. Um für weitere Spontanhelfende und Hilfersuchenden sichtbar zu werden, wurden neben der Errichtung eines Leitungszeltes an einem zentralen Ort, eigene Westen mit Beschriftungen erstellt. Diese Strukturen, die zufällig entstanden, konnten in anderen Stadtteilen von Stolberg zu Beginn nicht wahrgenommen werden: „Ganz am Anfang war ziemlich viel Chaos. Ganz viele Leute und kein Mensch wusste, wo man die hinschicken soll [...]. Uns war eigentlich auch ziemlich schnell klar: Wir müssen hier eine Struktur reinbringen“ (I3, B5).

Es wurde berichtet, dass es entscheidend war, einen zentralen Anlaufpunkt für Spontanhelfende zu bieten, bevor die eigene Versorgung stand und konkrete Aufgaben verteilt werden konnten. Die Aufgaben und Tätigkeiten, die die Spontanhelfenden durchführten bzw. erfüllten, entwickelten sich im weiteren Verlauf in Bezug auf die Strukturbildung nach Angaben der Befragten unterschiedlich.

„Die haben hier erstmal einfach nur den Grill aufgestellt. Damit fing das an. Dann kam ein Kaffee-stand dazu, dann diverse Tische [...], wo dann Hilfsgüter verteilt worden sind. Und dann ging es ziemlich ratzfatz.“ (I3, B4)

Die Befragten gaben an, dass der Fokus zu Beginn auf Kleider- und Lebensmittelspenden lag, sich dieser aufgrund konkreter Hilfsanfragen und -angebote jedoch allmählich auf z. B. Baustoffspenden oder die Errichtung einer Behelfs-Kita verlagerte. Die Befragten merkten an, dass die zur Verfügung stehende Fläche aufgrund der Zunahme an Aufgaben und Lieferungen von Hilfsgütern für die Erfüllung der Tätigkeit entscheidend ist und häufig ein Problem darstellte. Für die Befragten war es von Bedeutung, dass die Lagerung zum einen gegen Diebstahl gesichert und zum anderen gegen Witterungseinflüsse geschützt werden kann: „Bei z. B. Starkregen sind herkömmliche Pavillons und Zelte im Vergleich zu Containern nicht ausreichend beschaffen, um Güter wie Lebensmittel, Waschmittel oder generell Produkte, die in Papier oder Pappe verpackt sind, zu lagern“ (I4, B6). Einen Nachteil im Zusammenhang mit dem ungesteuerten Wachsen einzelner Versorgungscamps führte ein Befragter kritisch an: „Erst war es ein Pavillon, anschließend waren es fünf Pavillons [...]. Und zwar nicht der Bereich für Spenden, sondern der Bereich, wo dann Kinder von denen gespielt haben, also das war dann so ein Volksfest für die. Da wäre wahrscheinlich etwas Leitung oder Führung oder Unterstützung von der Stadt nicht verkehrt gewesen“ (I6, B11). Die Person B4 berichtete positiv im Hinblick auf die Schaffung von Strukturen innerhalb der spontanhelfenden Gruppen. Es sei effizienter, anfallende Aufgaben mit kleineren Gruppen zu erledigen. Weitere Vorteile in diesem Zusammenhang seien die vereinfachte Kommunikationsstruktur und die Förderung der Eigenverantwortung einzelner Helfender. Die Entstehung des Gefühls „von oben herab“ von den Behörden behandelt zu werden, wurde hingegen als Gefahr im Zusammenhang mit einer zentralen Struktur von den Spontanhelfenden benannt (vgl. I3, B4).

Die Befragten berichteten, dass die Tätigkeiten nicht anhand eines Leitfadens durchgeführt wurden. Der Person B2 zufolge mussten Ansprechpersonen aufseiten der BOS eigenständig ermittelt und der benötigte Bedarf an Personal und Material selbst organisiert werden.

„Also das wäre schon gut gewesen, [...] einen Ordner [...], wo so die ersten Dinge mit sämtlichen Kontakten behördlicher Natur drin sind und man da nicht alles selber raussuchen muss.“ (I2, B3) Die Herausforderung bestand nach Angaben der Befragten darin, die hohe Anzahl an Spontanhelfenden mit Arbeit zu versorgen. Die Person B3 erwähnte, dass der Druck des eigenen

Funktionierens umso höher wurde, desto mehr Helfende koordiniert werden mussten. Die zur Verfügung stehenden Kommunikationsmittel für die Koordination stießen bei B₄ an die Grenzen. „Das war große Gruppendynamik [...]. Wir sind ja auch überrollt worden von Menschen, die etwas machen wollten [...]. Als ich einen Aufruf gemacht habe, saß ich da mit der WhatsApp-Gruppe und ich wollte notieren, wer wann kann. Und dann hat es so oft gepingt, dass ständig der Chat wieder nach unten gescrollt ist.“ (I₃, B₄)

Die Interviews heben hervor, dass die Anzahl an Helfenden innerhalb der Gruppe nach einem Aufruf über die sozialen Netzwerke nicht immer bekannt war. Demnach waren für die Spontanhelfenden stellenweise die Möglichkeiten zur Hilfe durch fehlende Helfende begrenzt. Auch der umgekehrte Fall wurde berichtet, so dass es zu Chaos führte: „Es war [...] total chaotisch [...]. Da standen auf einmal sechs LKW aus Düren mit Klamotten, die aber zu dem Zeitpunkt gar keiner gebraucht hat“ (I₅, B₉). Stellenweise mussten Helfende abgewiesen und weitergeschickt werden, da die Kapazitäten erschöpft waren.

Einig waren sich die Befragten in Bezug auf die Beschäftigung Spontanhelfender. Die Aufgabenverteilung muss gezielt erfolgen, da sonst die Gefahr besteht, dass Helfende an Einsatzstellen entsendet werden, an denen keine Hilfe erforderlich ist. „Es gibt nichts Schlimmeres, als wenn da einer, du willst ihn irgendwo hinschicken, der hat keine Arbeit. Der kommt am nächsten Tag nicht mehr.“ (I₂, B₃)

Es wurde über Helfende berichtet, die zuvor in der Nachbarstadt Eschweiler helfen wollten, aufgrund der mangelnden Organisation jedoch weitergezogen und in Stolberg eingesetzt werden wollten (vgl. I₂, B₃).

Durch das Bereithalten von Hilfsgütern und Gerätschaften waren die Befragten stellenweise mit einer erhöhten Organisation und Koordination konfrontiert, so dass Zusammenarbeit und Absprachen unter den jeweiligen Camps erforderlich waren.

„Die Leute aus dem Versorgungs-Camp in Vicht [...] haben natürlich versucht, uns [...] alles Mögliche zukommen zu lassen [...]. Da lief die Struktur. Aber das ist auch Dorfgemeinschaft. Da ging alles ein bisschen koordinierter und ein bisschen schneller.“ (I₃, B₅)

In Hinblick auf die Organisation und Koordination hielt B₅ fest, dass die Camps in den Stadtteilen aufgrund der vorhandenen Dorfgemeinschaft im Vergleich zu innerstädtischen Camps besser aufgestellt waren. Anhand der Aussagen der Befragten ist ersichtlich geworden, dass die Auswahl der Anlaufstellen und Camps entscheidend für den Erfolg ist. Wie entscheidend dies auch für Betroffene sein kann, führte B₈ anhand eines Beispiels aus: „Dann hatten wir da oben so eine Spendenhalle, und alle wunderten sich die ganze Zeit, wo denn die Leute bleiben. Ich habe dann irgendwann gesagt: ‚Die Leute kommen hier nicht hoch‘ [...]. Erstens haben die keine Kraft, diesen Berg hochzugehen, zweitens haben die keine Zeit, weil da unten ist die Welt untergegangen“ (I₅, B₈).

Eine Steuerung bzw. Koordinierung durch die Behörden nahmen die Befragten während ihres Tätigkeitszeitraum nicht wahr. Im Gegenteil: B₉ unterstrich die eigenständige Organisation in den Stolberger Stadtteilen Vicht und Zweifall durch Spontanhelfende (vgl. I₅, B₉). Auch B₁₁ zufolge haben die Behörden nicht die Möglichkeit wahrgenommen, die Koordinierung der Spontanhelfenden zu übernehmen (vgl. I₆, B₁₁).

Die Befragten gaben an, dass anlassbezogene Arbeiten wie Schlamm abtragen, Lebensmittel verteilen und Kleiderspenden sortieren die ersten Aufgaben im Rahmen der Hilfe waren. Auch die Unterstützung der Hilfsorganisationen, z. B. durch das Aufbauen von Feldbetten, übernahmen

Spontanhelfende. Die Befragten merkten an, dass die durchgeführten Tätigkeiten keine Vorerfahrung erforderten, so dass jeder, der helfen wollte, direkt eingesetzt werden konnte. Ältere Menschen übernahmen z. B. die Essensausgabe in der Versorgungsstelle für Betroffene und Spontanhelfende.

„Das waren alles keine Aufgaben [...], die eine Vorbildung oder eine Ausbildung oder eine Schulung gebraucht hätten, sondern es war: ‚Mach den Karton zusammen, kleb den zu, und dann tust du die Mülltüte rein.‘ Und das konnte jeder tun.“ (I6, B10)

Die Spontanhelfenden brachten aber auch Fähigkeiten und Kenntnisse aus dem privaten und beruflichen Alltag ein. Zudem stellten sie beispielsweise private Fahrzeuge zum Transport von Lebensmitteln zur Verfügung.

Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Hauptkategorie 4:

- Gemeinsames Ziel der Spontanhelfenden fördert die Zusammenarbeit untereinander
- Strukturen der Spontanhelfenden vergleichbar mit denen der BOS
- Führung und Koordination durch BOS bei Spontanhelfenden nicht erkennbar
- Hohe Hilfsbereitschaft bringt spontanhelfende Gruppen an ihre Grenzen
- Tätigkeiten konnten überwiegend ohne Vorkenntnisse ausgeführt werden
- Spontanhelfende bringen eine Vielzahl an Erfahrungen und Kenntnisse aus dem beruflichen und privaten Bereich mit

Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse in Bezug zur bisherigen Theorie und den Forschungsfragen interpretiert und diskutiert. Dabei werden Beschränkungen in der Studie aufgezeigt und Empfehlungen für weiterführende Forschung benannt.

Kriterien und Einflussfaktoren im Hinblick auf Spontanhilfe

Anhand der Ergebnisse zur HK1 hat sich gezeigt, dass die Befragten geschlossen einen persönlichen Bezug zum Schadensgebiet aufweisen. Dies ist anhand der Betroffenheit der Familienangehörigen sowie der Freunde und Bekannten deutlich geworden. Auch durch die generelle Betroffenheit, dass Menschen in der eigenen Stadt sowie in der näheren Umgebung der Befragten Not erlitten hatten, wurde die Bereitschaft zur Hilfe ausgelöst. Bereits Batson (1991, 2003) sowie Schwartz und Howard (1981) konnten aufzeigen, dass Menschen altruistisch sowie prosozial handeln. Auch die Umfragewerte von Fathi et al. (2016) aus dem Jahr 2015 decken sich hinsichtlich der inneren Wertvorstellungen und des Bedürfnisses, den Menschen in der eigenen Stadt bzw. Gemeinde zu helfen, mit denen der vorliegenden Befragung. Es hat sich gezeigt, dass die Befragten, die keinen Schaden durch das Ereignis erlitten hatten, dennoch das Gefühl entwickelten, selbst betroffen zu sein. Diese Empfindung lässt sich auf den lokalen Bezug zur Heimat zurückführen. Verstärkt wurde dieses Gefühl bei den Befragten durch die Eindrücke, die im Rahmen persönlicher Gespräche und über soziale Kanäle geteilt wurden. Dadurch wurden nicht nur deren Wahrnehmungen und deren Verhalten beeinflusst, sondern den Befragten wurde bewusst,

dass die BOS allein die anfallenden Aufgaben und Arbeiten nicht in der erforderlichen Zeit abarbeiten können. Den Befragten wurde durch dieses selbsterlebte Ereignis erstmalig klar, dass das Bevölkerungsschutzsystem in Deutschland Lücken und bzw. oder Grenzen im Fall von Katastrophen und Krisen aufweist, so dass sowohl Selbst- als auch Fremdhilfe in der Bevölkerung unerlässlich sind.

Anhand der Befragung ist des Weiteren ersichtlich geworden, dass Menschen, die bereit sind, Hilfe freiwillig sowie ehrenamtlich zu leisten, nur zeitlich begrenzte Möglichkeiten haben und darüber hinaus psychologische Faktoren durch das Erlebte zu berücksichtigen sind. Spontanhelfende sind zudem unsicher in Bezug darauf, welche Möglichkeiten, z. B. Freistellung durch Arbeitgebende, bestehen. Es wurde der Wunsch geäußert, eine eindeutige gesetzliche Regelung für Spontanhelfende zu schaffen, wie sie bereits bei BOS-Kräften existiert. Die Befragten bemängelten außerdem die psychologische bzw. psychosoziale Begleitung und Nachsorge Spontanhelfender im Rahmen der Flutkatastrophe. Diese Problematik wurde in der Praxis sowie den Strukturen der Gefahrenabwehr auf Kommunal- und Kreisebene noch nicht wahrnehmbar implementiert. Eine Einführung oder ein Ausbau von Strukturen im Bereich der Psychosozialen Notfallversorgung (PSNV) für Spontanhelfende ist vor dem Hintergrund der Ergebnisse gewünscht und erforderlich.

Kommunikation

Anhand der Ergebnisse der HK2 ist ersichtlich geworden, dass die Möglichkeiten der Kommunikation individuell und nicht einheitlich genutzt werden. Während die beiden Plattformen Facebook und Instagram eingesetzt wurden, hat sich, abweichend zu bisherigen Annahmen (vgl. Bledau et al., 2014) herausgestellt, dass die Befragten die Plattform Twitter nicht für die Informationsbeschaffung nutzten. Sie verwendeten vor allem Facebook für die Informationsbeschaffung sowie zur Koordinierung und Abwicklung der Hilfsangebote und -anfragen. Sowohl mit bestehenden als auch neu gegründeten Seiten und Gruppen konnte ein rascher Zuwachs an Followern und Mitgliedern im Zuge der Katastrophe erreicht werden. Diese Entwicklung ist auf das steigende Informationsbedürfnis in der Bevölkerung zurückzuführen, welches auch die Befragten bestätigten. Die in der Theorie benannten Faktoren *Ausmaß*, *Ereignisart* sowie *lokaler Bezug* waren in diesem Zusammenhang bedeutsam. Der Vorteil bereits bestehender Gruppen, die z. B. aufgrund der Flüchtlingskrise und der COVID-19-Pandemie vorhanden waren, besteht darin, dass direkt eine hohe Anzahl an potenziell Helfenden erreicht werden kann. Dies bietet für die BOS den Vorteil, durch Etablierung eigener Seiten frühzeitig eine zentrale Informationsstelle zu schaffen (z. B. über die Facebook-Seite der Kommune oder des Kreises), um das Ressourcenmanagement der BOS zu verbessern. Das Bewerben dieser Seiten in der Bevölkerung ist maßgeblich für den Erfolg im Ereignisfall. Während der Flutkatastrophe hat sich gezeigt, dass mögliche Potenziale aufgrund der Unbekanntheit bestehender Seiten und Plattformen wie www.unwetter-hilfe.org größtenteils nicht ausgeschöpft werden konnten. Die Ergebnisse der Befragung deuten zudem darauf hin, dass die BOS die personellen Kapazitäten für den Betrieb der Seiten sowie die Bearbeitung der Anfragen und Angebote bereitstellen müssen. Es wurde in der Befragung deutlich, dass eine Antwort einer Hilfsorganisation bis heute ausgeblieben ist und nach der Registrierung über deren Internetseite kein Kontakt mehr zum Spontanhelfenden erfolgte.

Neben den zuvor genannten Plattformen spielte die Nutzung von WhatsApp eine zentrale Rolle für die Befragten, z. B. für den Austausch zwischen einzelnen Spontanhelfenden und Gruppierungen sowie die Erstellung von WhatsApp-Gruppen, um Absprachen und Koordinierungen vornehmen zu können. Der umfassende Zuspruch dieser Kommunikationsform überraschte auch die Befragten. In diesem Kontext gilt es jedoch anzumerken, dass sowohl Spontanhelfende als

auch BOS-Kräfte über Schwierigkeiten im Hinblick auf die Zusammenarbeit über dieses Medium berichteten, da sich herausgestellt hat, dass die Nutzung von WhatsApp auf dienstlichen Mobilfunkgeräten der BOS nicht vorgesehen bzw. sogar untersagt ist. Es ist daher eine Lösung erforderlich, um den Austausch zwischen den Akteuren zu gewährleisten. Eine Umsetzung auf Ebene des Krisenstabes oder der taktischen Einsatzleitung (TEL) vor Ort wäre denkbar und sollte in Erwägung gezogen werden.

In Bezug auf die Zusammenarbeit zwischen den Spontanhelfenden zeigten sich Parallelen zu den BOS. Vergleichbar mit der Zusammenarbeit zwischen einzelnen Hilfsorganisationen und Behörden zur Bündelung oder Verteilung von Aufgaben bzw. Tätigkeiten aufgrund von Erfahrungen oder personellen und technischen Möglichkeiten (z. B. Einsturz und Ortung beim THW oder Brandbekämpfung bei der Feuerwehr) tauschten sich die Spontanhelfenden Gruppen regelmäßig aus, um weitere Helfende z. B. zu bündeln oder Gerätschaften und Materialien zur Verfügung zu stellen, die andere Gruppen nicht vorrätig hatten.

Die Zusammenarbeit unter den Spontanhelfenden beschrieben die Befragten als harmonisch und zielführend, was sie auf die gemeinsame Sache und die gemeinsamen Ziele zurückzuführen. Es entwickelte sich bei den informellen Gruppen an Spontanhelfenden ein ausgeprägtes Wir-Gefühl, das als wesentliches Merkmal für die Fortführung der Tätigkeiten gilt. Das gemeinsame Ziel, etwas zu bewegen und wegzuarbeiten, wurde in den Befragungen mehrfach erwähnt. Daran wird das systemorientierte Vorgehen mit der Motivausrichtung des Zwecks und der Problemlösung ersichtlich, was eher formellen Gruppen zuzuschreiben ist (vgl. Gukenbiehl, 1994). Die Annahme, dass sich die Merkmale der Strukturbildung zwischen informellen und formellen Gruppen vermischen können (ebd.), konnte durch die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigt werden. Durch die Struktur, die sich spontanhelfende Gruppen schufen, wurde eine schnelle Reaktionszeit in Bezug auf das Monitoring der sozialen Netzwerke und die Bearbeitung von Hilfsangeboten sowie -anfragen erzielt. Die Vernetzung der Spontanhelfenden ist ein weiteres wesentliches Merkmal, das aus deren Sicht einen Vorsprung zu BOS aufweist. Auch der persönliche Bezug und die Bereitschaft für Vernetzung und Zusammenarbeit spielen eine entscheidende Rolle. In den Gruppierungen war es üblich, sich zu duzen, um keine Distanz zwischen den Helfenden und zu den Betroffenen entstehen zu lassen. Diese Ansprache wird innerhalb der BOS üblicherweise ebenfalls verwendet. Um die Zusammenarbeit zwischen Spontanhelfenden und BOS zu fördern, ist eine einheitliche Sprachregelung festzulegen. Die Kontaktaufnahme und der erste Abbau von Distanz können, wie im Projekt *KOKOS* dargestellt, durch Mittlerorganisationen oder Fachberatende bzw. Verbindungspersonen sichergestellt werden (vgl. Zettl, 2018). Bis zur Sicherstellung ist der Kontakt durch die BOS-Kräfte (z. B. Feuerwehr) vor Ort vorzunehmen. Dazu müssen die Sensibilisierung und die Herangehensweisen im Umgang mit Spontanhelfenden in die Aus- und Fortbildungskonzepte der BOS aufgenommen werden.

Anhand der Wahrnehmung der Befragten ist ersichtlich geworden, dass die Kommunikation zwischen den beiden Akteuren ausbaufähig ist. Es ist deutlich geworden, dass Ansprechpersonen aufseiten der BOS nicht für Spontanhelfende erkennbar sind und es insbesondere vor Ort an entsprechenden Anlaufstellen mangelte, die jedoch gewünscht sind. Während die Helfenden aus dem eigenen Einzugsgebiet diesen Mangel eigenständig kompensieren und mit ihrer Eigendynamik dafür sorgen konnten, dass die Tätigkeiten ohne Zusammenarbeit mit BOS durchgeführt wurden, erachten ihn die Befragten im Hinblick auf auswärtige Helfenden als problematisch und nicht zielführend. Eine frühzeitige Benennung sowie Einrichtung von Bereitstellungsräumen und Sammelpunkten bzw. Anlaufstellen für Spontanhelfende sind für zukünftige Katastrophen sowie die Sicherstellung der Zusammenarbeit durch die BOS umzusetzen. Für die Einbindung in die

Strukturen der BOS sowie die Reduzierung der Eigendynamik ist eine transparente und klare Kommunikation erforderlich. Weitere Informationen, z. B. über Anreise sowie Möglichkeiten des Parkens und Übernachtens, sind durch die BOS über die jeweiligen Kommunikationskanäle mitzuteilen.

Behörden/BOS

Anhand der Ergebnisse in der HK3 ist ersichtlich geworden, dass die Spontanhelfenden die Präsenz der Behörden nicht wahrgenommen hatten. Lediglich über die sozialen Netzwerke wurden Spendenaufrufe der Stadt Stolberg registriert. Eine offene Kommunikation in Richtung Bevölkerung, dass die Lage nicht durch die Strukturen der Behörden/BOS eigenständig bearbeitet werden kann, wäre aus Sicht der Befragten wünschenswert gewesen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass durch diese Information noch mehr Helfende aus der Bevölkerung zeitnah hätten aktiviert werden können. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass sich die Einschätzungen und Wahrnehmungen aus Sicht der Behörden anders darstellten als die der Spontanhelfenden. Diesbezüglich können jedoch nur Vermutungen angestellt werden, da für zielführende Aussagen eine gesonderte Betrachtung aus Sicht der Behörden erforderlich wäre, die jedoch nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit ist. Festzuhalten ist, dass die Tätigkeitsaufnahme durch eine frühzeitige Kommunikation sowie den Austausch an Informationen beider Akteure gefördert werden könnte. Ein Entstehen von Frust und Unverständnis auf beiden Seiten könnte dadurch verhindert werden. Durch die Aussagen der Spontanhelfenden, die im Zusammenhang mit der Vernetzung untereinander und der Darstellung in den Medien Vergleiche zu anderen Gebieten, z. B. angrenzenden Städten bzw. den Gemeinden Eschweiler und Roetgen sowie dem Ahrtal, zogen, ist die Bedeutung der Krisenkommunikation aufseiten der Behörden/BOS ersichtlich geworden.

Aufseiten der Behörde/BOS sollten Ansprechpersonen erkennbar sein, zu denen Kontakt aufgenommen werden kann. Die Befragten erwähnten zudem das Problem der Überforderung bei den Behörden. Sie hatten den Eindruck, dass „Steine in den Weg gelegt werden“ oder „auf eigene Faust“ agiert werden muss. Des Weiteren wurde der Wunsch nach weniger Bürokratie im Fall von Katastrophen deutlich. Auch diesbezüglich wurden Vergleiche zu anderen betroffenen Gebieten wie dem Ahrtal gezogen. Es mangelte an Unterstützung, z. B. durch die Bereitstellung von Transportmöglichkeiten wie Transportern oder LKWs. Es gilt daher zu prüfen, inwieweit Behörden/BOS dies leisten können oder ob die Beteiligung privatwirtschaftlicher Unternehmen in Form von Rahmenverträgen oder Nutzungsvereinbarungen bei Katastrophenlagen als zielführender anzusehen ist. Darüber hinaus sind Informationen über Abläufe und Verfahren der Behörden im Rahmen der Risikokommunikation, im Idealfall bereits vor Eintritt eines Ereignisses, für das Schaffen von Verständnis bereitzustellen. Die Inhalte können z.B. ergänzend in bestehende Schulungskonzepte (z. B. Erste-Hilfe-Kurse) oder neue Formate (Selbsthilfe-Kurse und Schulunterricht) eingebunden werden, um eine breite Masse in der Bevölkerung zu erreichen.

Die Zusammenarbeit mit Behörden/BOS beschrieben die Befragten unterschiedlich. Im Bezug zur *Zusammenarbeit mit BOS*, ist ersichtlich geworden, dass die Organisationen unterschiedlich mit der Bevölkerung kommunizieren und diese einbinden. Während die Zusammenarbeit mit der Feuerwehr als zielführend bezeichnet wurde, war die Zusammenarbeit mit Organisationen, die im Alltag üblicherweise weniger präsent sind, z. B. mit dem THW oder der Bundeswehr, weniger erfolgreich. Ob dies an dem ungewohnten Erscheinen dieser Organisationen in der Bevölkerung oder auf deren grundsätzliche Arbeitsweise zurückzuführen ist, kann anhand der vorliegenden

Ergebnisse nicht abschließend geklärt werden. An dieser Stelle ist eine tiefgründigere Betrachtung der Organisationsstrukturen sowie der Arbeitsweise erforderlich, die jedoch nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit ist. Die Kommunikation bezeichneten die Befragten als zentralen Aspekt im Rahmen der Zusammenarbeit mit Behörden/BOS. Die Führung und Koordination muss aus Sicht der Spontanhelfenden von den Behörden/BOS kommen. Da die Befragten diese jedoch nicht wahrnahmen, entwickelten sie eine Eigendynamik. Hervorzuheben ist, dass ein Gefühl des Abwälzens von Arbeit bei den Spontanhelfenden entstand. Um dies zu verhindern, könnten eine klare Absprache untereinander sowie ein zuvor definierter bzw. abgestimmter Tätigkeitskatalog wie im Rahmen des Projekts *REBEKA* entwickelt wurde, zielführend sein. Der Großteil der Befragten war der Ansicht, dass die Kontaktaufnahme für die Zusammenarbeit durch die Behörden/BOS erfolgen sollte. Daher wäre es zielführend, Verbindungspersonen, ggf. durch Beteiligung von Mittlerorganisationen, einzusetzen.

Anhand der Ergebnisse in Bezug zur *Bereitschaft zur Koordinierung durch BOS*, ist ersichtlich geworden, dass die Befragten dieser unterschiedlich gegenüberstehen. Eine mögliche Erklärung könnte in der Begrenzung ihres eigenständigen Handelns und ihrer Selbstverwirklichung liegen. Die Befragten erwähnten beispielsweise die mangelnde Aus- und Fortbildung von Führungskräften aufseiten der Behörden/BOS im Umgang mit Spontanhelfenden. Des Weiteren bestehen Zweifel an den Kompetenzen der Mitarbeitenden in den Behörden. Die Befragten könnten sich jedoch eine beratende Rolle der Behörden vorstellen. Als konkrete Aufgaben nannten die Befragten die Benennung von Ansprechpersonen, die Festlegung und Zuweisung von Anlaufstellen und Parkmöglichkeiten sowie die Bereitstellung von Materialien für die Umsetzung vor Ort. Dadurch können Spontanhelfende eigenständig tätig werden und hätten bei Problemen oder der Anforderung von Unterstützung einen Ansprechpartner in den Behörden. Die Behörden bzw. BOS sollten Rahmenbedingungen für eine mögliche Koordinierung schaffen. Aus Sicht der Spontanhelfenden könnte sich eine Leitlinie oder Handlungshilfe für beide Seiten als zielführend erweisen. Es ist deutlich geworden, dass die Spontanhelfenden, entweder durch die Flutkatastrophe selbst oder bereits durch vorangegangene Ereignisse wie die Flüchtlingskrise und die COVID-19-Pandemie, einen umfassenden praktischen Erfahrungsschatz sammeln konnten, den sie aufseiten der Behörden für die Tätigkeit vor Ort noch nicht erkennen. Diese Sichtweise sowie die erlebten Erfahrungen vor Ort lassen die Spontanhelfenden an der Kompetenz der Behörden zweifeln, weshalb diese einer umfänglichen Koordinierung, obwohl erwünscht, skeptisch gegenüberstehen. Zum Abbau der Zweifel sowie der Skepsis könnten gemeinsame Übungen und Trainings- sowie Schulungsangebote zielführend sein. Auch die von den Befragten genannten zentralen Elemente wie Sensibilität, Ehrlichkeit, Vertrauen, Aufmerksamkeit und Respekt sollten in den Aus- und Fortbildungskonzepten der Einsatzkräfte sowie Verantwortlichen in den Behörden abgebildet werden. Des Weiteren sollten offene Fragen in Bezug auf die rechtlichen Rahmenbedingungen (z. B. Versicherungsschutz und Freistellung durch Arbeitgebende) in Informationsbroschüren für Spontanhelfende sowie den Internetseiten der unteren Katastrophenschutzbehörden beantwortet werden. Anhand der Ergebnisse hat sich gezeigt, dass das Tätigwerden Spontanhelfender durch diese rechtlichen Unsicherheiten beeinflusst wird, da die Regelungen nicht bekannt sind.

Organisation und Koordination Spontanhelfender

Anhand der Ergebnisse der HK₄ ist deutlich geworden, dass die Zusammenarbeit unter den Spontanhelfenden abhängig von der Ausgangsbasis ist. Die Befragten nannten dabei das Schlagwort

aufeinander angewiesen. Hervorzuheben in diesem Kontext ist, dass sich die Spontanhelfenden gegenseitig einen Vertrauensvorschuss gaben, um die gemeinsame Tätigkeit aufzunehmen und diese bis zu einem bestimmten Punkt fortzuführen. Die Entstehung von Konflikten kann durch die Dauer der Tätigkeit und die Festigung von Hierarchien innerhalb der Spontanhelfenden Gruppen erklärt werden. Dies lässt sich an der Aussage eines Befragten erkennen, wodurch ausgebildete Strukturen dafür sorgten, dass das Konfliktpotenzial sich erhöhte.

Eine Erkenntnis aus den vorliegenden Ergebnissen ist, dass die Befragten die Beteiligung auswärtiger Spontanhelfender im Vergleich zu einheimischen Spontanhelfenden teilweise als störend oder erschwerend empfanden. Diese Wahrnehmung konnte in der Literatur nicht identifiziert werden. Ob die Bereitschaft für die Hilfeleistung sowie deren Art und Dauer dadurch beeinflusst wurden, kann anhand der Ergebnisse nicht beantwortet werden. Hierzu bedarf es weiterer Forschung in diesem Themenfeld. Anhand der Ergebnisse ist jedoch ersichtlich geworden, dass auswärtige Spontanhelfende die Tätigkeit im Vergleich zu einheimischen Spontanhelfenden nur eine begrenzte Zeit durchführten und aus Sicht der Befragten teilweise überfordert waren. In diesem Zusammenhang liegt die Vermutung nahe, dass dies auf mangelnde Ortskenntnisse sowie bereits vorhandene Strukturen zurückgeführt werden kann. Auch eine Übermotivation einzelner Helfender wurde vermutet. Es hat sich jedoch auch gezeigt, dass sich die einheimischen Spontanhelfenden stellenweise durch den Versuch der Einmischung in Bezug auf Führung und Koordination von auswärtigen Spontanhelfenden bedroht fühlten. Dies könnte ein möglicher Indikator für die Verstärkung des beschriebenen Wir-Gefühls der einheimischen Spontanhelfenden sein.

Weiterhin ist deutlich geworden, dass bestehende Dorfgemeinschaften und die Einbindung bzw. Beteiligung von Vereinen, Clubs und deren Mitglieder förderlich für eine schnelle Hilfe durch die Bevölkerung sind. Die Vernetzung und der Zugriff auf bestehende Kontakte und Materialien haben sich als Vorteile für die Umsetzung der Hilfsangebote innerhalb der Spontanhelfenden Gruppen erwiesen. Den ständigen Austausch untereinander sowie die regelmäßigen Besprechungen auf Ebene der Leitungsteams in den Versorgungscamps bezeichneten die Befragten als zielführend. Daran werden Parallelen zu den Lagebesprechungen der BOS ersichtlich. Auch die Errichtung gesonderter Bereiche (z. B. Leitungszelt) innerhalb der Camps sowie die Sichtbarkeit der Leitung, z. B. durch (Funktions-)Westen, ähnelt den Strukturen der BOS-Einheiten. Entscheidend im Rahmen der Schaffung von Strukturen ist eine frühzeitige Festlegung von Sammel- und Anlaufpunkten für Spontanhelfende. Die Befragten berichteten, dass diese elementar waren, bevor die Aufgaben konkret organisiert sowie an weitere Spontanhelfende verteilt werden konnten und sich die eigene Versorgung entwickelte. An dieser Stelle wird deutlich, dass die Spontanhelfenden vor der Aufnahme der Tätigkeit zunächst die eigene Verpflegung für einen bestimmten Zeitraum sicherstellen müssen. In diesem Zusammenhang wurde der Wunsch geäußert, dass die BOS, die bei längeren Lagen die Verpflegung für die eigenen Kräfte organisieren und aufbauen, auch die Spontanhelfenden versorgen. Diesen Aspekt gilt es in der Vorplanung von Katastrophen zu berücksichtigen. Im Rahmen der Flutkatastrophe in Stolberg hat sich allerdings auch gezeigt, dass der umgekehrte Fall möglich ist, da die Verpflegung der BOS-Einheiten in Ortsteilen wie Stolberg-Vicht durch freiwillige Spenden aus der Bevölkerung sowie die Versorgungscamps der Spontanhelfenden sichergestellt wurde. Aufgrund der mittel- bis langfristigen Beteiligung Spontanhelfender und des unvorhersehbaren Zuwachses an Hilfsgütern und Helfenden sind zudem der Ort und die gewählte Fläche zu berücksichtigen, damit die Arbeit der Spontanhelfenden nicht negativ beeinflusst wird. Die Aufgabe der BOS besteht in der Unterstützung in Form geeigneter

Lagerkapazitäten, um die Hilfsgüter z. B. vor Witterungseinflüssen schützen zu können, da sich gezeigt hat, dass private Pavillons und Zelte nicht dafür geeignet sind.

Aufseiten der Spontanhelfenden spielt zudem die Kommunikationsstruktur eine bedeutsame Rolle. Anhand der Ergebnisse ist ersichtlich geworden, dass es von Vorteil ist, wenn Aufgaben und Tätigkeiten in kleineren Gruppen erledigt werden, da durch die Bildung von Abschnitten und Teilabschnitten die Kommunikation untereinander vereinfacht wird und die Förderung der Eigenverantwortung in den Mittelpunkt der Hilfeleistung rückt. Durch diese Arbeits- bzw. Vorgehensweise könnte das Gefühl abgemildert werden, dass die BOS den Spontanhelfenden Tätigkeiten delegieren will. Außerdem könnte die zentrale Struktur, die der Krisenstab entwickelt, dadurch in den Hintergrund rücken. Es liegt die Vermutung nahe, dass die Bereitschaft für Hilfe auf diese Weise länger bestehen bleibt und die Aufgaben bis zum Ende durchgeführt werden.

Es hat sich gezeigt, dass die Tätigkeiten nicht anhand eines bestehenden Leitfadens oder einer Handlungshilfe durchgeführt wurden. Es ist vielmehr ersichtlich geworden, dass den Befragten keine Konzepte, Leitfäden oder Handlungshilfen bekannt waren, da diese mehrfach den Wunsch danach äußerten. Dies zeigt, dass die getätigten Forschungen zum Thema Spontanhelfende und die Bestrebungen, die Ergebnisse bei der Bevölkerung sichtbar zu machen, nicht auf die lokale Ebene (Städte und Kreise) transportiert wurden. Auch die Ableitung bzw. Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Strukturen der jeweiligen Städte und Kreise ist anhand der vorliegenden Ergebnisse nicht erkennbar. Daher ist eine genaue Betrachtung anzustreben. Die infolgedessen entstandene Eigendynamik und das *Learning by Doing* hätten durch eine frühzeitige Beteiligung der Behörden bzw. BOS vermieden bzw. koordiniert werden können. Hervorzuheben ist zudem der scheiternde Versuch der Spontanhelfenden, eine Zusammenarbeit anzustreben, dessen Scheitern auf die nicht vorhandenen Ansprechpartner vor Ort sowie die ausbleibende Reaktion auf Kontaktversuche zurückzuführen ist. Die Behörden bzw. BOS sollten daher eine Strategie entwickeln, um die vorgenannten Aspekte vor Ort umzusetzen. Exemplarisch sind Flyer mit Kontaktdaten für die Einsatzfahrzeuge der BOS sowie die Etablierung von Informationen im Rahmen der Krisenkommunikation in den sozialen Netzwerken durch die Pressestellen voranzutreiben.

Auch wenn die Ergebnisse erkennen lassen, dass die Koordinierung der hohen Anzahl an Spontanhelfenden aufgrund der Vorerfahrungen aus dem privaten und beruflichen Bereich gelang, ist der beschriebene Druck auf die jeweiligen Leitungsteams in den Versorgungscamps nicht unerheblich. Es hat sich gezeigt, dass aufgrund des unvorhersehbaren Ansturms an Spontanhelfenden ein schneller Aufbau einer Struktur erforderlich ist, da die Bereitschaft zur Hilfestellung von der erfolgreichen Koordination abhängig ist. Anhand der Aussagen der Befragten ist ersichtlich geworden, dass eintreffende Spontanhelfende mit Arbeit versorgt werden wollen. Für die Koordination sind neben der rein verbalen Kommunikation vor Ort weitere Kommunikationsmittel (z. B. Handy oder Funkgeräte) zielführend. Das anfänglich beschriebene Problem, dass die Anzahl der eintreffenden Helfenden für Behörden bzw. BOS unbekannt ist, konnte auch bei den Spontanhelfenden Gruppen beobachtet werden. Insbesondere durch die Aufrufe in den sozialen Netzwerken wurden die Planung und Umsetzung von Aufgaben durch die ungewisse Anzahl von Helfenden bei den Spontanhelfenden-Gruppen erschwert. Eine Rückmelde-Funktion zu den Aufrufen über diese Netzwerke, wie sie z. B. bei Alarmierungssystemen wie *GroupAlarm* und *Alamos*

aPager Pro im Bereich der BOS gegeben ist, könnte ein erster Ansatz sein, um die Anzahl an helfenden Personen zu ermitteln. Alternativ wäre ein kontinuierliches Monitoring der Antworten unter dem jeweiligen Post bzw. Aufruf möglich, das jedoch zeitlich sowie personell aufwendig ist. Darüber hinaus wäre die Verteilung bzw. Entsendung Spontanhelfender über einzelne Sammelpunkte um oder entlang des Schadensgebietes zielführend. Außerdem sollten die BOS, eingewiesene Spontanhelfende oder Mittlerorganisationen Helfende vorab registrieren, um die rechtlichen Rahmenbedingungen zu schaffen. Der Vorteil der personenbezogenen Erfassung liegt in der Ermittlung der Kenntnisse und Fähigkeiten der Spontanhelfenden hinsichtlich anstehender Tätigkeiten.

Ein weiterer bedeutsamer Aspekt im Rahmen der Koordination Spontanhelfender ist die gezielte Zuweisung. Ansonsten besteht die Gefahr, dass zu viele Helfende eine Einsatzstelle anlaufen. Durch das Überangebot im Vergleich zur anzutreffenden Arbeit können Frustrationen sowie das Gefühl entstehen, dass die Darstellungen in den Aufrufen (z. B. in den sozialen Netzwerken) nicht mit der Realität übereinstimmen. Eine mögliche Folge davon ist, dass die Bereitschaft potenzieller Helfender, bei zukünftigen Lagen unterstützend mitzuwirken, aufgrund der gemachten Erfahrungen abnimmt. Durch eine öffentliche Verbreitung dieser Erfahrungen könnte das System der Spontanhelfenden langfristig geschwächt werden. Hinweise in Bezug auf diese Annahme gab eine Befragte an, indem sie anmerkte, dass Helfende aus der Nachbarstadt Eschweiler weiter nach Stolberg zogen, da für sie keine Organisation erkennbar war und infolgedessen keine Zuteilung zur Aufnahme von Tätigkeiten erfolgte. Eine Verschiebung bei größeren Lagen ist demnach zu erwarten. Im geschilderten Beispiel profitierten die Gruppierungen in Stolberg von der mangelnden Organisation der Nachbarstadt, wodurch die Möglichkeiten hinsichtlich der Entsendung von Manpower zunahm. Welche Veränderung durch dieses Handeln entstanden ist, konnte durch die vorliegende Datenlage nicht ermittelt werden. Hierzu wäre weitere Forschung notwendig.

Anhand der Ergebnisse ist des Weiteren ersichtlich geworden, dass die Zuteilung der Aufgaben und Tätigkeiten durch Spontanhelfende unterschiedlich erfolgte. Festzuhalten ist jedoch, dass ein Abarbeiten durch jedes Verfahren sichergestellt wurde. Ob durch ein bestimmtes Verfahren ein schnelleres Abarbeiten im Vergleich zu anderen Vorgehensweisen erzielt werden konnte, kann nicht abschließend beantwortet werden. Die hohe Anzahl an Anfragen und infolgedessen Aufträgen konnten die Spontanhelfenden in vielen Fällen nicht lückenlos unter Angaben von Zeiten dokumentieren. Viele Hilfeleistungen erfolgten zudem auf direkten Zuruf. Hier liegt der Vorteil der Einsatzabarbeitung durch die BOS unter Zuhilfenahme von Einsatzleitsoftware in Leitstellen oder Lagezentren. Inwieweit die Erfassung der Tätigkeiten im Rahmen der Zusammenarbeit mit den BOS durch deren Systeme sichergestellt werden kann, ist durch die jeweils zuständige Stelle zu prüfen. In jedem Fall ist jedoch ein ausfallsicheres System zu garantieren. Aufseiten der Spontanhelfenden bestehen aufgrund der gemachten Erfahrungen allerdings Zweifel, ob die Behörden bzw. BOS eine Koordination in diesem Ausmaß leisten können.

Wie in den Ergebnissen deutlich geworden ist, waren in der Anfangsphase der Hilfeleistungen unkomplizierte Tätigkeiten durchzuführen, die sich auf die Sammlung, Zubereitung und Verteilung von Lebensmitteln, Schlamm abtragen und die Annahme bzw. Sammlung von Kleiderspenden beschränkten. Gezielte Aufgaben übernahmen die Spontanhelfenden erst allmählich im weiteren

Verlauf, darunter beispielsweise die Mithilfe bei der Errichtung von Anlaufstellen, Bierzeltgarnituren und Felddbetten unter Beteiligung von Hilfsorganisationen (z. B. DRK und MHD), den Aufbau von Spendenlagern (z. B. für Werkzeuge und Baustoffe) sowie Entrümpelungen in den betroffenen Objekten und Bereichen. Im Rahmen der Interviews wurde angemerkt, dass diese Tätigkeiten ohne Vorerfahrungen der Helfenden durchgeführt werden konnten. Auch bei gezielteren Aufgaben war keine umfangreiche Einweisung erforderlich, da aufgrund der Vorkenntnisse aus dem privaten oder beruflichen Umfeld eine Umsetzung ohne Beteiligung der Behörden bzw. BOS möglich war. Bei der Betrachtung der beruflichen Hintergründe der Helfenden fällt auf, dass nicht nur rein handwerkliche Tätigkeiten vor Ort hilfreich waren, sondern auch Kenntnisse und Fähigkeiten von Grafikern und Bürokräften dazu führten, einen Beitrag in Form von Zuarbeit bzw. Unterstützungsleistungen außerhalb des Schadensgebietes zur Bewältigung der Lage zu leisten. Von Bedeutung ist zudem die unterschiedliche Wahrnehmung im Hinblick auf die Gefahren im Rahmen der aufgenommenen Tätigkeiten. Während bei spontanhelfenden Gruppen ein zunehmendes Verständnis für die sichere Aufgabenerfüllung erkennbar ist, erachten die Befragten beobachtete Einzelaktionen (z. B. Aufräumarbeiten im Flussbett kurz nach dem Eintrittsereignis) als kritisch. Die bisherigen, zum Teil gesetzlichen, Vorgaben im Rahmen der COVID-19-Pandemie beachteten die Helfenden Angaben der Befragten zufolge kaum bei den Hilfeleistungen. Es ist daher davon auszugehen, dass die Helfenden die Flutkatastrophe im Vergleich zur Pandemie, die zu diesem Zeitpunkt herrschte, als bedeutsamer einstufen. Auch der Schutz vor möglichen Schadstoffen im Schlamm oder an den Mobiliaren bei der Entrümpelung spielte für die eingesetzten Spontanhelfenden, zumindest in der Anfangsphase, eine nachgeordnete Rolle. Zu möglichen Gefahren im Hinblick auf den Umgang mit bestimmten Stoffen sollte die BOS die Bevölkerung daher frühzeitig informieren. Ob der Aspekt, dass sich Helfende selbst in Gefahr brachten, ausschließlich auf deren hohe Motivation oder Unkenntnis zurückzuführen ist, kann nur vermutet und anhand der vorliegenden Daten nicht fundiert beantwortet werden. Da sich durch einen Abgleich mit der vorhandenen Literatur keine Anhaltspunkte ergaben, sind diesbezüglich weitere Forschungen erforderlich.

Fazit und Ausblick

Ziel war es zum einen, Optimierungsansätze im Hinblick auf die Einbindung und Koordinierung Spontanhelfender herauszuarbeiten. Zum anderen wurde untersucht, welche Maßnahmen erforderlich sind, um die Zusammenarbeit zwischen staatlichen Behörden und Spontanhelfenden zu fördern. Aufgrund der geringen Anzahl an Studienteilnehmenden sowie der isolierten Betrachtungsweise der Flutkatastrophe in der Stadt Stolberg können keine allgemeingültigen Schlussfolgerungen gezogen werden. Im Rahmen dieser Studie können dennoch wertvolle sowie aussagekräftige Erkenntnisse generiert werden.

Nach welchen Kriterien entscheiden Spontanhelfende, ob, wann und wo sie helfen?
Spontanhelfende weisen einen von Angehörigen sowie Freundes- und Bekanntenkreis ausgehenden Bezug zur Hilfeleistung auf. Darüber hinaus haben sie einen lokalen Bezug zum Schadensgebiet. Durch die Wahrnehmung der Darstellungen in den sozialen Netzwerken, regionalen und überregionalen Medien sowie durch Berichterstattungen Helfender und Betroffener wird die Bereitschaft zum Helfen verstärkt. Auch der Zeitpunkt der Tätigkeitsaufnahme wird dadurch bestimmt. Die Entscheidung, wo die Tätigkeit aufgenommen wird, erfolgt über soziale

Netzwerke und der Beobachtung von Ansammlung Helfender im Schadensgebiet. Zentrale oder bekannte Orte wie das örtliche Rathaus, die Kirche oder der Markplatz dienen häufig als erste Anlaufpunkte zum Vernetzen mit anderen Spontanhelfenden.

Welche Unterstützung erwarten Spontanhelfende von staatlichen Behörden?

Erwartet werden vor allem eine klare Zuweisung von Flächen zur Bildung von Sammel- und Anlaufstellen bzw. Lagerorten und die Benennung fester Ansprechpersonen aufseiten der Behörden bzw. BOS. Des Weiteren ist materielle Unterstützung, z.B. in Form von Transportmöglichkeiten, erwünscht.

Wie kann eine gegenseitige Kontaktaufnahme zur Koordinierung der Hilfe erfolgen?

Der Kontakt zu Spontanhelfenden muss frühzeitig durch die Behörden über Verbindungspersonen erfolgen. Soziale Netzwerke können für den Erstkontakt förderlich sein. Weiterhin sind Anlauf- und Sammelstellen für Spontanhelfende einzurichten und feste Ansprechpersonen zu benennen.

Stehen soziale Netzwerke wie Facebook und Instagram zur Bündelung und Koordinierung der Hilfe im Fokus Spontanhelfender oder sind behördliche Koordinierungsstellen, z. B. eine Telefonhotline, erwünscht?

Soziale Netzwerke stehen im Fokus der Koordinierung Spontanhelfender. Parallel muss vor Ort frühzeitig eine Struktur geschaffen werden. Anlauf- und Sammelstellen können zielführend sein. Die Koordinierung kann durch technische Lösungen wie Apps, Internetseiten und ein Bürgertelefon unterstützt werden.

Durch welche Faktoren wird die Zusammenarbeit mit staatlichen Behörden sowie unter Spontanhelfenden selbst beeinflusst?

Die Möglichkeiten der Selbstverwirklichung und freien Aufgabenerfüllung spielen für Spontanhelfende eine wesentliche Rolle im Rahmen der Zusammenarbeit. Entscheidend in diesem Kontext sind vor allem der durch die Behörden bzw. BOS entgegengebrachte Respekt und das Vertrauen, aber auch Ehrlichkeit, Aufmerksamkeit und Sensibilität gegenüber Spontanhelfenden.

Welche Maßnahmen und Handlungen sind im Vorfeld einer Katastrophe erforderlich, um ein gegenseitiges Verständnis und eine Koordinierung fördern zu können?

Aufgabe der Behörden bzw. BOS ist es, dauerhaft eine Kommunikationsstruktur aufzubauen sowie zu etablieren. Dies beinhaltet ein Bewerben der Internetseiten und sozialen Netzwerke der Kommunen und Kreise. Auch appbasierte Lösungen sollten unter Berücksichtigung des technischen Fortschritts in Betracht gezogen werden. Darüber hinaus gilt es, die Kontaktpflege zu entstandenen Spontanhelfenden-Gruppierungen sicherzustellen. Die Verlaufs- bzw. Entwicklungsbeobachtung könnten Mittlerorganisationen bei zukünftigen Lagen übernehmen.

Abschließend kann festgehalten werden, dass anhand der gewonnenen Erkenntnisse aufgezeigt werden konnte, dass sich grundlegende theoretische Annahmen bei der Flutkatastrophe in Stolberg größtenteils bestätigten und die Kommunikation eine zentrale Rolle für den Erfolg der Zusammenarbeit zwischen Behörden bzw. BOS und Spontanhelfenden spielten. Durch die frühzeitige Integration von Spontanhelfenden kann eine schnellere Katastrophenbewältigung

gelingen. Es ist jedoch auch ersichtlich geworden, dass weitere wissenschaftliche Aufmerksamkeit erforderlich ist und Konzepte/ Leitfäden an der Basis, also auf kommunaler Ebene, etabliert werden müssen.

Literatur

- Bartz, Michael (2024): Zusammenarbeit zwischen staatlichen Behörden und Spontanhelfenden - Optimierungsansätze zur Koordinierung von Spontanhelfenden am Beispiel der Flutkatastrophe 2021 in Stolberg (Rhld.) in: *Forschung für den Bevölkerungsschutz – Kongressband I*, Bonn: BBK, 2024.
- Betke, Hans, Sebastian Lindner, Stefan Sackmann & Sophie Gerstmann (2017): Informationssysteme im Katastrophenmanagement – Entwurf eines Koordinationssystems für ungebundene Helfer in: Maximilian Eibl, Martin Gaedke (Hrsg.): *INFORMA-TIK 2017, Lecture Notes in Informatics (LNI)*, Bonn: Gesellschaft für Informatik, 2017.
- Bledau, Lena, Janina Braun, Cordula Dittmer, Michaela Führer, Lars Gerhold, Andrea Jungmann, Daniel Lorenz, Thomas Kox, Monika C. Muszynska, Jessica Reiter, Jochen Schiller & Martin Voss (2014): Organisationsstudie „Steuerungsmöglichkeiten für einen zukunfts- und leistungsfähigen Katastrophenschutzdienst in Schleswig-Holstein unter den Gesichtspunkten der Ehrenamtlichkeit sowie veränderter gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen“, Berlin: Freie Universität, 2014.
- Drews, Patrick (2019): Konzepte zur Einbindung von ad-hoc-Helfern zur Substitution ausfallender Einsatzkräfte - REBEKA: Abschlussbericht: Bekanntmachung: Zivile Sicherheit - Erhöhung der Resilienz im Krisen- und Katastrophenfall, Stuttgart: Universität Stuttgart, 2019, doi:10.2314/KXP:1688174710.
- Fathi, Ramian, C. Tonn, Y. Schulte, A. Spang, M. Gründler, F. Kletti, Frank Fiedrich, A. Fekete, & S. Martini (2016): Untersuchung der Motivationsfaktoren von Spontanhelfern In: Deutsches Rotes Kreuz, Die Rolle von ungebundenen HelferInnen bei der Bewältigung von Schadensereignissen – Teil 3, Handlungs- und Umsetzungsempfehlungen für den Einsatz ungebundener HelferInnen, Berlin: DRK, 2016.
- IM NRW (2022): Katastrophenschutz der Zukunft – Abschlussbericht des vom Minister des Innern berufenen Kompetenzteams Katastrophenschutz, Düsseldorf: IM NRW, 2022.
- Kaczmarek, Sabina & Marcel Diederichs (Hrsg.) (2016): Forschungsprojekt ensure, Verbesserte Krisenbewältigung im urbanen Raum durch situationsbezogene Helferkonzepte und Warnsysteme, Abschlussbroschüre, Berlin: Berliner Feuerwehr, 2016.
- Kircher, Frieder (2014): Ungebundene Helfer im Katastrophenschutz in: *Brand Schutz*, 68(8), Stuttgart: Kohlhammer, S. 593-597.
- Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Uni Halle, 2020): KUBAS Abschlussbericht zum Teilvorhaben Automatisierte Kommunikationsworkflows zur Einbindung freiwilliger Helfer in das Katastrophenmanagement (ASK), Halle: MLU, 2020
- MULNV (2021): Zweiter fortgeschriebener Bericht zu Hochwasserereignissen Mitte Juli 2021 (zu Landtags-Vorlage 17/5485), Sitzung AULNV am 25.08.2021, Düsseldorf: MULNV, 2021.
- Rusch, Gebhard, Christoph Kotthaus & Sascha Skudelny (2019): KOKOS, Abschlussbericht: Unterstützung der Kooperation mit freiwilligen Helfern in komplexen Einsatzlagen, Siegen: Universität Siegen, 2019.
- Schwartz, S.H. & J.A. Howard, (1981): A normative decision-making

model of altruism. in: J.P. Rushton; R.M. Sorrentino (Hrsg.) *Altruism and helping behaviour*, S. 189-211.

Universität Stuttgart (2018c): Tätigkeitenkatalog für Spontanhelfende, Stuttgart: Universität Stuttgart, 2018.

Winter, Ruth & Julian Brückner (2022): Abschlussbericht WuKAS – MHD, Köln: Malteser Hilfsdienst e.V., 2022

Zettl, Veronika (2018): Handlungsleitfaden für BOS zur Zusammenarbeit mit Mittlerorganisationen in Schadenlagen, Stuttgart: IAT der Universität Stuttgart, 2018.

Link zum Vortrag

<https://thga.sciebo.de/s/R3zJV88vnzhygzP>

Demonstration der Gefahren durch Lithium-Ionen-Batterien für Feuerwehreinsatzkräfte.

Marvin Janßen, Monika Rode

Institut der Feuerwehr Nordrhein-Westfalen

Kernpunkte

- I. Der Bedarf an stationärer Energiespeicherung (vom LIB-Heimspeicher bis zum LIB-Großspeicher) steigt derzeit progressiv.
- II. Feuerwehren werden zukünftig häufiger mit Einsatzgeschehen rund um stationäre LI-Energiespeicheranlagen konfrontiert.
- III. Eine erlebbare Ausbildung wird Feuerwehreinsatzkräfte auf derartige Einsatzszenarien vorbereiten.

Abstract

Es ist festzustellen, dass stationäre Energiespeicheranlagen aus Lithium-Ionen-Batterien, d. h. Heim-, Industrie- und Großspeicher, vermehrt installiert werden aufgrund des steigenden Bedarfes nach Energiespeicherung. Für die Feuerwehr bringt diese Entwicklung potenziell neue Herausforderungen mit sich, einige Einsatzgeschehen sind den Medien bereits zu entnehmen.

In dem Projekt „Sicherheit elektrochemischer Energiespeicher in Second-Life-Anwendungen“ mit dem Akronym SEE-2L standen stationäre Lithium-Ionen-Energiespeicher in Second-Life-Anwendungen („First-Life“ als Traktionsbatterien in Elektrofahrzeugen) im Fokus (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung 2021). Ergänzend setzten sich die Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (vfdb) und das Institut der Feuerwehr Nordrhein-Westfalen (IdF NRW) mit einem modularen Schulungskonzept für Einsatzkräfte für Lithium-Ionen-Technologie auseinander – vom Consumer-Bereich über Elektromobilität bis zu Großspeicheranlagen im MWh-Bereich. Den Einsatzkräften eine erlebbare Ausbildung zu dieser Thematik zu ermöglichen war ein besonderes Anliegen.

Einleitung

Der Bedarf nach Energiespeicherung ist so hoch wie nie zuvor. Stationäre Energiespeicheranlagen aus Lithium-Ionen-Batterien (LIB) versprechen Abhilfe (Korthauer 2013). Die Anzahl errichteter LIB-Speicher steigt derzeit stark an, sodass ebenso die Gesamtzahl an kritischen Ereignissen mit Einsätzen von Feuerwehren steigt (siehe Kapitel 3.3). Das extreme Brandverhalten in Verbindung mit aufwändigen Löscharbeiten, die Produktion toxischer Gase und die mögliche

Entstehung explosiver Atmosphären stellen eine große Herausforderung für die Einsatzkräfte dar.

Das IdF NRW beteiligte sich im Rahmen des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundforschungsprojektes SEE-2L an dem Teilvorhaben der vfdb. Das IdF NRW war damit das Bindeglied zwischen akademischer Forschung und nichtpolizeilicher Gefahrenabwehr. Weitere Projektpartner waren die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (OVGU) und die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM).

In SEE-2L wurden u. a. Realbrandversuche an 2nd-Life-LIB in einer Großversuchsanlage auf dem Technischen Testgelände der BAM durchgeführt. Untersuchungsgegenstand waren ausgemusterte Traktionsbatterien, die einer Zweitverwendung in stationären Energiespeichereinrichtungen zugeführt werden. Im Fokus standen hierbei die Auswirkungen des thermischen Durchgehens (engl.: „thermal runaway“) mit Blick auf die Propagation auf Modulebene und wie/ob dieser Propagation u. a. mit speziellen Materialien wie bspw. Phase Change Materials entgegenzuwirken ist. Zusätzlich wurden ein dezentraler Versuchsstand (mobiler Demonstrator) und Lehrunterlagen zur Ausbildung von Einsatzkräften entwickelt. Das Institut der Feuerwehr NRW beteiligte sich an dem Teilvorhaben der vfdb mit dem Titel „Anwenderorientierte Konzepte für den Umgang mit LI-Systemen in der Gefahrenabwehr“. Es wird im Folgenden vorgestellt, wie das IdF NRW einen nachhaltigen Transfer der Forschungserkenntnisse hin zu den Einsatzkräften sicherstellt.

Während der einsatztaktische Umgang mit Elektrofahrzeugen in der Ausbildung bereits breit thematisiert wird, bspw. in den Feuerwehrausbildungseinrichtungen oder auch in Fachempfehlungen/Merkblättern (AGBF und DFV 2021, vfdb 2017), werden stationäre Energiespeicher bisher selten berücksichtigt. Zur Veranschaulichung des extremen Brandverhaltens von LIB wurde ein mobiler Demonstrator und ein modulares Lehrkonzept in SEE-2L für die praktische Ausbildung der Einsatzkräfte entwickelt. Dieser Demonstrator dient zur Veranschaulichung der von LIB ausgehenden Gefahren im Rahmen von Brand- und ggf. Löschversuchen. In Anlehnung an den Großversuchsstand im Projekt ist der Demonstrator ebenfalls mit Messsensorik ausgestattet worden, um in der Lehre den Einsatzkräften z. B. das Temperaturverhalten bis zum Durchgehen der LIB demonstrieren zu können. Die aus dem Projekt im Teilvorhaben entstandenen Lehrmaterialien sowie der Demonstrator werden vorgestellt. Ebenso wird die Integration der Lehrmaterialien sowie des Demonstrators in den Lehrbetrieb erläutert.

Das Institut der Feuerwehr NRW in der Forschung

Das IdF NRW ist die zentrale Aus- und Fortbildungsstätte mit Kompetenzzentren zur Verbesserung und Weiterentwicklung des Brandschutzes, der Hilfeleistung und des Katastrophenschutzes des Landes Nordrhein-Westfalen. Ganzjährig findet hier die Führungs- und Spezialausbildung beruflicher und ehrenamtlicher Feuerwehrangehöriger sowohl aus öffentlichen als auch aus privaten Feuerwehren statt. Ferner werden operativ-taktische Führungsstäbe sowie administrativ-organisatorische Krisenstäbe aus- und fortgebildet. Mit einem Personalbestand von etwa 220 Mitarbeitenden ist das IdF NRW die größte deutsche Feuerwehrausbildungseinrichtung. Das Institut tritt in nationalen Forschungsprojekten als assoziierter Partner, Unterauftragnehmer oder vermehrt auch als Vollpartner auf. Auf EU-Ebene fand bzw. findet unter anderem eine Beteiligung an den Projekten DRIVER+ und STRATEGY statt.

Der Bereich Forschung ist im Dezernat K2 „Krisenmanagement und Forschung“ untergebracht. Neben der aktiven Beteiligung an Forschungsvorhaben und dazugehöriger Personaleinstellung qualifizierter wissenschaftlicher Mitarbeitenden werden hier auch immer wieder studentische Abschlussarbeiten durchgeführt und begleitet.

Gefahren durch stationäre LIB-Speicher für Feuerwehreinsatzkräfte

Verbreitung von stationären LIB-Speichern

Wie bereits eingeleitet wurde, lag der Fokus des SEE-2L-Projektes auf stationären LIB-Speichern. Grundsätzlich können stationäre Energiespeicher in drei Klassen eingeteilt werden (Figgner et al. 2023):

- **Heimspeicher**⁵: ca. 55 % der Heimspeicher in Deutschland liegen im Bereich 5 bis 10 kWh und über 30 % im Bereich 10 bis 15 kWh
- **Industriespeicher**: ca. 85 % der Industriespeicher in Deutschland liegen im Bereich 30 bis 100 kWh
- **Großspeicher**: über 75 % der Großspeicher in Deutschland liegen im Bereich 1 bis 10 MWh

In der Arbeit von Figgner et al. wurden die absoluten Installationen stationärer Energiespeicher gemäß ihrer Klassen aufgeschlüsselt. Dabei wurde wie folgt gefiltert: Heimspeicher (HSS) ≤ 30 kWh, Industriespeicher (ISS) 30 kWh bis 1000 kWh, Großspeicher (LSS) ≥ 1000 kWh.

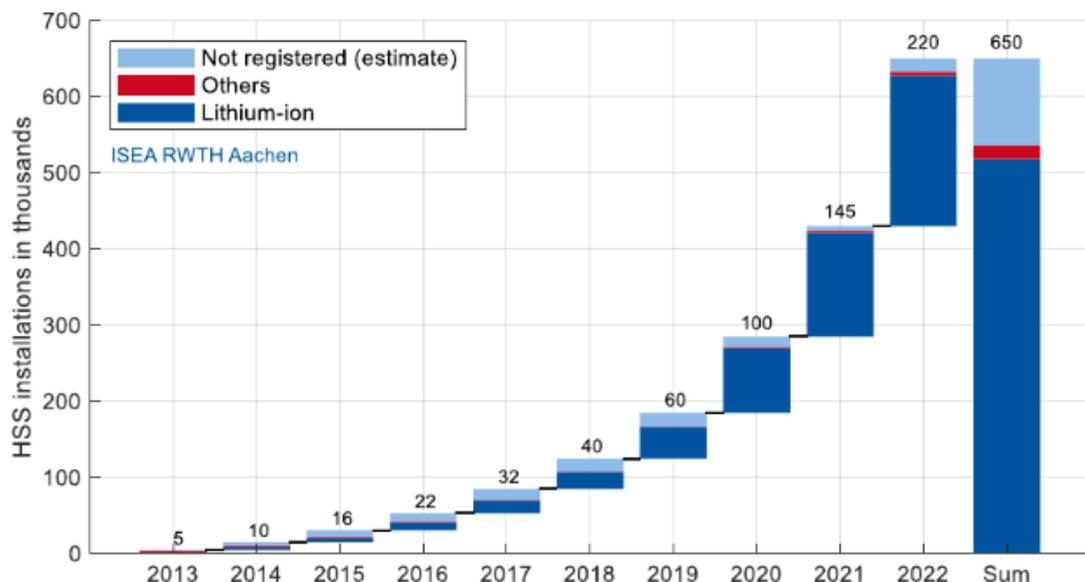


Abbildung 1: (Geschätzte) Anzahl installierter Heimspeicher in Deutschland (Figgner et al. 2023)

⁵ Zum Vergleich: Die durchschnittliche Batteriekapazität verfügbarer Elektrofahrzeugmodelle beträgt 68,6 kWh (EV Database 2023).

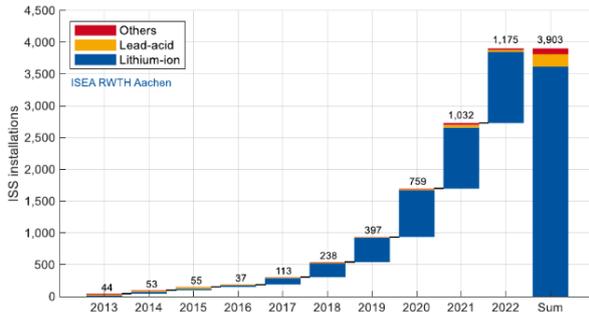


Abbildung 2: (Geschätzte) Anzahl installierter Industriespeicher in Deutschland (Figgenger et al. 2023)

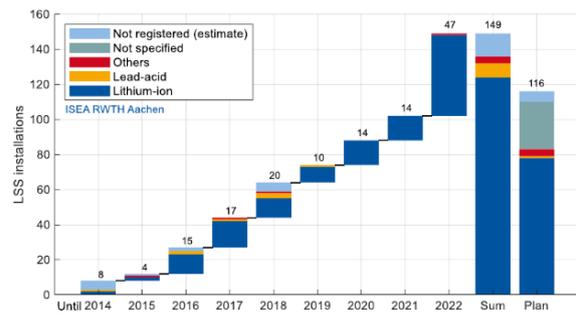


Abbildung 3: (Geschätzte) Anzahl installierter Großspeicher in Deutschland (Figgenger et al. 2023)

In den Abbildungen 1 und 2 ist vor allem der progressive Anstieg der Installationen entsprechender Batteriespeicher gut erkennbar. Der Ausbau von Großspeichern hat im vergangenen Jahr 2022 einen Sprung gemacht (siehe Abbildung 3). Es ist damit zu rechnen, dass sich dieser Trend beim Ausbau der Speicheranlagen in den kommenden Jahren aufgrund des Bedarfes durch die aktuelle (welt-)politische Situation fortsetzen wird.

Werden die bis einschließlich im Jahr 2022 installierten Heimspeicher in Deutschland in Relation zum Bestand an Wohngebäuden (Stand 2021 inkl. Wohnheime: 19.375.911) (Statistisches Bundesamt 2021) gesetzt, so ergibt sich, dass derzeit geschätzt 3,4 % der Wohngebäude mit einem stationären Batteriespeicher ausgestattet sind. Einzige Annahme in dieser Betrachtung ist: Jeder installierte Speicher versorgt ein Wohngebäude. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass es sich hierbei lediglich um eine Momentaufnahme handelt. Aktuelle Entwicklungen und politische Forderungen sprechen dafür, dass die Installationen von Heimspeichern über die kommenden Jahre hinweg deutlich steigen werden und auch Industrie- und Großspeicher weiter ausgebaut werden.

Gefahren und Herausforderungen für Feuerwehreinsatzkräfte durch LIB

Die Feuerwehr beschäftigt sich inzwischen seit geraumer Zeit mit den potenziellen Gefahren durch LIB aufgrund der steigenden Anzahl von Elektrofahrzeugen im Straßenverkehr. Auch ist bekannt, dass die Ursache für (Gebäude-)Brände seit einigen Jahren immer häufiger auf LIB zurückzuführen ist (Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung 2023, New York Post 2023), was in erster Linie mit der steigenden Verbreitung dieser Technologie im alltäglichen Umfeld, vor allem dem Consumer-Bereich, zu begründen ist.

Im Bereich der stationären LIB-Speicher wird die Feuerwehr jedoch mit weitaus größeren Batterien und somit einem höheren Gefahrenpotenzial konfrontiert. Um die Sicherheit der Einsatzkräfte während eines Einsatzes mit havarierenden stationären LIB-Speichern zu erhöhen, ist es relevant, dass sie die potenziell zu erwartenden Gefahren richtig einschätzen können.

Der Thermal Runaway bei LIB ist den meisten Feuerwehreinsatzkräften bereits ein Begriff. Sehr eindrucksvoll wird dies auf einem YouTube-Kanal der BAM dargestellt; drei Videos⁶ aus den Versuchen im SEE-2L-Projekt zeigen das extreme Brandverhalten einzelner Batteriemodule (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung 2023).

Ferner ist einem Großteil der Einsatzkräfte im Zusammenhang mit durchgehenden LIB auch die Bildung von Flusssäure bekannt. Aber geht hiervon tatsächlich auch die größte oder gar einzige Gefahr für das eingesetzte Personal aus?

Beim thermischen Durchgehen von LIB ist grundsätzlich mit der Bildung von Flusssäure zu rechnen, da in den meisten Zellen das fluorhaltige Leitsalz Lithiumhexafluorophosphat (LiPF_6) verwendet wird, welches bei Kontakt mit Wasser zu Fluorwasserstoff (HF) reagiert bzw. zu dessen wässriger Lösung Flusssäure (Korthauer 2013). Zur Bewertung dieser Gefahr sollte jedoch u. a. ein Blick auf die „Störfallbeurteilungswerte“ (AEGL: „Acute Exposure Guideline Levels“⁷) gelegt werden, wie es z. B. Tschirschwitz et al. (2023) in ihren Versuchen getan haben. Selbstverständlich ist diese Gefahr nicht zu vernachlässigen, jedoch ist sie stets in Relation zu betrachten.

Grundsätzlich ist zu erwarten, dass bei LIB-Brandereignissen nicht nur Flusssäure, sondern auch diverse andere toxische und entzündbare Gase entstehen. Beispiele für entstehende toxische Gase sind Chlorwasserstoff (HCl), Monophosphan (PH_3), Stickstoffmonoxid (NO) und vor allem auch große Mengen Kohlenstoffmonoxid (CO). Entzündbare Gase sind neben größeren Mengen Kohlenstoffmonoxid (CO) und Wasserstoff (H_2) auch verschiedene Alkane und Alkene wie Methan (CH_4), Ethan (C_2H_6), Ethen (C_2H_4) und Elektrolytbestandteile wie Dimethylcarbonat ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$), Ethylmethylcarbonat ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$) (Korthauer 2013, Rappsilber et al. 2023, Tschirschwitz et al. 2023). Menge und Zusammensetzung der entstehenden Gasgemische sind immer abhängig von mehreren Faktoren wie z. B. der Zellchemie (Aktivmaterial der Elektroden, Elektrolyt), Bauform (zylindrisch, prismatisch, pouch), Kapazität bzw. Größe des Speichers, Ladezustand und Alterungszustand. Eine größer werdende Bedeutung in der Risikobewertung wird mittlerweile den freigesetzten Schwermetallen zugeschrieben, welche durch die Verbrennung der Elektrodenmaterialien als Aerosole in den Brandrauch gelangen (Sturm et al. 2021) bzw. sich als Stäube an der Einsatzbekleidung und Einsatzstelle absetzen. Vor derartigen Gefahren sollten Einsatzkräfte allerdings durch die standardmäßige Persönliche Schutzausrüstung zur Innenbrandbekämpfung und gründliche Einsatzstellenhygiene geschützt sein (DGUV 2023). Weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet wären jedoch wünschenswert.

Ein großes Risiko bei Einsätzen an stationären LIB-Speichern stellt die Explosionsgefahr dar. Besonders bei Heimspeichern, die häufig in Kellerräumen aufgestellt werden, gibt es nur unzureichende Ventilationsmöglichkeiten. Kommt es zum Versagen eines Heimspeichers, d. h. zum thermischen Durchgehen und Propagieren auf mehrere/alle Zellen, könnte sich im Raumvolumen des Aufstellortes eine explosive Atmosphäre bilden. Auch von einem intakten Batteriespeicher, der durch einen externen Brand thermisch überbeansprucht wird, geht die Gefahr eines extremen Brandverhaltens, d. h. thermischen Durchgehens aus. Sollte ein explosives Gasgemisch aufgrund fehlenden Sauerstoffes oder fehlender Zündquelle bis zum Eintreffen der ersten Einsatzkräfte nicht durchgezündet haben, könnte dies ein extremes Risiko für die Einsatzkräfte darstellen, sobald diese sich einen Zugang zum Brandherd verschaffen wollen. Ein

⁶ Direkter Link zum YouTube-Kanal der BAM: <https://www.youtube.com/@bamresearch/videos>.

⁷ Eine Liste der AEGL-Werte ist auf der Webseite der „U.S. Environmental Protection Agency“ (2018) zu finden.

derartiger Vorfall in einer Großspeicheranlage mit vier schwerverletzten Einsatzkräften bestätigt diese Gefahr. Bei diesem Vorfall kam es im Jahr 2019 in den USA zu einer Explosion in einer Großspeicheranlage. Die Einsatzkräfte konnten vor der Explosion tiefliegende weiße Gas- bzw. Rauchschwaden mit beißendem Geruch im Bereich des Aufstellortes des Großspeichers feststellen (McKinnon et al. 2020).

Das „Löschen“ von LIB-Bränden stellt insofern eine Herausforderung dar, dass eine Propagation des Thermal Runaways auf umliegende Zellen in einem Speicher kaum nachhaltig zu verhindern ist. In den meisten Fällen ist es nicht möglich, das derzeit geeignetste Löschmittel Wasser, ggf. mit Netzmittelzusatz, in den dicht gepackten und abgeschlossenen Batteriespeicher einzubringen, um dort wirksam direkt an den betroffenen Zellen durch die Kühlwirkung des Wassers ausreichend Energie zu entziehen. Allerdings ist selbst dann davon auszugehen, dass bisher nicht durchgegangene Nachbarzellen einer bereits thermisch durchgegangenen Zelle nach Beendigung der kontinuierlichen Kühlmaßnahmen durchgehen könnten, da in diesen Nachbarzellen chemische Zersetzungsprozesse durch Überschreiten einer kritischen Temperaturschwelle bereits initiiert (exotherme Reaktion), diese durch die Kühlmaßnahmen jedoch nur verlangsamt wurden. Nicht zuletzt ist außerdem ein Augenmerk auf die Löschwasserkontamination und somit die Löschwasserrückhaltung zu legen. Das Löschwasser kann bei langanhaltendem direktem Kontakt mit durchgegangenen LIB, z. B. durch Versenken in einem Wasserbehälter, stark basisch werden (Institut für Sicherheitstechnik/Schiffssicherheit e.V. 2021).

Auswahl von Realereignissen

Selbstverständlich eskaliert nicht jeder installierte stationäre Batteriespeicher in ein Schadensereignis bzw. einen Einsatz für die Feuerwehr. Bei einer Internetrecherche zum Thema „Brand + Lithium-Ionen-Batterie“ stellt man fest, dass Feuerwehren weltweit bisher verhältnismäßig selten mit Einsätzen rund um stationäre Batteriespeicher zu tun hatten. Auffällig ist dabei, dass diese Ereignisse häufig ein großes öffentliches und mediales Interesse nach sich zogen. Aus Gesprächen mit Einsatzkräften lässt sich allerdings ableiten, dass häufig Unsicherheit bzgl. des einsatztaktischen Vorgehens und der Risikoeinschätzung herrscht.

Im Folgenden werden ausgewählte Realereignisse aufgeführt, welche die Herausforderungen bei Einsätzen mit havarierenden LIB und deren potenzielle Schwere hervorheben sollen. Vor allem der bereits erwähnte Vorfall im Jahr 2019 in den USA, bei dem durch eine Explosion in einem Großspeicher vier Einsatzkräfte schwer verletzt wurden, zeigt deutlich, welche schwerwiegenden Folgen in diesen Szenarien aus „falschen“ einsatztaktischen Entscheidungen resultieren können.



Abbildung 4: Explosion in Großspeicheranlage
(Fire Safety Research Institute 2020)



Abbildung 5: Brand eines Großspeichers
(KFV Märkisch-Oderland e.V. 2021)

Abbildung 4: 19.04.2019, USA, Surprise (Arizona), Großspeicher, Explosion

Explosion in einem 2,16 MWh LIB-Großspeicher (einzelnes, freistehendes "Gebäude" bzw. ein einzelner Container) mit vier schwerverletzten Feuerwehreinsatzkräften der Gefahrguteinheit (HAZMAT), nachdem diese die Tür zum Speichergebäude öffneten.

Abbildung 5: 18.07.2021, Deutschland, Neuhardenburg (Brandenburg), Großspeicher, Brand

Brand eines 5 MW LIB-Großspeichers; 11 Feuerwehreinsatzkräfte wurden vorsorglich zur Beobachtung ins Krankenhaus verbracht aufgrund des Verdachts einer Kontamination mit Flusssäure



Abbildung 6: Explosion eines Heimspeichers hebt Dachstuhl an (FF Bodnegg 2022)



Abbildung 7: Explosion eines Heimspeichers führt zu Teileinsturz (Vogelsberger Zeitung 2023)

Abbildung 6: 03.03.2022, Deutschland, Bodnegg (Baden-Württemberg), Heimspeicher, Explosion

Explosion mit anschließendem Schwelbrand im Keller eines Mehrfamilienhauses, ausgelöst durch einen sich dort befindlichen PV-Heimspeicher; durch die entstehende Druckwelle wurden mehrere Fenster und Türen nach außen gedrückt sowie der Dachstuhl angehoben.

Abbildung 7: 06.10.2023, Deutschland, Wernges (Hessen), Heimspeicher, Explosion

Explosion eines 30 kWh Heimspeichers mit LFP-Zellchemie im Keller eines Wohngebäudes; die Explosion führt zu einem Teileinsturz des Gebäudes; eine Person wird verletzt

Einschätzung zu stationären LIB-Speichern aus feuerwehrtechnischer Sicht

Zum aktuellen Zeitpunkt sind stationäre LIB-Speicher zwar flächendeckend in Deutschland verteilt, jedoch muss die Feuerwehr aufgrund der in Kapitel 3.1 abgebildeten Verbreitungssituation

dieser Speicher (noch) nicht damit rechnen, häufig mit den Gefahren durch stationäre LI-Batteriespeicher konfrontiert zu werden.

Während LIB im Consumer-Bereich bereits seit mehreren Jahren allgegenwärtig und wahrscheinlich in jedem Haushalt vorzufinden sind (Smartphones, Laptops, Akkuwerkzeuge etc.), so ist dies bei stationären Anwendungen noch nicht der Fall. Erst seit den letzten zwei bis drei Jahren haben stationäre Anwendungen von LI-Technologie deutlich an Bedeutung gewonnen (Figgenger et al. 2023). Momentan zeichnet sich ab, dass sich diese Trendkurve entsprechend fortsetzen wird, bis eine Sättigungsgrenze erreicht wird – wie hoch oder tief diese Grenze liegt, ist bisher nicht abzuschätzen. Der derzeitige Trend spricht allerdings eher für eine hohe Sättigungsgrenze, sodass zukünftig womöglich z. B. jedes dritte oder gar zweite Wohngebäude einen solchen Speicher besitzen könnte.

Die erst kürzlich geänderte M-ElBauVO (zuletzt geändert 2022) erleichtert nun u. a. die Aufstellung von Batteriespeichern in Wohngebäuden. Batteriespeicher bis 20 kWh wurden explizit vom Geltungsbereich dieser Musterverordnung ausgenommen, womit für eine Aufstellung solcher Heimspeicher keine speziellen brandschutztechnischen Vorschriften gelten. Diese Änderung wird die Verbreitung von Heimspeichern beschleunigen, sofern sie entsprechend in Landesrecht umgesetzt wird. Ferner sind im Internet auch immer häufiger Laien-Selbstbauanleitungen für Heimspeicher zu finden. Weiterhin ist zu erwarten, dass eine höhere Technologiereife der LIB die Marktpreise senken wird, wodurch stationäre Energiespeicher in den kommenden Jahren kostengünstiger und somit attraktiver werden. Auch Second-Life-Anwendungen für bereits verwendete Traktionsbatterien werden eine Verbreitung sehr wahrscheinlich beschleunigen. Das Bundesland Baden-Württemberg bspw. verpflichtet inzwischen bei Neubauten und grundlegenden Dachsanierungen zur Errichtung von PV-Anlagen, was perspektivisch ebenfalls dazu führen wird, dass viele Hausbesitzer zusätzlich einen Batteriespeicher installieren werden.

Gerade weil die Zahl der Realereignisse bisher aber noch sehr gering ist und den Feuerwehren somit die Erfahrungsgrundlage fehlt, ist es umso wichtiger, diese Thematik in der Feuerwehrausbildung effizient anzugehen. Denn die potenziellen Gefahren durch LIB sind vor allem in den Dimensionen und Szenarien stationärer Anlagen nicht zu unterschätzen, wie die wenigen Realereignisse in Kapitel 3.3 bereits verdeutlichen. Ein havarierender Heimspeicher in einem Keller mit unzureichenden Ventilationsmöglichkeiten kann zur Bildung einer explosiven Atmosphäre führen.

Wie häufig Feuerwehren in Deutschland zukünftig mit derartigen Einsatzsituationen tatsächlich konfrontiert werden, bleibt abzuwarten. Bislang fehlen belastbare Statistiken hierzu. Vorfälle, wie unter Abbildung 4 beschrieben, müssen jedoch durch geeignete Ausbildungsinhalte vermieden werden, selbst wenn die Zahl momentan installierter stationärer LIB-Speicher noch verhältnismäßig gering ist und somit automatisch auch die Auftretenswahrscheinlichkeit für Schadensereignisse niedrig ausfällt.

Wie stark beispielsweise die fortschreitende Alterung der verbauten LIB das Versagensrisiko erhöht und somit die Auftretenswahrscheinlichkeit von entsprechenden Schadensereignissen ansteigt, kann zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abschließend beurteilt werden. Ein solches Verhältnis könnte jedoch dazu führen, dass die Auftretenswahrscheinlichkeit von Schadensereignissen nicht nur linear mit der Verbreitung der Speicher korreliert, sondern zukünftig durch ein höheres Durchschnittsalter aller verbauten Batteriespeicher stärker ansteigt.

Die gern angeführte Feuerwehredewendung „vor die Lage kommen“ könnte hier Verwendung finden: Stationäre LIB-Speicher sind in diesem Umfang aus Feuerwehrsicht noch neu und somit pauschal eine neue Herausforderung; wobei hier zugutekommt, dass sich die Feuerwehr bereits mit der LIB-Technologie auf Ebene der Elektromobilität beschäftigt. Die ersten Handlungsempfehlungen zum feuerwehrtechnischen Umgang mit stationären Batteriespeichern gibt es bereits (Bundesverband Energiespeicher Systeme e. V. 2021). Nun muss noch sichergestellt werden, dass ein nachhaltiger Transfer des entstandenen Wissens hin zu den Einsatzkräften stattfindet und für diese somit im Ernstfall abrufbereit ist. An dieser Stelle ergreift das IdF NRW durch die Beteiligung an dem Forschungsprojekt SEE-2L Initiative mit dem Ziel, Einsatzkräfte durch geeignete Ausbildungskonzepte zu schulen.

Rolle des Demonstrators im Schulungskonzept

Um einen nachhaltigen Transfer der Forschungserkenntnisse auf Anwenderebene sicherzustellen, wurde im SEE-2L-Projekt die Entwicklung und der Aufbau eines dezentralen Versuchsstandes als Teil eines Schulungskonzeptes vorgesehen. Hierdurch wird den zu schulenden Einsatzkräften eine „erlebte Ausbildung“ ermöglicht, was in Verbindung mit dem Schulungskonzept dazu beitragen wird, das erlernte Wissen zu festigen. Durch die mobile Gestaltung kann der Versuchsstand auch an anderen Orten aufgestellt werden.

Der mobile Demonstrator besitzt die groben Abmaße 1,5 m x 1,2 m x 1,5 m (LxBxH) und ist u. a. mit Mehrgasmesstechnik, Thermoelementen, Wärmebild sowie Kameras ausgestattet.

Als Bestandteil einer Masterthesis am IdF NRW wurde ein Konstruktionsentwurf für den Demonstrator erstellt (siehe Abbildung 8). Nach einigen Vorversuchen wurde der Demonstrator inzwischen offiziell und medienwirksam der Öffentlichkeit vorgestellt (vfdb 2023, siehe Abbildung 11) und befindet sich in der Feinabstimmung, um ihn zukünftig gewinnbringend in eine erlebte Ausbildung für Feuerwehreinsatzkräfte einzubinden. Der Versuchsstand ist nicht ausschließlich auf LIB oder eine spezifische Zellchemie bzw. Zellbauform ausgelegt, sondern könnte mitsamt der verbauten Messtechnik auch für andere Versuchsvorhaben genutzt werden. Ein Beispiel sind Feststoffbatterien, die zukünftig an Relevanz dazugewinnen könnten.

Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen beispielhafte Eindrücke, welche die Einsatzkräfte während der Demonstrationsversuche sammeln können. Bei dem Kathodenmaterial der verwendeten Pouch-Zellen handelt es sich um Nickel-Mangan-Cobalt (NMC). In Abbildung 9 ist eine Momentaufnahme einer 6000 mAh-Pouch-Zelle während des Thermal Runaways zu sehen – die Zelle reagiert hier sukzessive beginnend an den Polfahnen thermisch durch. Die Einsatzkräfte können hierdurch ein grundlegendes Verständnis für das Verhalten einzelner LIB-Zellen beim thermischen Durchgehen erlangen. Unterstützt durch mehrere verbaute Thermoelemente mit Digitalanzeigen können sich die Einsatzkräfte einerseits ein Bild von den entstehenden Temperaturen machen, andererseits kann demonstriert werden, dass sich die LIB nach Überschreiten einer kritischen Temperaturschwelle trotz abgeschalteter Heizplatte von selbst immer weiter exotherm erhitzen wird bis zum heftigen thermischen Durchgehen. Übersetzt in ein reales Einsatzszenario können Einsatzkräfte dieses Wissen u. U. dazu nutzen, den Zustand eines Batteriespeichers besser einzuordnen: Durch eine Temperaturüberwachung in festgelegten Intervallen mittels Wärmebildkamera ist eine erste Abschätzung möglich, ob sich ein Speicher von selbst erwärmt und sich deshalb in einem kritischen Zustand befindet. Zur Überwachung bietet

sich das Führen eines Temperaturprotokolls an. Für die Einsatztaktik ließe sich bspw. ableiten, den Speicher aus der Deckung heraus zu kühlen – im Rahmen des Schulungskonzeptes werden allerdings auch alternative Maßnahmen diskutiert.

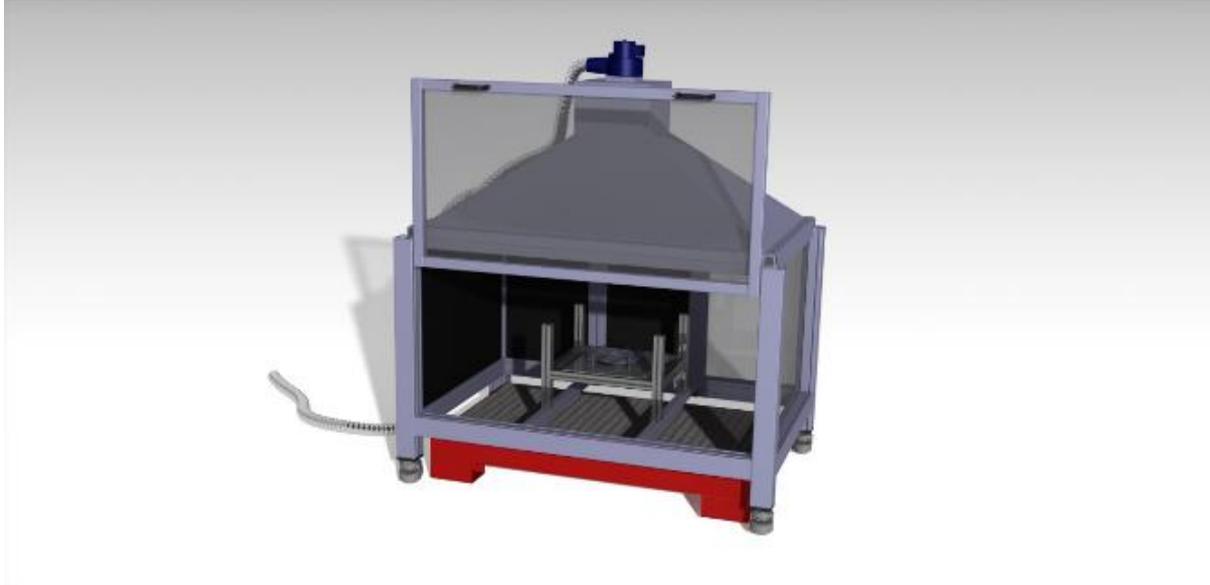


Abbildung 8: Finales CAD-Modell Demonstrator (Janßen 2022)

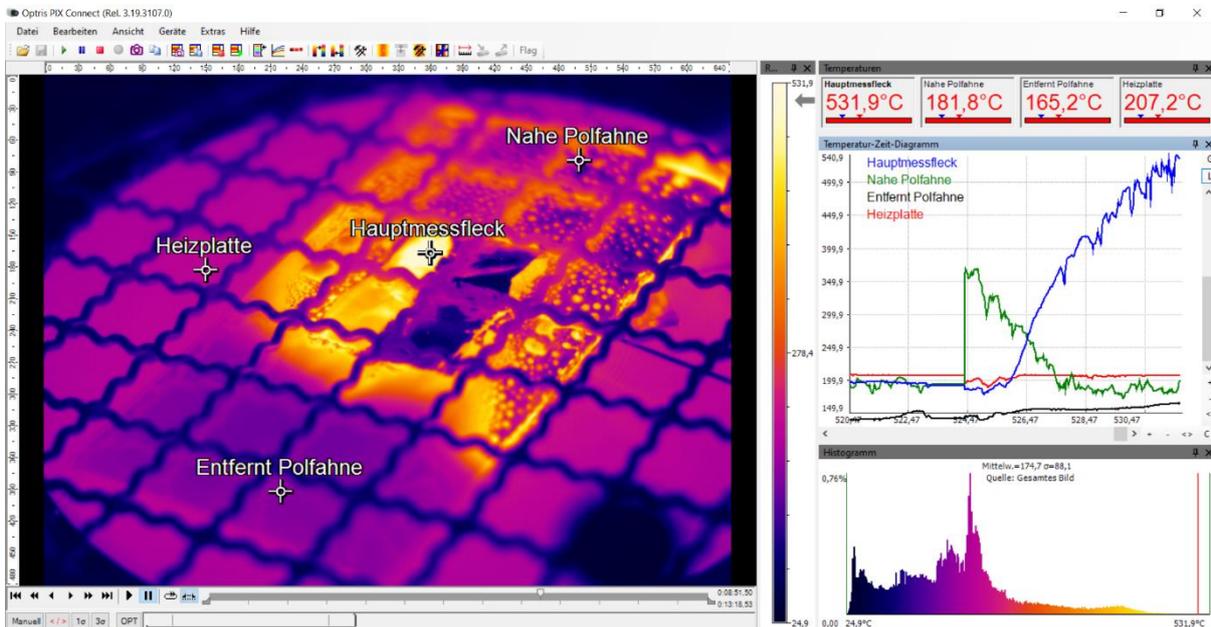


Abbildung 9: Wärmebild einer 6.000 mAh-Pouch-Zelle während des Thermal Runaways auf der Heizplatte im Demonstrator (Janßen & Saupe 2023)

In Abbildung 10 ist ein für durchgehende LIB typisches Flammenbild zu erkennen, so genannte „Jet Flames“. Beim Thermal Runaway entstehen in der Zelle Zersetzungsprodukte, wodurch der Zellinnendruck ansteigt, bis die Zelle an ihrer mechanisch schwächsten Stelle aufreißt und die Gase unter erhöhtem Druck ausstößt (engl.: „Venting“). Entzünden sich diese ausgestoßenen

brennbaren Gase, ist je nach Energiegehalt der Zelle mit Stichflammen zu rechnen, die mehrere Meter erreichen können. Die Kapazität der verwendeten 10.000 mAh-Zelle (37 Wh) entspricht in etwa dem 2,5-fachen eines Smartphoneakkus. Was bei einer solchen kleinen LIB bereits eindrucksvoll wirkt, kann nun gedanklich bspw. auf einen durchschnittlichen 10.000 Wh-Heimspeicher hochskaliert werden. Eine Explosion der entstehenden Gase kann im Demonstrator bisher nicht beeinflussbar und reproduzierbar demonstriert werden, obgleich es während einem der Vorversuche dazu kam. Hieran zeigt sich, dass das Verhalten von LIB unter realen Bedingungen nicht immer genau vorhergesagt werden kann. Der Demonstrator wurde so konzipiert, die Teilnehmenden im Falle einer Explosion zu schützen, indem er bis auf die Bodengruppe zur Druckentlastung verschlossen ist. In einem realen Einsatzszenario ist neben der Gefahr einer Gasexplosion auch mit beschleunigten Metallsplintern der Batterieeinhausung zu rechnen. Bei einem Überladungsversuch der BAM im SEE-2L-Projekt wurde ein 17 cm langes Metallteil 33,2 m weit aus dem Versuchsstand herausgeschleudert (Tschirschwitz et al. 2023).

Ferner können mithilfe der verbauten „feuerwehriblichen“ Gasmesstechnik einige der entstehenden Gase detektiert werden. Ein Mehrgasmessgerät ist hierfür mit Ex-, CO-, CO₂-, O₂- und H₂-Sensor ausgestattet. Zusätzlich wird ein Eingasmessgerät mit HF-Sensor eingesetzt. Den Einsatzkräften kann hierdurch gezeigt werden, welche Gase ggf. bereits unmittelbar vor dem Thermal Runaway als Indiz für diesen zu messen sind oder im Endeffekt zu einem explosiven Gasgemisch führen.



Abbildung 10: Jet Flame während des Thermal Runaways einer 10.000 mAh-Pouch-Zelle im Demonstrator (Janßen & Saupe 2023)



Abbildung 11: Eröffnungsveranstaltung Demonstrator (IdF NRW 2023)

Das in Zusammenarbeit mit der vfdb erstellte Schulungskonzept besteht derzeit aus acht verschiedenen Modulen, von denen der Praxisversuch am Demonstrator nur eines darstellt. Die Module reichen thematisch von den notwendigen theoretischen Grundlagen rund um das Thema LIB, wo sie zu erwarten und wie sie zu erkennen sind bis hin zu Empfehlungen und Hinweisen zum einsatztaktischen Vorgehen.

In dem Modul zum einsatztaktischen Vorgehen werden verschiedene Einsatzszenarien als theoretische Übungsfälle betrachtet, um mögliche Handlungsstrategien zu erörtern. Hier wird das in den vorigen Modulen erlangte Wissen über LIB, wo sie verbaut und wie sie zu erkennen sind, deren Gefahrenpotenzial etc. von den Einsatzkräften angewendet. In einem dieser Übungsfälle wird

bspw. das Szenario aufgespannt, dass „es zu einer unklaren Rauchentwicklung in dem Kellergeschoss eines Einfamilienhauses kam. Durch Erkundung wird eine Photovoltaikanlage auf dem Dach des Gebäudes und relativ dichter, jedoch heller Rauch in den Kellerfenstern erkannt, weitere Informationen liegen nicht vor.“ Während des Demonstrationsversuches konnten die Einsatzkräfte bereits mit ihren eigenen Sinnen das Verhalten einer LIB im Versagensfall erleben und wissen u. a., wie Ventinggase aussehen und ggf. gemessen werden können. Durch das Gesamtschulungskonzept werden die Einsatzkräfte dafür sensibilisiert, dass sie in einem solchen Einsatzszenario mit einem Heimspeicher konfrontiert sein könnten und ihre Einsatztaktik entsprechend des erkannten Gefahrenpotenzials, z. B. hinsichtlich der Explosionsgefahr, anpassen sollten.

Diskussion

Der mobile Demonstrator sowie die Lehrmaterialien vermitteln Einsatzkräften potenzielle Gefahren durch LIB in entsprechenden Einsatzszenarien über eine „erlebte“ Ausbildung. Das Schulungskonzept zum Umgang mit LIB-Technologie in Kombination mit dem Demonstrator bereiten die Einsatzkräfte auf zukünftige Einsätze vor.

Einsätze der Feuerwehr an stationären LIB-Speichern werden durch die steigende Zahl installierter Speicher und ggf. auch deren fortschreitende Alterung steigen. Gleichzeitig ist aber auch davon auszugehen, dass sich die Sicherheit der errichteten Speicher erhöhen wird und somit die Versagenswahrscheinlichkeit für den einzelnen Batteriespeicher sinken wird. Allerdings könnte dieser Umstand die Feuerwehr auch vor neue Herausforderungen stellen: Wenn die Propagation auf Zell- oder Modulebene bspw. für Heimspeicher effektiv bis zum Eintreffen der Einsatzkräfte unterbunden werden kann, bleibt es im ersten Moment beim Versagen einer einzelnen/weniger Zelle/n. Allerdings muss in diesem Fall davon ausgegangen werden, dass beim thermischen Durchgehen einer Zelle die Nachbarzellen dadurch trotzdem kritisch beaufschlagt wurden und diese ihren ausgelegten Betriebsbereich (Betriebstemperatur, Betriebsdruck etc.) zumindest kurzzeitig verlassen haben. Der gesamte Speicher befindet sich somit in einem undefinierten Zustand und muss als kritisch defekt betrachtet werden. Es kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden, dass sich die restliche im Speicher noch befindliche Energie nicht schlagartig durch einen Thermal Runaway freisetzt. Die Gefahr ist somit noch nicht vollständig abgewehrt. Um die Einsatzstelle wieder sicher freigeben zu können, müsste der Speicher demontiert und aus dem Gebäude entfernt werden. Das ist bisher allerdings nur schwer möglich durch eine aufwendige Demontage sowie die notwendige Trennung von übrigen elektrischen Anlagenanteilen, was nur durch entsprechend qualifiziertes Fachpersonal durchgeführt werden darf. Während derartiger Arbeiten stellt der kritische Zustand eines Speichers ein hohes Sicherheitsrisiko für die Einsatzkräfte/das Fachpersonal dar.

Wesentlich ist es, die Feuerwehr als Anwender in Forschungsvorhaben direkt zu Beginn stärker einzubeziehen, um die Bedarfe der Feuerwehr zu erkennen und zu berücksichtigen. Herausforderungen wie die oben genannten könnten somit frühzeitig erkannt und Lösungen formuliert werden.

Literatur

- AGBF – Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren Bund & DFV – Deutscher Feuerwehrverband e. V. (2021): Brandbekämpfung von Kraftfahrzeugen mit elektrischen Antrieben, <https://www.agbf.de/downloads-fachausschuss-vorbeugender-brand-und-gefahrenschutz/category/28-fa-vbg-oeffentlich-empfehlungen?download=356:2021-01-fachempfehlung-elektrofahrzeuge> [23.05.2024].
- Balsamini, Dean (2023): E-Bike Battery Fires This Year Have Killed More in NYC Than in 2022: FDNY, in: *New York Post*, <https://nypost.com/2023/06/03/e-bike-battery-fires-this-year-have-killed-more-in-nyc-than-in-2022-fdny/> [23.05.2024].
- Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (2023): #2ndlife Energiespeicher, <https://www.youtube.com/@bamresearch/videos> [07.02.2024].
- Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (2021): SEE-2L – Stationäre elektrische Energiespeicher – Second Life Anwendungen, <https://www.bam.de/Content/DE/Projekte/SEE-2L/see-2l.html> [07.02.2024].
- Sturm, Peter, Patrik Fößleitner, Daniel Fruhwirt, Simon Heindl, Bernhard Kohl, Oliver Heger, Robert Galler, Robert Wenighofer, Stefan Krausbar (2021): BRAFA. Brandauswirkungen von Fahrzeugen mit alternativen Antriebssystemen, https://www.itna.tugraz.at/assets/files/areas/vuu/BRAFA_Ergebnisbericht_v1.0.pdf
- Bundesverband Energiespeicher Systeme e. V. (2021): Vorbeugender und abwehrender Brandschutz bei Lithium-Ionen Großspeichersystemen, <https://www.agbf.de/downloads-fachausschuss-vorbeugender-brand-und-gefahrenschutz/category/28-fa-vbg-oeffentlich-empfehlungen?download=358:2021-02-brandschutz-bei-li-ionen-grossspeichersystemen-anhang-01-bves> [23.05.2024].
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2021): Bestand und Bauabgang von Wohnungen und Wohngebäuden, https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/Publikationen/Downloads-Wohnen/fortschreibung-wohnungsbestand-pdf-5312301.pdf?__blob=publicationFile [07.02.2024].
- DGUV – Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (2023): Hinweise für die Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Batterien bei Fahrzeugbränden, <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3907> [23.05.2024].
- Electric Vehicle Database (o.J.): Nutzbare Batteriekapazität von Elektroautos, <https://ev-database.org/de/cheatsheet/useable-battery-capacity-electric-car> [07.02.2024].
- Figgenger, Jan, Christopher Hecht, Jakob Bors, Kai Gerd Spreuer, Kai-Philipp Kairies, Peter Stenzen & Dirk Uwe Sauer (2023): The Development of Battery Storage Systems in Germany: A Market Review (Status 2023), in: *De.arXiv.org* (2023-03-23), <https://arxiv.org/pdf/2203.06762> [23.05.2024].
- Freiwillige Feuerwehr Bodnegg (2022): Explosion in Mehrfamilienhaus, <http://www.feuerwehr.de/einsatz/berichte/einsatz.php?n=63124> [07.02.2024].
- Institut der Feuerwehr Nordrhein-Westfalen (2023): Eröffnung des Demonstrators (interne Dokumentation). Münster.
- Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung (2023): Die häufigsten Brandursachen, <https://www.ifs-ev.org/die-haeufigsten-brandursachen/m> [07.02.2024].

- Institut für Sicherheitstechnik/Schiffssicherheit e.V. (2021): Forschungsprojekt ALBERO: Transport alternativ betriebener Fahrzeuge auf RoRo-Fährschiffen. Rostock-Warnemünde.
- Janßen, Marvin (2022): Entwicklung eines Konzeptes für einen mobilen Demonstrator zur Durchführung von Brand- und Löschversuchen an elektrochemischen Speichern in Second-Life-Anwendungen (Masterthesis). Wilhelmshaven.
- Janßen, Marvin & Saupe, Alexander (2023): Vorversuchsreihe am Demonstrator (interne Dokumentation). Münster.
- Korthauer, Reiner (Hrsg.) (2013): *Handbuch Lithium-Ionen-Batterien*, Berlin: Springer Vieweg.
- Kreisfeuerwehrverband Märkisch-Oderland e.V. (2021): Brand in einer Batteriespeicheranlage in Neuhausen, <https://kfv-mol.de/Wordpress/Artikel/brand-einer-batteriespeicheranlage-in-neuhausen/> [07.02.2024].
- McKinnon, Mark, Sean DeCrane & Steve Kerber (2020): Four Firefighters Injured in Lithium-Ion Battery Energy Storage System Explosion – Arizona, Columbia: UL Firefighter Safety Research Institute, <https://dx.doi.org/10.54206/102376/TEHS4612> [23.05.2024].
- Rappsilber, Tim, Nawar Yusfi, Simone Krüger, Sarah-Katharina Hahn, Tim-Patrick Fellingner, Jonas Krug von Nidda & Rico Tschirschwitz (2023): Meta-Analysis of Heat Release and Smoke Gas Emission During Thermal Runaway of Lithium-Ion Batteries , in: *Journal of Energy Storage* 60, 1-15, <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.106579> [23.05.2024].
- Tschirschwitz, Rico, Christopher Bernardy, Patrick Wagner, Tim Rappsilber, Christian Liebner, Sarah-Katharina Hahn & Ulrich Krause (2023): Harmful Effects of Lithium-Ion Battery Thermal Runaway: Scale-up Tests From Cell to Second-Life Modules , in: *Royal Society of Chemistry* 13, 20761-20779, [10.1039/d3ra02881j](https://doi.org/10.1039/d3ra02881j) [23.05.2024].
- U.S. Environmental Protection Agency (2018): Compiled AEGL Values, https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-08/documents/compiled_aegls_update_27jul2018.pdf [07.02.2024].
- Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (vfdb) (2023): Pressemeldungen zum Projekt SEE-2L, <https://www.vfdb.de/forschung/laufende-projekte/see-2l/pressemeldungen> [07.02.2024].
- vfdb – Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (2017): Unfallhilfe und Bergen bei Fahrzeugen mit Hochvolt-Systemen, Merkblatt 06/04, https://www.vfdb.de/media/doc/merkblaetter/MB_06_04_2017.pdf [23.05.2024].
- Vogelsberger Zeitung (2023): Explosion in Wohnhaus – Einsturzgefahr, <https://www.vogelsberger-zeitung.de/2023/10/06/explosion-in-wohnhaus-einsturzgefahr/> [07.02.2024].

Link zum Vortrag

<https://thga.sciebo.de/s/lfoZqWUU2B8X2qV>

Integrierte Gefahrenabwehrplanung - Bevölkerung im Fokus

Noah Herschbach

antwortING Beratende Ingenieure PartGmbH

Abstract

Die Auswertungen und Lehren aus den großen Krisen der letzten drei Jahre haben gezeigt, dass neben Anpassungen im Krisenmanagement und in der operativen Gefahrenabwehr auch die Einbindung, Sensibilisierung und Selbsthilfefähigkeit der Bevölkerung im Vordergrund stehen muss. Im Rahmen einer integrierten Gefahrenabwehrplanung auf kommunaler Ebene kann ein Beteiligungsverfahren ein geeignetes Mittel sein, die Bevölkerung in die Planung einzubeziehen. In diesem Beitrag wird dargestellt, wie ein solcher Prozess methodisch aufgebaut werden kann und wie die verschiedenen Akteursgruppen eingebunden werden können. Dazu wurden die Erfahrungen und Erkenntnisse aus Workshops genutzt, die nach dem Hochwasser 2021 in nordrhein-westfälischen Städten durchgeführt wurden. Ziel war es, die Erfahrungen der Bevölkerung aufzuarbeiten, Herausforderungen und positive Aspekte zu sammeln und die Übertragbarkeit auf andere Szenarien zu prüfen. Die Auswertung verdeutlicht die Bedeutung der Einbindung der Bevölkerung in die kommunale Gefahrenabwehrplanung. Die aktive Beteiligung der Bevölkerung führt zu einem erhöhten Risikobewusstsein und stärkt damit die Resilienz der jeweiligen Kommune. Darüber hinaus kann die Stärkung lokaler Netzwerke und die Verbesserung der Kommunikation zu einem effektiveren Verhalten in Krisensituationen führen. Maßnahmen wie die Einrichtung von Katastrophenschutz-Leuchttürmen oder Konzepte zur Risikokommunikation werden als geeignete Maßnahmen vorgestellt, um den identifizierten Herausforderungen zu begegnen.

Ausgangslage und Relevanz

Angesichts der Krisenereignisse der letzten Jahre muss die bisherige Dynamik zwischen Bevölkerung und staatlichen Institutionen in Krisenlagen neu betrachtet werden. Die Auswertungen und Lehren aus den großen Krisen der letzten drei Jahre haben gezeigt, dass neben den Anpassungen im Krisenmanagement und der operativen Gefahrenabwehr die Einbindung, Sensibilisierung und Selbsthilfefähigkeit der Bevölkerung in den Mittelpunkt gerückt werden muss (BBK, 2022a). Die Bevölkerung nicht als reinen Empfänger von Leistungen der Gefahrenabwehr begreifen, sondern vielmehr als aktiven Teil der Gefahrenabwehr verstehen ist ein Ansatz, welcher sich auch in den zentralen Rahmenwerken zum Umgang mit Krisenereignissen ableiten lässt. Beispielsweise sehen das Sendai Rahmenwerk und dessen deutsche Umsetzungsstrategie die Bevölkerung als zentrale Säule der Katastrophenvorsorge und Resilienz (BMI, 2022; UNISDR, 2015).

Ebenfalls wird in der erst im Juni 2023 veröffentlichten Nationalen Sicherheitsstrategie der deutschen Bundesregierung die Gesellschaft als aktiver Teil im Zusammenspiel mit staatlichen

Akteuren definiert (vgl. Auswärtiges Amt, 2023). Die Bevölkerung spielt bei der Bewältigung von Krisen eine entscheidende Rolle (vgl. Schopp et al., 2023; Bălăceanu und Costache, 2009). Ob bei der Einhaltung von Hygienemaßnahmen, dem Engagement für Energiesparmaßnahmen oder der aktiven Nachbarschaftshilfe im Hochwasserfall. Die Eigenverantwortung und die individuelle Notfallvorsorge der Bevölkerung sind große, wenn auch bisher nur am Rande betrachtete Kapazitäten der Krisenbewältigung.

Der Blick auf drei große Krisenergebnisse der letzten Jahre macht deutlich, dass in der Phase der Krisenbewältigung der Erfolg von Maßnahmen maßgeblich vom Verhalten der Bevölkerung abhängt und beeinflusst werden kann (vgl. Schopp et al., 2023).

Corona-Pandemie und Hygienemaßnahmen Die Bekämpfung der Corona-Pandemie unterstreicht die zentrale Rolle der Bevölkerung im Krisenmanagement. Hygienemaßnahmen wie das Tragen von Mund-Nasen-Schutz, Händedesinfektion und Abstandhalten zählten zu den zentralen Maßnahmen. Die Umsetzung dieser Maßnahmen erforderte jedoch ein hohes Maß an Eigenverantwortung und Disziplin, was die Bedeutung von Selbsthilfefähigkeit und Krisenkommunikation unterstreicht.

Energieknappheit und Energiesparmaßnahmen Auch die Energiekrise machte und macht deutlich, dass die Bevölkerung einen wesentlichen Einfluss auf die Bewältigung der Krise ausüben kann. Durch einen bewussten Umgang mit Energie und das Engagement für Energiesparmaßnahmen kann die Bevölkerung einen Beitrag leisten.

Hochwasser und Nachbarschaftshilfe Hochwasserereignisse machen deutlich, wie wichtig Solidarität und gegenseitige Hilfe innerhalb der Bevölkerung in Krisenzeiten sind. Hier zeigt sich, dass die individuelle Notfallvorsorge nicht nur auf individueller, sondern auch auf kollektiver Ebene von Bedeutung ist. Die aktive Beteiligung der Bevölkerung bei Evakuierungen, Objektschutz oder Aufräumarbeiten kann wesentlich dazu beitragen, die Auswirkungen von Wasserextremereignissen zu minimieren und schneller zur Normalität zurückzukehren.

In diesem Kontext ist es wichtig, zu verdeutlichen, dass es sich bei dem Sammelbegriff Bevölkerung nicht um eine homogene Gruppe handelt, sondern unterschiedlichste Individuen mit verschiedenen Interessen, Fähigkeiten und Bedürfnissen Teil der Bevölkerung sind (vgl. Schopp et al., 2023). Diese Darstellung zeigt, dass es sinnvoll ist, die Bevölkerung auch in die Planung und Vorbereitung auf Krisenereignisse einzubeziehen und entsprechend der Kapazitäten zur Stärkung von Resilienz dafür Sorge zu tragen, dass Planungen diese unterstützen (vgl. DKKV, 2023; Gerhold und Schuchardt, 2021). Die Erkenntnis, dass es notwendig ist, die Bevölkerung stärker in alle Phasen des Risiko- und Krisenmanagements einzubeziehen führt zu der Frage, wie kann Planung auf kommunaler Ebene die Bevölkerung einbeziehen. Hierbei soll der Fokus auf Ansätzen liegen, wie Kommunen die Potenziale der Bevölkerungsbeteiligung in der Gefahrenabwehrplanung heben können und Schlüsse sowie Maßnahmen aus vergangenen Lagen ziehen können. Dieser Beitrag diskutiert anhand eines Umsetzungsbeispiels die Frage, wie die Bevölkerung in die kommunale Gefahrenabwehrplanung einbezogen werden kann und welche Lösungsansätze sich aus den Ergebnissen ableiten lassen. Vor allem im Hinblick darauf, wie eine Kommune die Selbsthilfe der Bevölkerung unterstützen kann.

Integrierte Gefahrenabwehrplanung

Die Gefahrenabwehrplanung auf kommunaler Ebene ist ein Prozess, der neben der Bedarfsplanung im Bereich Feuerwehr und Rettungsdienst auch die Verwaltung und die Bevölkerung einbeziehen kann. Die Zuständigkeiten innerhalb der Verwaltung liegen in der Krisenstabsarbeit, der Schaffung entsprechender Rahmenbedingungen und der Informationsaufbereitung. Dabei kann die Bevölkerung als Teil der Gefahrenabwehrplanung in allen Phasen des kommunalen Risiko- und Krisenmanagements - von der Vorsorge über die Vorbereitung und Bewältigung bis zur Nachbereitung – einbezogen werden. Trotz der etablierten Bedarfsplanung im Bereich der operativen Gefahrenabwehr auf kommunaler Ebene, die sicherstellt, dass eine den örtlichen Gegebenheiten entsprechende Gefahrenabwehrstruktur vorgehalten wird, mangelt es an Konzepten zur Einbindung der Bevölkerung in das kommunale Risiko- und Krisenmanagement. Fragen nach notwendigen Schnittstellen, Vorbereitungen und Beteiligungsmöglichkeiten bleiben häufig offen. Besonders in nicht alltäglichen und lang andauernden Lagen kommt der Bevölkerung eine zentrale Rolle bei der Bewältigung von Krisen zu. Dies hat die Hochwasserkatastrophe 2021 eindrucksvoll gezeigt, als viele Betroffene gezwungen waren, sich selbst oder anderen durch Nachbarschaftshilfe zu helfen.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie die Bevölkerung effektiv in das kommunale Risiko- und Krisenmanagement eingebunden werden kann und welche Maßnahmen im Rahmen der Entwicklung eines holistischen Resilienzkonzeptes ergriffen werden müssen. Unter Berücksichtigung des Potenziales, welches in der gezielten Bevölkerungsbeteiligung liegt. Mit Blick auf die Kommunen als staatliche Struktur und zentrale Zuständigkeit für die Gefahrenabwehr auf lokaler Ebene sowie als direkte Anlaufstelle für die Bevölkerung im Krisenfall kann, die Planungen auf kommunaler Ebene vorgenommen werden. Dabei wird im System Kommune die regelmäßige Bedarfsplanung mit Feuerwehr, Rettungsdienst und Katastrophenschutz auf der operativen Seite ebenso betrachtet wie die Kommunalverwaltung als zuständige Stelle für das kommunale Risiko- und Krisenmanagement. Der Bereich der aktiven Beteiligung der Bevölkerung ist häufig ein blinder Fleck in der kommunalen Gefahrenabwehrplanung (Murphy, 2007). Integrierte Planung beinhaltet vor allem die Schnittstellen zwischen den Planungsbereichen und die Betrachtung der kommunalen Gefahrenabwehr aus den unterschiedlichen Perspektiven. Hierbei kann unter integrierter Planung auf systemischer Ebene auch die "planerische Einbeziehung" von verschiedenen Perspektiven verstanden werden (vgl. Müller, 2022). Die Beteiligung der Bevölkerung kann ein Weg sein, sie in die Gefahrenabwehrplanung einzubeziehen (vgl. Bălăteanu und Costache, 2009).

Methodischer Ansatz

Die Datengrundlage für die im Folgenden dargestellten Ergebnisse bilden Workshops, die im Rahmen der Aufarbeitung der Flut 2021 in kreisangehörigen Städten in Nordrhein-Westfalen durchgeführt wurden. Ziel des Prozesses war es, die Erfahrungen aus der Flut 2021 aufzugreifen und zu prüfen, wie und ob diese auf andere Szenarien übertragbar sind bzw. welche Maßnahmen ergriffen werden können, um aus den Erfahrungen für zukünftige Situationen zulernen und damit die Resilienz des Gesamtsystems Kommune gegenüber Krisen zu stärken.

Der Ansatz beinhaltet das Verständnis, dass die Bestandteile der kommunalen Gefahrenabwehr miteinander verzahnt werden müssen und Handlungsoptionen aus den unterschiedlichen Perspektiven bearbeitet und betrachtet werden müssen. Mit diesem Fokus wurde ein

Beteiligungsprozess konzipiert, welcher sowohl die Bevölkerung einbezieht, als auch Vertreter*innen der operativen Gefahrenabwehr, der Verwaltung und Betreiber Kritischer Infrastruktur einbezieht. In Abbildung 1 ist der Prozess, welcher in vier Phasen beschrieben werden kann, exemplarisch dargestellt.

Bevölkerung einbeziehen

Ziel des ersten Prozessschrittes ist es, im Rahmen eines Workshop-Formates unter Beteiligung von Bürger*innen die Aufarbeitung der kollektiven Erfahrungen in den Mittelpunkt der Diskussion zu stellen. Ein zentrales Element dieses ersten Prozessschrittes ist die Sammlung von Herausforderungen, die während der Hochwasserkatastrophe aufgetreten sind, sowie von positiven Aspekten und Erfahrungen, die trotz der schwierigen Umstände bei der Bewältigung gemacht wurden. Diese Ansätze sollen dazu beitragen, Lücken in der Vorbereitung zu identifizieren und Aspekte zu sammeln, die die Selbsthilfe unterstützt haben. Darüber hinaus wurde die Übertragbarkeit der gesammelten Erfahrungen auf andere Szenarien diskutiert. Ziel ist es, in Zukunft besser auf ähnliche Ereignisse vorbereitet zu sein und gegebenenfalls proaktive Maßnahmen ergreifen zu können.



Abbildung 1: Eigene Darstellung: Prozessschritte des Beteiligungsverfahrens

Fachakteure beteiligen

Mit Blick auf die Schnittstellen zwischen operativer Gefahrenabwehr, Verwaltung und KRITIS-Betreibern hin zur Bevölkerung werden Vertreter*innen dieser Organisationen in den Prozess einbezogen, um Optimierungspotential in der Schnittstellenarbeit mit der Bevölkerung zu identifizieren und für die Weiterentwicklung Unterstützungsmöglichkeiten der Selbsthilfe herauszuarbeiten. Dieser Schritt ist wesentlich für die Integration der verschiedenen Akteure in das System der kommunalen Gefahrenabwehr.

Ergebnissynthese

Die Ergebnissynthese ist als Zwischenschritt zu verstehen, in dem die Erkenntnisse aus dem Beteiligungsprozess der Bevölkerung mit den Perspektiven der Fachakteure zusammengeführt werden. Neben dem Abgleich mit den Anforderungen, die sich aus dem Prozess ergeben, erfolgt ein Abgleich mit Best-Practice-Beispielen und Lessons Learned aus der wissenschaftlichen Aufarbeitung des Hochwassers 2021 sowie aus Forschungsprojekten der letzten Jahre, die sich mit

der Stärkung der Selbsthilfefähigkeit der Bevölkerung beschäftigt haben. Aus den erarbeiteten Lösungsvorschlägen werden im Zusammenspiel mit den Erkenntnissen aus den relevanten Aufarbeitungen Maßnahmen abgeleitet, die in der konkreten lokalen Situation zur Unterstützung der Selbsthilfe beitragen können.

Rückkopplung

Um den Beteiligungsprozess der Bevölkerung fortzuführen und über eine reine Information hinaus zu gehen, erfolgt in der letzten Prozessphase eine Rückkopplung aller bisher am Prozess Beteiligten. In diesem Schritt werden die erarbeiteten Herausforderungen und positiven Aspekte mit konkreten Lösungsvorschlägen und Maßnahmen verknüpft. Verbunden ist dieser Schritt mit der Möglichkeit, weitere Ergänzungen vorzunehmen und eine Priorisierung der Umsetzung einzubeziehen.

Diese Vorgehensweise nimmt in der Definition der Prozessschritte Bezug auf die Ebenen des Modells der Partizipationspyramide nach (vgl. Straßburger und Rieger, 2019). Hierbei werden verschiedene Ebenen der Partizipation genutzt. Dabei wurde im Rahmendes Prozessschrittes Bevölkerung einbeziehen die Workshopmethode World-Café genutzt, um anhand von Leitfragen zu dokumentieren, welche Aspekte aus Perspektive der Teilnehmenden in der Lage besondere Herausforderungen waren und welche Abläufe den Umständen entsprechend gut funktioniert haben. Dieser methodische Teil wurde durch eine Anlehnung an das PAAG-Verfahren aus der Sicherheitstechnik unterstützt.

Hierbei wurden Schlüsselwörter definiert, die vor dem Hintergrund der gemachten Erfahrungen eine qualitative Einordnung des Funktionierens bestimmter Prozesse ermöglichen. Beispielsweise konnte in Bezug auf die Informationsbereitstellung durch die jeweiligen Kommunen klassifiziert werden, ob die typische Erwartung nicht erfüllt bzw. das gewünschte Verhalten nicht erreicht wurde oder Elemente des gewünschten Verhaltens durch etwas anderes ersetzt wurden. Beteiligt wurden in diesem Rahmen Bevölkerungsgruppen, die während Hochwassers entweder selbst betroffen oder aber im Rahmen von organisierten Strukturen (informell und formell) an der Nachbarschaftshilfe aktiv beteiligt waren. Die Rekrutierung der Beteiligten erfolgte im Wesentlichen über die kommunale Verwaltung sowie unter Ansprache der organisierten Strukturen. Dieser methodische Schritt orientierte sich an der ersten Stufe der Partizipationspyramide und entspricht den Vorstufen Meinung einholen und Lebensweltexpertise einholen (vgl. Abbildung 2). Dieses Vorgehen konnte jeweils in einem zweiten Workshop mit Fachakteuren wiederholt werden. Hierbei wurden Vertreter der BOS, der Verwaltungen und der Infrastrukturbetreiber eingebunden. In diesem Schritt lag ein zusätzlicher Fokus auf der Betrachtung der Schnittstelle zur Bevölkerung und der Analyse von eigenen Leistungsgrenzen. In beiden Workshopformaten, wurde in einem finalen Schritt diskutiert, welche Erkenntnisse sich auf andere Szenarien übertragen lassen. Im Rahmen der qualitativen Datenauswertung konnten Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Ergebnissen identifiziert werden. Darauf aufbauend wurden die Ergebnisse unter Nutzung bereits etablierter Konzepte sowie im Rahmen der Workshops entwickelter Verbesserungsideen in konkrete Umsetzungsansätze überführt (siehe Ergebnissynthese). Durch einen weiteren Workshop, an dem die Teilnehmendender vorangegangenen Workshops beteiligt wurden, konnte die Partizipationsstufen vier (Mitbestimmung zulassen/An Entscheidungen mitwirken) und fünf (Entscheidungskompetenz teilweise abgeben/Freiräume der Selbstverantwortung nutzen) gemäß des Partizipationskonzeptes nach Straßburger/Rieger abgebildet werden. Im Rahmen des Prozessschritts Rückkopplung erfolgte eine Diskussion der

Ergebnissynthese sowie die Erarbeitung und Abstimmung der Umsetzung konkreter Maßnahmen zur Resilienzstärkung und des Leitmotivs „built back better“.

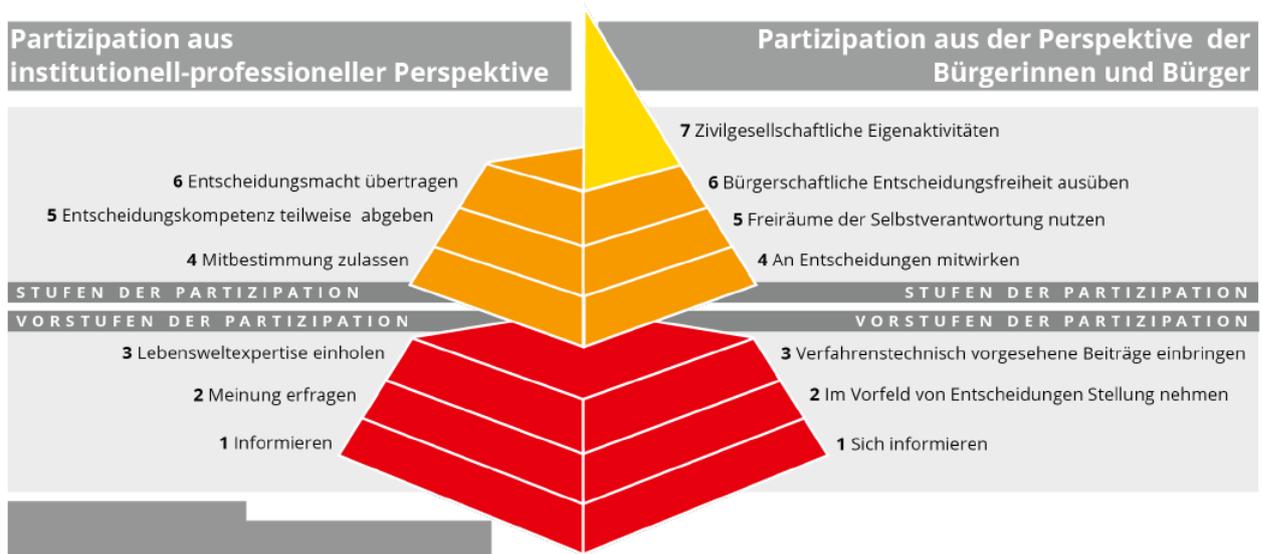


Abbildung 2: Partizipationspyramide nach Strassburger und Rieger Quelle: Straßburger/ Rieger (Hg.) Partizipation kompakt, 2014, S. 232

Neben der Aufarbeitung von Erfahrungen soll der skizzierte Beteiligungsprozess die Akzeptanz, das Verständnis und die Mitwirkung an den erarbeiteten Maßnahmen stärken (vgl. Enke und Reinhardt, 2015; Stegert und Klagge, 2015)

Ergebnisse

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse sollen einen Einblick in das gesammelte Spektrum geben und den Prozess der Ableitung von Maßnahmen auch anhand von identifizierten Best-Practice-Beispielen und Erkenntnissen aus dem Hochwasser 2021 darstellen. Die Ergebnisse stellen eine Synthese aus Erkenntnissen von verschiedenen Veranstaltungen im Rahmen von kommunalen Projekten dar, die im Rahmen von Beratungsprojekten durchgeführt wurden. Die hier dargestellten Ergebnisse sind eine kategorisierte Zusammenfassung der Erkenntnisse des Prozesses. Sie dienen primär der Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen den Resultaten der ersten Partizipationsstufen und der Operationalisierung, d. h. der Überführung der Ergebnisse in konkrete Maßnahmen, die teilweise auch auf bereits etablierten Konzepten basieren. Die Ergebnisse basieren auf den Prozessschritten „Bevölkerung einbeziehen“ und „Fachakteure beteiligen“. Entsprechend der Workshopmethodik sind die Ergebnisse in die Kategorien „Positives“ und „Herausforderungen“ unterteilt.

Positives

Gegenseitige Unterstützung/Nachbarschaftshilfe

Die Auswertung der Prozessschritte hat deutlich gemacht, dass die Unterstützung in den Gemeinden und sozialen Netzwerken die zentrale Stärke bei der Bewältigung der Situation war. Dieser Aspekt spielte sowohl aus Sicht der betroffenen Bevölkerung als auch in der Zusammenarbeit mit den BOS eine Rolle.

Bereitstellung von Geräten und Material durch Dritte

Die Möglichkeit, auf Geräte, Material und Fachwissen von Unternehmen und Privatpersonen zurückgreifen zu können, unterstützte insbesondere dort, wo die operative Gefahrenabwehr aufgrund der Priorisierung der Einsatzstellen in der ersten Phase nicht unterstützen konnte.

Hilfsbereitschaft von Externen

Da die Hilfsbereitschaft von Externen sehr groß war, konnte viel Unterstützung durch spontan entstandene Initiativen geleistet werden. Sowohl in der ersten Phase als auch in den Tagen danach konnte durch die große Zahl der Helfer*innen vieles aufgefangen werden.

Herausforderungen

Kommunikation und Informationen war nicht ausreichend

Ein Großteil der beteiligten Akteure gab an, dass in der akuten Situation das Fehlen aktueller Lageinformationen und Kommunikation seitens der Behörden zu Unklarheit und Unsicherheit über die weitere Entwicklung geführt hat.

Unterbrochene Energieversorgung und Kommunikationskanäle

Die unterbrochene Energieversorgung in Kombination mit dem Ausfall des Mobilfunks, bzw. der Kommunikationsstruktur war verstärkender Faktor dafür, dass fehlende Informationen zu Verunsicherung geführt haben. Darüber hinaus war es über einen Zeitraum nicht möglich Lagemeldungen abzugeben sowie Unterstützungsanforderungen zu übermitteln. Dieser Aspekt ist sowohl aus Perspektive der Bevölkerung, als auch durch Vertreter*innen von Einsatzorganisationen identifiziert worden.

Fehlende zentrale Versammlungsstätten und Anlaufstellen

Insbesondere nach der Chaosphase war es eine Herausforderung, dass es keine festen Anlaufstellen und definierte Treffpunkte für die Vernetzung und Koordination der Aufräumarbeiten und Hilfsangebote gab, so dass das Potenzial nicht voll ausgeschöpft werden konnte und der Austausch nicht zentral geregelt war.

Koordination und Steuerung der Versorgung und der Hilfe

Bemängelt wurde, dass keine Strukturen zur Steuerung und Koordination der angebotenen Unterstützung vorhanden waren, sowie keine sinnvolle Priorisierung der Einsatzstellen für Helfer*innen stattfinden konnte.

Fehlende Klarheit über Zuständigkeiten und Ansprechpersonen

Sowohl im Rahmen der behördlichen Zuständigkeiten als auch bei der Koordination vor Ort fehlten definierte Ansprechpartner, die Informationen zur Verfügung stellen bzw. einen Überblick über die lokale Gesamtsituation haben. Zudem waren die Meldewege, Zuständigkeiten und Ansprechpersonen innerhalb der Verwaltungen nicht vollständig definiert und geklärt.

Fehlendes Wissen über Vorbereitung und Verhalten im Notfall

Mangelndes Wissen in der Bevölkerung über die Interpretation von Warnungen und das richtige Verhalten sowie die persönliche Notfallvorsorge führten zu einer vermeidbaren Anzahl von Hilfsbedürftigen, dadurch eine höhere Belastung für Einsatzkräfte und das Bewältigungssystem.

Diskussion und Operationalisierung

Aus den Ergebnissen des Beteiligungsprozesses ergibt sich die Notwendigkeit, Maßnahmen abzuleiten, die den identifizierten Herausforderungen adäquat begegnen und die als unterstützend identifizierten Aspekte aufgreifen und verstärken. Ziel ist es, durch nachvollziehbare und ineinander greifende Maßnahmenvorschläge sicherzustellen, dass die erarbeiteten Anpassungen des kommunalen Gefahrenabwehrsystems auf Akzeptanz stoßen und eine realistische Umsetzbarkeit gegeben ist. Ziel der Operationalisierung ist es, die identifizierten Aspekte so zusammenzuführen, dass zentrale Maßnahmen mehrere Aspekte adressieren oder zur Stärkung einzelner Mechanismen beitragen können.

Im betrachteten Beispiel sind folgende Maßnahmen geeignet, um mit den erarbeiteten Herausforderungen in Zukunft gezielter umgehen zu können:

Einrichtung von Katastrophenschutz-Leuchttürmen

Im Rahmen des Forschungsprogramms Forschung für die zivile Sicherheit wurde im Forschungsprojekt "Katastrophenschutz-Leuchttürme als Anlaufstellen für die Bevölkerung in Krisensituationen" ein Konzept entwickelt und erprobt, das Anlaufstellen für die Bevölkerung in Krisensituationen definiert. Bei den im Rahmen des Projektes konzipierten Katastrophenschutz-Leuchttürmen handelt es sich um Einrichtungen (stationär oder mobil), die insbesondere bei länger andauerndem Stromausfall die Kommunikations- und Informationsmöglichkeiten für die Bevölkerung und die operative Gefahrenabwehr sicherstellen. Dazu gehört die Möglichkeit, Notrufe abzusetzen und Informationen des Stabes zu empfangen sowie Informationen einzugeben (vgl. Bohne et al., 2015). Ausgehend von den Ergebnissen der Workshops kann die Einrichtung von Katastrophenschutz-Leuchttürmen mehreren Herausforderungen begegnen. In erster Linie kann durch ihre Einrichtung sichergestellt werden, dass die Kommunikation gewährleistet ist und Informationen in verschiedene Richtungen fließen können.

Die Bereitstellung von Informationen im Krisenfall kann wesentlich dazu beitragen, Verhalten zu steuern, weitere Schäden zu vermeiden und im Sinne einer guten Krisenkommunikation klare Informationen und Handlungsempfehlungen zu geben (vgl. BMI, 2014; Pölzl-Viol, 2022; Cannaerts, 2021). Darüber hinaus bieten Katastrophenschutz-Leuchttürme als definierte Anlaufstellen die Sicherheit, Unterstützungsanforderungen absetzen zu können und eine Koordination zwischen den verschiedenen Akteuren zu ermöglichen. Unabhängig von den hier untersuchten konkreten Beispielen gibt es als Reaktion auf das Hochwasser 2021 Ideen und Empfehlungen zur Anpassung des Krisenmanagements durch die Einrichtung von mit Notstrom versorgten Anlaufstellen zur Sicherstellung der Kommunikationsfähigkeit (bspw. Broemme, 2023). Hierbei ist besonders im Sinne der integrierten Planung herauszustellen, dass Katastrophenschutz-Leuchttürme eine wichtige Schnittstelle zwischen Bevölkerung und Kommune sowie der operativen Gefahrenabwehr darstellen und somit die Zusammenarbeit und Abstimmung unterstützen können.

Etablierung von Resilienzzentren

Die gegenseitige Unterstützung und Hilfe innerhalb der Bevölkerung war eine zentrale Fähigkeit, die zur Bewältigung beigetragen hat. Auch die Bereitstellung von Material und die Hilfsbereitschaft Außenstehender (sog. Spontanhelfer) sind diesem Bereich zuzuordnen. In diesem Zusammenhang wurde auch festgestellt, dass es an Koordination und Steuerung sowie Vernetzungsmöglichkeiten fehlte, um das Potenzial der Hilfsbereitschaft voll auszuschöpfen. Nachbarschaftshilfe und die Einbindung von Spontanhelfenden spielten bei der Bewältigung des

Hochwassers 2021 an anderen Orten eine zentrale Rolle (Fekete et al., 2022). Hier setzt der Aufbau von Resilienzcentren an. Resilienzcentren bezeichnen Anlaufstellen für die Bevölkerung in Krisensituationen, die die Koordination und Vernetzung im Sinne der Nachbarschaftshilfe unterstützen können. Ausgangspunkt ist hier, dass die Kommune durch die Einrichtung solcher Zentren die Vernetzung unterstützen kann, indem sie Gebäude mit Notstromversorgung zur Verfügung stellt, die als zentrale Anlaufstelle für die Vernetzung und Koordination von Hilfe dienen können. Die Idee dabei ist, dass diese Vernetzung und Koordination aus der Bevölkerung selbst entsteht und je nach vorhandenen Fähigkeiten und Unterstützungsangeboten unterschiedliche Angebote entstehen können. Darüber hinaus kann so sichergestellt werden, dass es zentrale Anlaufstellen gibt, an die sich die Bevölkerung und auch Spontanhelfende mit Hilfeanfragen und Hilfeangeboten wenden können. Im Idealfall kristallisieren sich Personen aus der lokalen Bevölkerung heraus, die Verantwortung für die Koordination übernehmen. Auch die im Rahmen des Berliner Projektes entwickelten Informations- und Interaktionspunkte des Katastrophenschutzes setzen an diesen Punkten an und sind ein gutes Orientierungsbeispiel für die Umsetzung von Anlaufstellen zur Vernetzung (Ohder et al., 2015). Die Notwendigkeit der Schaffung solcher Anlaufstellen wird auch durch die Forschung zur Integration von Spontanhelfern in das System des Bevölkerungsschutzes unterstrichen (vgl. Drews et al., 2019; Carius und Steinitz, 2019). Denn die Steuerung und Kanalisierung von Hilfsangeboten ist zentral für den effektiven Einsatz von Hilfsbereitschaft im Sinne der Krisenbewältigung. Resilienzcentren können das Potenzial der Nachbarschaftshilfe und der großen Hilfsbereitschaft in zukünftigen Krisen stärken und strukturieren.

Fokussierung von Risikokommunikation zur Katastrophenvorsorge

Nicht nur die durchgeführten Workshops, sondern auch Erkenntnisse aus anderen Aufarbeitungen und Projekten zeigen, dass es notwendig ist, die Bevölkerung besser über bestehende Risiken zu informieren und die persönliche Notfallvorsorge zu thematisieren (bspw. DKKV, 2022). Auch das Wissen um das richtige Verhalten in bestimmten Situationen kann dazu beitragen, Schäden zu vermeiden. Eine über Risiken informierte Bevölkerung ist in der Lage, situationsgerechte Entscheidungen zu treffen. Eine gut vorbereitete Bevölkerung kann die Einsatzkräfte entlasten und die Bewältigungskapazitäten erhöhen (vgl. BBK, 2022b). Die Selbstschutz- und Selbsthilfefähigkeit der Bevölkerung ist ein wichtiger Bestandteil einer resilienten Gesellschaft. Ausgeprägte soziale Netzwerke und gute Kontakte im nachbarschaftlichen Umfeld sind eine wichtige Grundlage, um die Resilienz der Bevölkerung gegenüber Krisen zu stärken. Durch eine gute Vernetzung kann gegenseitige Unterstützung dazu beitragen, bei der Bewältigung einer Krise auf Hilfe im eigenen oder lokalen Netzwerk zurückgreifen zu können. Die Sensibilisierung der Bevölkerung, sich auf bestimmte Situationen vorzubereiten und Wissen über das Verhalten im Notfall aufzubauen, ist eine Schlüsselkompetenz im Hinblick auf das Selbsthilfepotenzial. Durch eine konsequente und langfristig angelegte Information und Kommunikation über Risiken und empfohlene Verhaltensweisen kann die Grundlage für eine Stärkung des Bewusstseins für Bedrohungen und den Umgang mit ihnen geschaffen werden. Die Vernetzung der Bevölkerung bei der Bewältigung einer Krise wird durch Selbsthilfezentren unterstützt. Im Bereich der Prävention ist die Bedeutung der Vernetzung hervorzuheben und zu unterstützen.

Zentraler Bestandteil der Risikokommunikation muss die Information über die definierten Anlaufstellen (Katastrophenschutz-Leuchttürme und Resilienzcentren) und die Möglichkeiten der Vorbereitung sein. Dabei ist es wichtig, nicht nur allgemeine Empfehlungen zu kommunizieren,

sondern den Fokus auf die lokalen Risiken, Vorbereitungsmaßnahmen, Unterstützungsmöglichkeiten sowie Mitwirkungsoptionen zu legen. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, dass ein kommunales Konzept zur Risikokommunikation erarbeitet werden muss, welches sowohl allgemeine Grundsätze einbezieht, als auch die konkreten Ergebnisse der Aufarbeitung berücksichtigt (vgl. BBK, 2022b).

Fazit: Offenes und Herausforderungen

Der Vergleich der entwickelten Maßnahmen mit bereits durchgeführten Forschungsprojekten legt nahe, dass eine Übertragbarkeit der konkreten Erfahrungen auf zukünftige Krisen möglich ist und zu vergleichbaren Ergebnissen geführt hat (bspw. Bohne et al., 2015; Carius und Steinitz, 2019). Dies deutet darauf hin, dass der realisierte Ansatz geeignet ist, die Bevölkerung in die lokale Planung einzubeziehen und aus den gemachten Erfahrungen Schlussfolgerungen für zukünftige Ereignisse zu ziehen. Es ist sinnvoll, der Beteiligung der Bevölkerung in der integrierten Gefahrenabwehrplanung einen zentralen Stellenwert einzuräumen. Das Potenzial, das in der strukturierten Koordination der Selbsthilfe liegt, erscheint groß. Der Aspekt der Entlastung der operativen Gefahrenabwehr kann die Leistungsfähigkeit des lokalen Systems erhöhen und dazu beitragen, dass die Hilfeleistung in Großlagen effektiver werden kann. Gleichwohl müssen die Erkenntnisse in die aktuelle Situation eingeordnet werden. Die hohe Frequenz von Krisensituationen in Deutschland in den letzten Jahren hat dazu geführt, dass auch in der Bevölkerung ein besonderes Bewusstsein für die Auswirkungen und das tatsächliche Eintreten bestimmter Krisen besteht. Damit öffnet sich derzeit ein window of opportunity, das die Chance bietet, die aktuelle Sensibilisierung in Politik und Gesellschaft zu nutzen und Ansatzpunkte auch auf zukünftige Krisen zu übertragen. In diesem Aspekt liegen aber auch die Herausforderungen für Verfahren der Bürgerbeteiligung in der Gefahrenabwehrplanung. Es ist unklar, ob es auch mittel- und langfristig gelingt, das Risikobewusstsein unabhängig vom Erlebten aufrechtzuerhalten und eine kontinuierliche Beteiligung und Verantwortungsübernahme zu erreichen (vgl. 13 1 V1.1: Integrierte Gefahrenabwehrplanung - Bevölkerung im Fokus Krisendemenz). Darüber hinaus bleibt abzuwarten, ob auch bei abstrakten zukünftigen Bedrohungen der politische Wille zur strukturierten Vorbereitung und Beteiligung der Bevölkerung so groß bleibt wie derzeit. Unabhängig von diesen Herausforderungen erscheint es zielführend, auch in der weiteren Planung die Bevölkerung vor allem als aktiven Teil der Gefahrenabwehrplanung zu berücksichtigen und einen Fokus auf die Schnittstellen im System der kommunalen Gefahrenabwehr auf allen Ebenen zu legen, mit dem Ziel, auch langfristig eine Sensibilisierung für die Vorbereitung und Beteiligung aufrecht zu erhalten. Darüber hinaus ist es sinnvoll, im Sinne der Selbstwirksamkeit einen kontinuierlichen Prozess zu initiieren, der auch die Bevölkerung in den Kreislauf des integrierten Risiko- und Krisenmanagements einbezieht.

Literatur

- Auswärtiges Amt (2023): Nationale Sicherheitsstrategie: Wehrhaft. Resilient. Nachhaltig. Integrierte Sicherheit für Deutschland. Berlin: Auswärtiges Amt.
- Bălăceanu, Dan & Andra Costache (2009): „INVOLVING THE POPULATION IN ENVIRONMENTAL CHANGE AND EXTREME EVENTS VULNERABILITY ASSESSMENT THEORETICAL REMARKS AND CASE-STUDIES“. In: Human Geographies-Journal of Studies and Research in Human Geography, S. 5–11.

- BBK, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2022a): BBK, DFV und Vfdb Wollen Fähigkeiten Der Menschen in Selbstschutz Und -Hilfe Stärker Fördern.– (2022b). Risikokommunikation. Ein Handbuch für die Praxis. Bonn.
- BMI (2014): Leitfaden Krisenkommunikation. Berlin: Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI).– (2022). Deutsche Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen. Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI).
- Bohne, P., A. Solarek, M. Surma, R. Zückmante, N. Franke, C. Hemmert-Seegers, F. Kircher, C. Lawrenz, T. Leitert & I. Schwenzien (2015): „Katastrophenschutz-Leuchttürme Hilfe Für Bürgerinnen Und Bürger Bei Stromausfällen Aus Der Perspektive von Praxispartnern“. .n: *Bevölkerungsschutz* 3/2015.
- Broemme, Albrecht (2023): „Unwetterereignis im Sommer 2021 – Strategien für NRW“. In: *Crisis Prevention*, S. 72–77.
- Cannaerts, Nele (6. Apr. 2021): „Crisis Communication in Public Emergencies: Multistakeholders' Perspectives“. In: *International Journal of Emergency Services* 10.1, S. 112–130.
- Carius, Christine & Daniel Steinitz (2019): „Wege zur Lagebewältigung mit Spontanhilfe“. In: *Crisis Prevention*.
- DKKV (2022): Die Flutkatastrophe Im Juli 2021 in Deutschland. Ein Jahr Danach: Aufarbeitung Und Erste Lehren Für Die Zukunft. DKKV-Schriftenreihe Nr. 62. Bonn.– (2023). Resilienz | DKKV. Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge. <https://dkkv.org/themenseiten/resilienz/> (besucht am 09. 07. 2023).
- Drews, Patrick, Rebecca Nell, Franziska Wössner & Arieta Thaqi (2019): „Der Tätigkeitenkatalog als Hilfsmittel zur Integration von Spontanhelfenden in den Bevölkerungsschutz“. In: Enke, Nadja und Isabel Reinhardt (2015). „Akzeptanz durch Beteiligung“. In: *Akzeptanz in der Medien- und Protestgesellschaft*. Hrsg. von Günter Bentele, Reinhard Bohse, Uwe Hitschfeld und Felix Krebber. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 57–74.
- Fekete, Alexander, Daniel Beckers, Chris Hetkämper, Yvonne Berger, Anne Welter, Uwe Kippnich, Alois Klemm, Maximilian Kippnich, Elias Holzheimer, Konstanze Lechner, Marc Wieland, Leonard Schliesser, Martin Gonder, Finn Moritz Juhl, Michael Luchtman, Anna Müller, Moritz Sebastian Schüßler & Peter Priesmeier (2022): Die Flut Im Juli 2021. Erfahrungen Und Perspektiven Aus Dem Rettungsingenieurwesen Und Katastrophenrisikomanagement. Hrsg. von Karsten Fehn, Alexander Fekete, Chris Hetkämper, Alex Lechleuthner, Ompe Aimé Mudimu und Ulf Schremmer. *Integrative Risk and Security Research* - 1/2022. 81 S.
- Gerhold, Lars (2012): „Risikobewusstsein: Sicherheit Als Konstrukt Gesellschaftlicher Wahrnehmung“. In: *Sicherheitskultur: Soziale Und Politische Praktiken Der Gefahrenabwehr*. Hrsg. von C. Daase, P. Offermann und V. Rauer. Frankfurt am Main: Campus Verlag.
- Gerhold, Lars & Agnetha Schuchardt, Hrsg. (2021): Definition von Schutzziele Für Kritische Infrastrukturen: Forschungsstand, Rechtlicher Rahmen Und Politische Entscheidungsfindung: Forschung in Bevölkerungsschutz, Wissenschaftlicher Abschlussbericht, BBK-Projekt-Nr.: FP 417, Abschlussdatum: 09/2019. *Forschung Im Bevölkerungsschutz* Band 28. Bonn: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. 489 S.
- Müller, Franziska (2022): „Integrierte Planung“. In: *Schlüsselbegriffe Der Sozialplanung Und Ihre Kritik*. Hrsg. von Mario Rund und Friedhelm Peters. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 89–97.
- Murphy, Brenda L. (Mai 2007): „Locating Social Capital in Resilient Community-Level Emergency Management“. In: *Natural Hazards* 41.2, S. 297–315.

- Norris, Fran H., Susan P. Stevens, Betty Pfefferbaum, Karen F. Wyche & Rose L. Pfefferbaum (März 2008): „Community Resilience as a Metaphor, Theory, Set of Capacities, and Strategy for Disaster Readiness“. In: American Journal of Community Psychology 41.1-2, S. 127–150.
- Ohder, Claudius, Birgitta Sticher, Sarah Geißler & Benedikt Schweer (2015): Katastrophenschutz- Informations- Und Interaktionspunkte Als Element Des Bürgernahen Katastrophenschutzes. Berlin.
- Pözl-Viol, Christiane (2022): „Besonderheiten der Risiko- und Krisenkommunikation im Strahlenschutz und radiologischen Notfallschutz“. In: Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 65.5, S. 608–614.
- Schopp, Nathalie, Charline Schüler, Lynn Schüller, Tobias Hahn, Rike Richwin & Volker Tondorf (2023): „Keine Krisenbewältigung ohne Bevölkerung“. In: CRISIS PREVENTION.
- Shava, Soul, Marianne Krasny, Keith Tidball & Robert O'Donoghue (2010): „Local Knowledges as a Source of Community Resilience“. In: Environmental Education Research 16, S. 325–339.
- Stegert, Paula & Britta Klagge (2015): „Akzeptanzsteigerung Durch Bürgerbeteiligung Beim Übertragungsnetzausbau? Theoretische Überlegungen Und Empirische Befunde“. In: Geographische Zeitschrift 103.3, S. 171–190.
- Straßburger, Gaby & Judith Rieger, Hrsg. (2019): Partizipation kompakt: für Studium, Lehre und Praxis sozialer Berufe. 2., überarbeitete Auflage. Weinheim Basel: Beltz Juventa. 252 S.
- UNISDR, United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR) (2015): „Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030“. In: S. 37.

Link zum Vortrag

<https://thga.sciebo.de/s/bv8vA5wLQk8MBGe>

Personalbindung bei Feuerwehren im Haupt- und Ehrenamt

Philipp Toschka, Moritz Watermann

antwortING Beratende Ingenieure PartGmbH

Abstract:

Demografischer Wandel sowie Fachkräftemangel führen bereits zu Personaldefiziten bei Feuerwehren. Neben Maßnahmen zur Gewinnung von Personal sind ebenfalls Maßnahmen zur Personalbindung erforderlich, um langfristig eine positive Personalentwicklung sicherzustellen. Der Generationenwandel in den Feuerwehren bewirkt eine geänderte Einstellung zur beruflichen Tätigkeit sowie dem Ehrenamt und macht die individuelle Erarbeitung von geeigneten Maßnahmen zur Förderung der Personalbindung erforderlich. Hierfür müssen Defizite mit Auswirkungen auf die Personalbindung identifiziert, Handlungsoptionen gesammelt und konkrete Maßnahmen daraus entwickelt werden. Diese Prozesse können in einem Workshop als Beteiligungsverfahren abgebildet werden, was darüber hinaus die Konsensfindung zwischen verschiedenen Interessensgruppen vereinfacht. Bei der praktischen Durchführung der Workshops spielten die Motivationsfaktoren Menschen helfen / Einsatz, Technik, Ausbildung, Unterstützung und Wertschätzung besonders häufig eine Rolle. Es ist jedoch zwingend erforderlich, Motivationsfaktoren und -hindernisse individuell zu erfassen und die darauf aufbauenden Maßnahmen mit Hilfe der Feuerwehrangehörigen zu entwickeln.

Ausgangslage

Das Personal einer Feuerwehr stellt die zentrale Ressource dar, um das kommunal festgelegte Sicherheitsniveau erreichen zu können. Für Feuerwehren mit hauptamtlichen Einsatzkräften ist eine ausreichende Anzahl an Einsatzkräften notwendig, um die erforderliche Anzahl an Funktionen im Einsatzdienst zu jeder Zeit dauerhaft besetzen zu können. Bei rein ehrenamtlichen Feuerwehren trägt eine hohe Personalstärke besonders zur Leistungsfähigkeit bei, wenn hierdurch auch zu den typischen Arbeitszeiten der ehrenamtlichen Einsatzkräften ausreichend Personal im Einsatzfall zur Verfügung steht. Der Personalbedarf in den Feuerwehren wird in den kommenden Jahren voraussichtlich steigen. Hierzu tragen hauptsächlich drei Faktoren bei (Deutscher Städtetag 2021):

Neue Risiken: Der Klimawandel begünstigt Naturkatastrophen wie Waldbrände und Unwetterereignisse in Deutschland (DWD 2022). Um bei Ereignissen wie der Hochwasserkatastrophe in Westdeutschland 2021 oder den Waldbränden in Meppen oder Lübtheen zu helfen, sind ehrenamtliche Einsatzkräfte oft wochenlang in anderen Regionen Deutschlands im Einsatz. Bei zunehmender Frequenz solcher Ereignisse kann das Verhältnis zu Arbeitgeber und (familiären) Umfeld belastet werden. Um dies zu vermeiden

und gleichzeitig das ehrenamtliche System des Katastrophenschutzes aufrecht zu erhalten, ist eine hohe Zahl von Feuerwehrangehörigen erforderlich, damit eine regelmäßige Ablösung der eingesetzten Kräfte gewährleistet ist. Weiterhin wird Personal für die organisatorische Anpassung an die neuen Risiken benötigt.

Gesetzliche Anforderungen: Eine steigende Einsatzbelastung von hauptamtlichen Kräften der Feuerwehr, insbesondere im Rettungsdienst, führt in Verbindung mit der Umsetzung der EU-Arbeitszeitrichtlinie zu einem wachsenden Personalbedarf im Schichtdienst (Sieber et al. 2020). Hinzu kommen steigende Bedarfe im administrativen und rückwärtigen Bereich, etwa durch die Umsetzung von Prüfvorschriften.

Steigende Belastung und verändertes Einsatzspektrum: Neben dem Rettungsdienst verändert sich auch das Einsatzspektrum der Feuerwehren im Brandschutz und der Technischen Hilfeleistung. Abgesehen von Vegetationsbränden und Unwetterereignissen ist hier kein eindeutiger Trend zu steigenden Einsatzzahlen feststellbar. Durch Methoden der Brandfrüherkennung wie Brandmeldeanlagen und Heimrauchmeldern nehmen Fehlalarmierungen gegenüber Brandeinsätzen jedoch einen höheren Anteil am Einsatzspektrum ein. Insbesondere in großen Kommunen ohne (ausreichend) hauptamtliche Kräfte kann dies zu einer sinkenden Motivation der ehrenamtlichen Feuerwehrangehörigen beitragen. Hauptamtliche Kräfte werden daher häufiger erforderlich, um das alltägliche Einsatzgeschehen mit sogenannten „Bagatelleinsätzen“ zu bewältigen und die ehrenamtlichen Einsatzkräfte zu entlasten.

Digitalisierung und Automatisierung, zum Beispiel durch Drohnen, halten auch in den Feuerwehren Einzug. Dass Digitalisierung und Automatisierung den Bedarf an Einsatzkräften in naher Zukunft signifikant senken, ist jedoch nicht zu erwarten (Delmerico et al. 2019, Dirk Aschenbrenner zit. nach Schinkels 2023).

Zur Sicherstellung einer ausreichenden Personalvorhaltung im Haupt- und Ehrenamt ist folglich eine stetige Gewinnung und Ausbildung von neuen Einsatzkräften unabdingbar. Hierzu wurden in den vergangenen Jahren auf Landes- und Bundesebene Maßnahmen ergriffen, um auf das Haupt- und Ehrenamt in den Feuerwehren Deutschlands aufmerksam zu machen (Innenministerium NRW 2017). Jedoch stellt die Gewinnung von Personal nur einen Baustein für eine nachhaltige Personalentwicklung dar. Gleichzeitig gilt es, das Personal mittel- bis langfristig an die hauptamtliche beziehungsweise ehrenamtliche Tätigkeit in der Feuerwehr zu binden. Für die notwendige Personalbindung müssen jedoch zunehmend größere Hürden überwunden werden, welche zunächst innerhalb der Feuerwehr ermittelt werden müssen, um diesen mit geeigneten Maßnahmen begegnen zu können.

Als häufige Hürden bei der Personalbindung wurden in der Literatur identifiziert:

- **Die Vereinbarkeit von Familie, Beruf und Ehrenamt:** Mit zunehmendem Alter der Feuerwehrangehörigen wächst in vielen Fällen auch deren familiäre und berufliche Verantwortung, weshalb die für Einsatz- und Übungsdienst sowie für Aus- und Fortbildung erforderlichen Zeiten häufig nicht mehr zur Verfügung stehen (Gazzale 2019: 216; Catino 2015: 101–102; Lantz und Runefors 2021: 36; McLennan et al. 2009: 45). Der

demographische Wandel macht es jedoch erforderlich, dass Feuerwehrangehörige auch in späteren Lebensphasen ihr ehrenamtliches Engagement fortsetzen.

- **Probleme innerhalb der Führung und interne Konflikte:** Konflikte mit anderen Feuerwehrangehörigen und Führungskräften sowie wahrgenommene Defizite in der Führungsorganisation sind ein häufige Ursache für die Beendigung der ehrenamtlichen Tätigkeit in der Feuerwehr (Smith 2014: 114; Catino 2015: 103–105; Lantz und Runefors 2021: 36). Hierdurch entsteht ein Personalabfluss, der durch eine Verbesserung der Führungskräfteausbildung und der Konfliktlösungskompetenz ggf. vermeidbar wäre.

Generationswandel als aktuelle und zukünftige Herausforderung für die Personalbindung

Mit der Aussetzung der allgemeinen Wehrpflicht im Jahr 2011 und dem einhergehenden Wegfall des Ersatzdienstes in der Freiwilligen Feuerwehr, der zunehmenden Alterung der Bevölkerung durch den demografischen Wandel sowie dem Fachkräftemangel auf dem Arbeitsmarkt werden die Kommunen vor Herausforderungen bei der Gewinnung von Personal für die haupt- oder ehrenamtliche Tätigkeit in der Feuerwehr gestellt. Die Betrachtung der Statistik des Deutschen Feuerwehr Verbandes (DFV) zur Entwicklung der Mitgliederzahlen in den Freiwilligen Feuerwehren zeigt, dass die Anzahl an ehrenamtlichen Einsatzkräften im Jahreszeitraum 2000 bis 2017 rückläufig war (DFV 2020). Betrug die Zahl der aktiven Mitglieder in den Freiwilligen Feuerwehren in Deutschland im Jahr 2000 noch ca. 1,07 Millionen, sank diese bis zum Jahr 2017 auf 0,994 Millionen. Als Reaktion auf die rückläufigen Mitgliederzahlen wurden auf Landes- und Bundesebene diverse Werbekampagnen für das Haupt- und Ehrenamt in den Feuerwehren durchgeführt. Seit 2018 ist die Anzahl an ehrenamtlichen Einsatzkräften in den Feuerwehren wieder auf 1,007 Millionen Einsatzkräfte im Jahr 2020 gestiegen, was zunächst eine positive Entwicklung darstellt. Im Gegensatz hierzu nimmt der Mangel an hauptamtlichen Feuerwehrangehörigen stetig zu, sodass bereits diverse Berufsfeuerwehren und Freiwillige Feuerwehren mit hauptamtlichen Kräften mit personellen Einschränkungen konfrontiert werden (Tagesschau 2009). Da dies ein nahezu flächendeckendes Problem darstellt, stehen die kommunalen Feuerwehren bei der Personalgewinnung in zunehmender Konkurrenz zueinander (Gräfling 2011: 335). Somit stellen Personalfluktuaton und die dadurch erforderliche Personalbindung relevante Themen für die Feuerwehren dar.

Als ein wesentlicher Faktor für die Personalknappheit wurde bereits der demografische Wandel identifiziert. Aufgrund der Altersstruktur der Menschen in Deutschland befinden sich zunehmend weniger Personen in einem Alter, in dem sie im Einsatzdienst der Feuerwehr mitwirken können (Höhn et al. 2008: 10). Einhergehend mit dem demografischen Wandel erfolgt ein Generationswandel, welcher direkte Auswirkungen auf die Personalbindung haben wird (Mahmoud et al. 2021: 194; Anderson et al. 2017: 245).

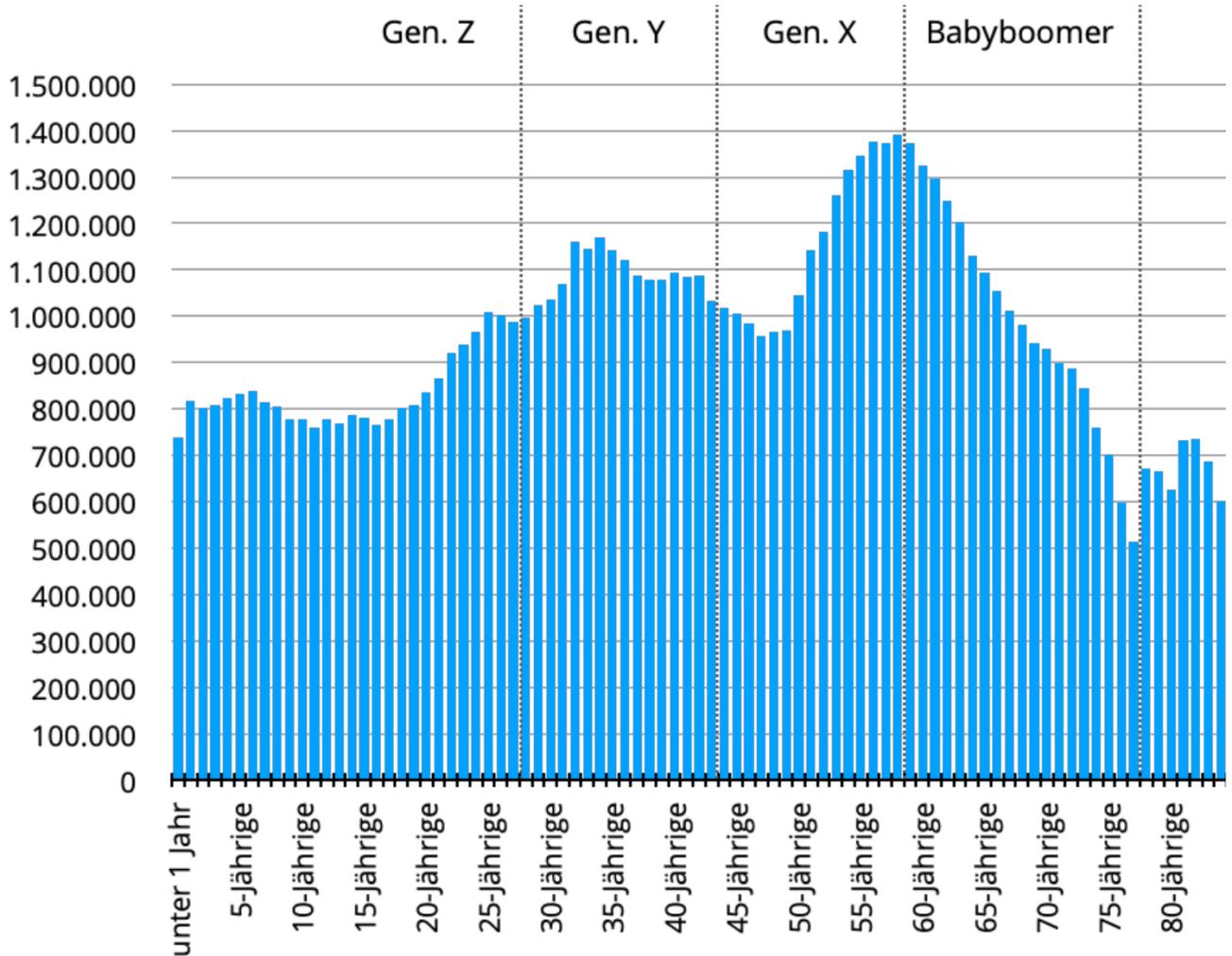


Abbildung 1: Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland (Datenquelle: Statistisches Bundesamt (Destatis) 2023)

Entsprechend dem Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland (Abbildung 1) verlässt die Generation der Babyboomer (Geburtsjahrgänge 1946 bis 1964) zunehmend das Alter für eine hauptamtliche beziehungsweise ehrenamtliche Tätigkeit in der Feuerwehr. In den Sozialwissenschaften wird die Generation Babyboomer durch eine hohe Arbeitsmoral, ein hohes Maß an Pflichtbewusstsein und eine starke Loyalität zum Arbeitgeber charakterisiert (Mangelsdorf 2019: 22). Die sich anschließende Generation X (Geburtsjahrgänge 1965 bis 1979) zeichnet sich ebenfalls durch eine ausgeprägte Loyalität zum Arbeitgeber aus (Kothapalli und Swetha 2018: 99). Zunehmend rückt in dieser Generation jedoch auch die Individualität in den Vordergrund. In beiden Generationen begründet die Aufnahme einer ehrenamtlichen oder hauptamtlichen Tätigkeit in der Feuerwehr meist ein lebenslanges Engagement.

In der Generation Y, den Millennials (Geburtsjahrgänge 1980 bis 1995), zeichnet sich ein zunehmender Kontrast zu den vorherigen Generationen ab. So wird die Loyalität der Generation Y zum Arbeitgeber als zeitlich begrenzt und *ökonomisiert* beschrieben, das heißt, die Loyalität wird so lange aufrechterhalten, wie sie mit den Interessen des Arbeitnehmers vereinbar ist (Voelpel 2007:

10). Zu diesen Interessen zählen ein gutes Arbeitsklima, Work-Life-Balance, die Übernahme von Verantwortung sowie Anerkennung durch die Organisation (Wunderlin 2021: 65). Für die Tätigkeit in der Feuerwehr bedeutet dies, dass diese im Zweifelsfall auch beendet wird, sollten die Interessen des Feuerwehrangehörigen über einen längeren Zeitraum nicht ausreichend erfüllt werden.

Die Generation Z (Geburtsjahrgänge ab 1996) zeichnet sich durch den stetigen Wunsch nach Veränderung aus (Racolța-Paina und Irini 2021: 78). Gleichzeitig gilt sie als sprunghaft hinsichtlich ihrer Lebens- und Arbeitseinstellung. Auch wenn der Wille zu ehrenamtlichem Engagement teilweise höher als in den vorherigen Generationen ist, wird dieses zurückgestellt oder abgebrochen, wenn es sich nicht mit anderen Interessen vereinbaren lässt oder andere ehrenamtlichen Tätigkeiten als wichtiger wahrgenommen werden. Für hauptamtliche Einsatzkräfte bedeutet dies, dass der Wechsel des Arbeitgebers bereits frühzeitig in Erwägung gezogen wird, sollten die Rahmenbedingungen an anderer Stelle attraktiver erscheinen. Für die Generation Z stehen steile Hierarchien im Gegensatz zu ihrem Wunsch nach Mitbestimmung und Mitwirkung.

Der Vergleich der Generationen zeigt, dass zunehmend die Individualität der Person sowie der Wunsch nach Beteiligung und Mitgestaltung in den Vordergrund rückt. Werden diese und andere Rahmenbedingungen nicht als erfüllt angesehen, sind jüngere Generationen im Ehrenamt eher bereit, ihr Engagement anders auszurichten oder im Zweifelsfall ruhen zu lassen. Bei hauptamtlichen Einsatzkräften entspricht dies einem Wechsel in eine andere Kommune oder sogar in einen anderen Berufszweig. Diese Eigenschaften sind daher bei der Förderung der Personalbindung zu berücksichtigen.

Extrinsische Anreize zur Verbesserung der Personalbindung im Ehrenamt

Bundesweit werden bereits eine Vielzahl von unterschiedlichen Anreizen zur Personalbindung in Freiwilligen Feuerwehren praktiziert. Hierzu zählen zum Beispiel vergünstigte Eintritte zu kommunalen Einrichtungen und Veranstaltungen, die verstärkte Berücksichtigung bei der Bauplatzvergabe und in Einstellungsverfahren sowie die Zahlung von Aufwandsentschädigung (Wolf 2019: 6). Die genannten extrinsischen Anreize verbessern die Motivation jedoch nur kurzfristig und werden daher in der Regel als schwaches Werkzeug für die Mitgliederbindung in Feuerwehren bewertet (Smith 2014: 100). Sie drücken jedoch eine Wertschätzung der Kommune gegenüber den ehrenamtlichen Feuerwehrangehörigen aus und sollten in jedem Fall so umfangreich ausgestaltet sein, dass die Feuerwehrangehörigen durch ihr Engagement keine finanziellen Nachteile (z.B. durch Fahrtkosten) erleiden.

Bei der Entscheidung darüber, ob und in welcher Höhe diese Anreize für den Feuerwehrdienst durch die Kommune zur Verfügung gestellt beziehungsweise finanziert werden, sollten die Feuerwehrangehörigen beteiligt werden. Insbesondere direkte monetäre Anreize können zum Beispiel auch unerwünscht sein, da sie dem Verständnis der Feuerwehrangehörigen für ihr ehrenamtliches Engagement als Dienst an Kommune und Bevölkerung zuwiderlaufen.

Beteiligung als Grundlage zur Förderung der Personalbindung

Da extrinsische Anreize allein keine ausreichende Mitgliederbindung gewährleisten, muss die intrinsische Motivation der Feuerwehrangehörigen im Rahmen der Personalbindung gestärkt werden. Im Rahmen von Beratungsprojekten für Kommunen hat sich das in Abbildung 2 dargestellte fünfstufige Verfahren zur Förderung der Personalbindung bewährt, welches die direkte Beteiligung der Feuerwehrangehörigen gewährleistet. Die Stufen 1 bis 3 können dabei auch in einem einzelnen Workshop zusammengefasst werden.

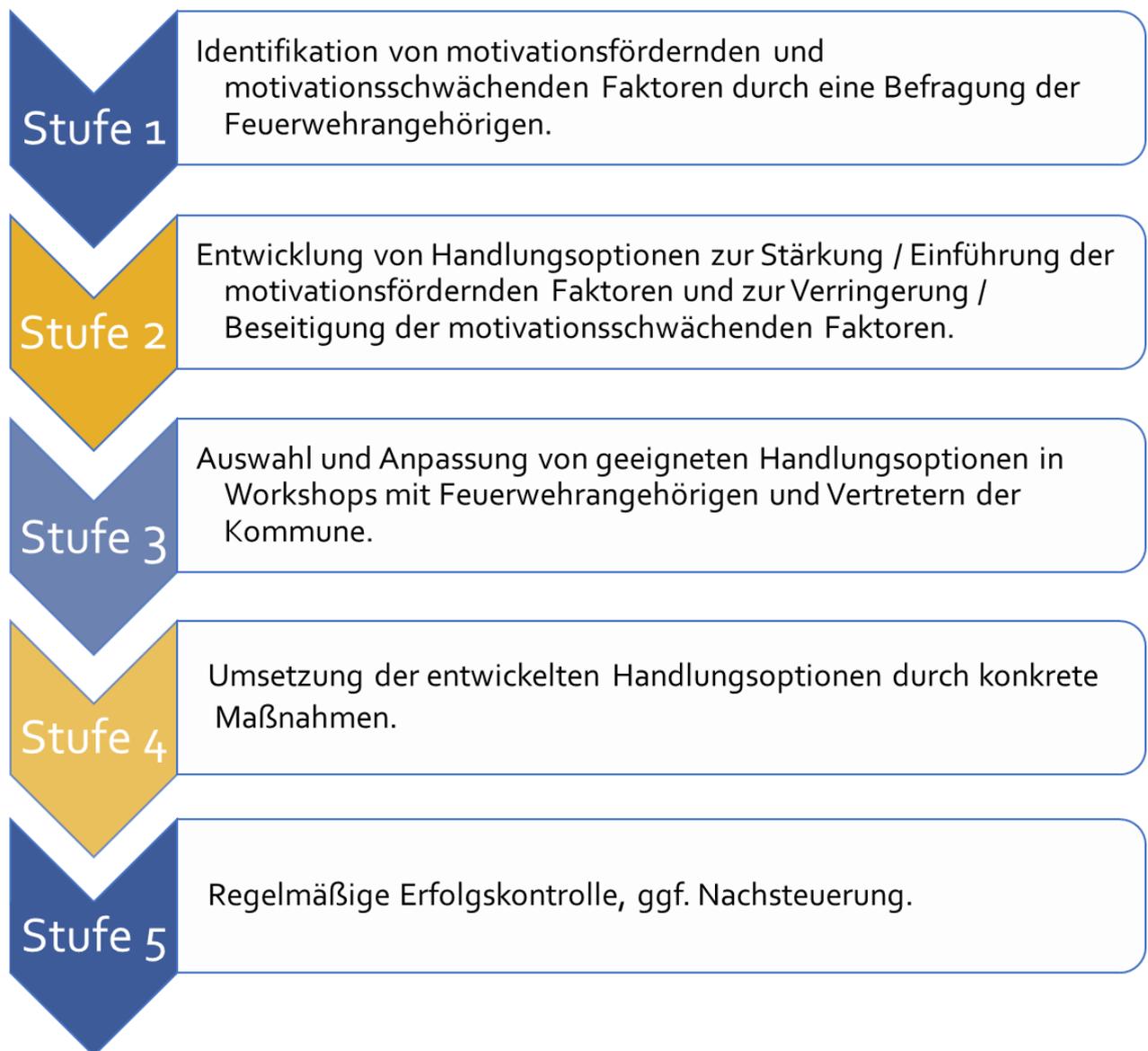


Abbildung 2: Fünfstufiges Beteiligungsverfahren zur Stärkung der Personalbindung

Umsetzung des Beteiligungsverfahrens in der Praxis

Im Zuge der Fortschreibung des Brandschutzbedarfsplans einer großen kreisangehörigen Stadt in Nordrhein-Westfalen wurde ein Beteiligungsverfahren für alle haupt- sowie ehrenamtlichen Angehörigen der Feuerwehr durch eine externe Begleitung durchgeführt und ausgewertet. Als Möglichkeit zur Beteiligung wurde ein Workshop im Format World-Café durchgeführt. Aus allen Angehörigen der Feuerwehr wurden heterogene Kleingruppen gebildet. Durch das Workshop-Format konnte ein dynamischer Arbeitsprozess innerhalb der Kleingruppen etabliert werden. Dieser erstreckte sich von der Identifizierung von Defiziten mit Auswirkungen auf die Personalbindung über die Erarbeitung mehrerer möglicher Handlungsoptionen bis hin zur Auswahl einer Handlungsoption und der konkreten Ausarbeitung von Maßnahmen. Die Durchführung eines Workshops im World-Café-Format ermöglichte es, dass sich die Beteiligten aktiv in die Entwicklung von individuellen Maßnahmen zur Verbesserung der Personalbindung einbringen und diese mitgestalten. Hierdurch wurde die Beteiligung aller Generationen innerhalb der Feuerwehr unter Berücksichtigung der sich verändernden Bedürfnisse jüngerer Generationen ermöglicht (Sidorcuka und Chesnovicka 2017: 813). Die Bildung heterogener Kleingruppen, bestehend aus hauptamtlichen sowie ehrenamtlichen Feuerwehrangehörigen aller Altersgruppen bewirkte einen Meinungs- und Ideenaustausch, welcher die Konsensfindung erheblich erleichterte.

Motivationsfaktoren für das Ehrenamt Feuerwehr

Die wichtigsten Faktoren, die für das Ehrenamt Feuerwehr motivieren, sind vor allem die Möglichkeit, anderen Menschen zu helfen, die Gemeinschaft und das freundschaftliche Verhältnis zueinander sowie der Umgang mit Technik (Abbildung 3) (Eichler 2016: 4–20; Smith 2014: 112; Gazzale 2019: 216; Lantz und Runefors 2021: 36). Negativ wirken sich vor allem Probleme innerhalb der Gemeinschaft oder mit der Führung, die Vereinbarkeit des Zeitaufwandes mit Familie und Beruf sowie mangelnde Wertschätzung durch Gesellschaft und Politik aus (Wenzel et al. 2012: 14; Landesfeuerwehrverband Bayern e.V. 2020; Catino 2015: 101–105; Lantz und Runefors 2021: 36; McLennan et al. 2009: 45).

Die Breite der genannten Faktoren macht es schwierig, allgemeingültige Verbesserungsvorschläge zu definieren und unterstreicht die Wichtigkeit des beschriebenen Beteiligungsverfahrens. Es wird auch deutlich, dass sich insbesondere die beiden wichtigsten Motivationsfaktoren, die Möglichkeit anderen Menschen zu helfen und die Gemeinschaft innerhalb der Feuerwehr, kaum direkt beeinflussen lassen. Häufig ergeben sich im Rahmen der Workshops jedoch Möglichkeiten, die Hauptfaktoren durch kleinere Stellschrauben zu beeinflussen oder den einen Faktor durch einen anderen Faktor auszugleichen.

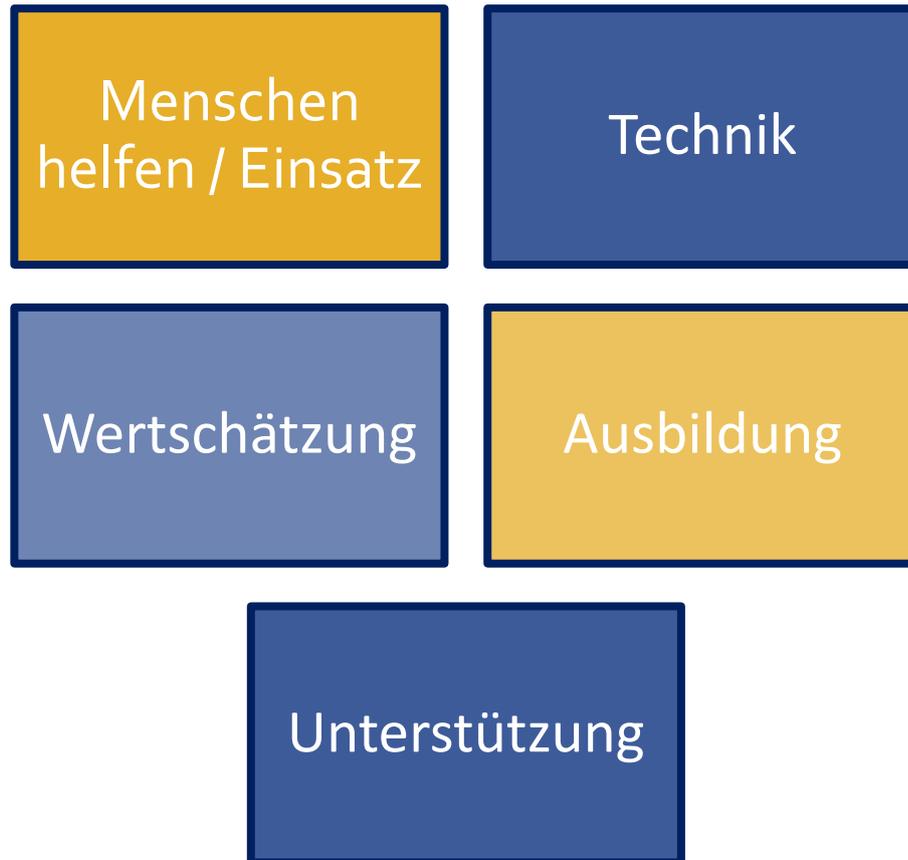


Abbildung 3: Motivationsfaktoren für das Ehrenamt in der Feuerwehr (adaptiert nach Eichler 2016)

Möglichkeiten zur Stärkung von motivationsfördernden Faktoren in der Praxis

Im Folgenden werden einige Möglichkeiten aus der Praxis beschrieben, wie sich Faktoren beeinflussen lassen und welche Schwierigkeiten dabei bestehen.

Motivationsfaktor *Menschen helfen / Einsatz*: Einer der Hauptgründe, warum sich Menschen in der Feuerwehr engagieren beziehungsweise sich ein Engagement in der Feuerwehr vorstellen können, ist die Möglichkeit, Menschen zu helfen. Diese ergibt sich in erster Linie im Einsatz. Hieraus entstehen jedoch auch Probleme. Insbesondere in kleinen Gemeinden ist die Zahl der Einsätze gering, aber auch in großen Kommunen machen die Einsätze, bei denen Menschen direkt geholfen wird, nur einen Bruchteil des Einsatzgeschehens aus. Im Gegenteil bekommen Feuerwehrangehörige bei vielen Einsätzen das Gefühl, störend aufzutreten, etwa bei versehentlich ausgelösten Brandmeldeanlagen. Vor allem bei Städten mit Berufsfeuerwehren oder hauptamtlichen Kräften kann es dazu kommen, dass die ehrenamtlichen Feuerwehrangehörigen zwar häufig alarmiert werden, in der Regel jedoch nicht tätig werden oder sogar gar nicht erst ausrücken, was sich negativ auf die Motivation auswirkt. Als Abhilfe kann im Workshop die Verteilung von Sonder- und Unterstützungsaufgaben diskutiert werden. Der Einsatz von hauptamtlichem Personal zur Entlastung von ehrenamtlichen Einsatzkräften bei einem zu hohen Aufkommen von (Bagatell-)Einsätzen muss hingegen nicht nur im Hinblick auf die Kosten gründlich geprüft werden. Während einige Freiwillige Feuerwehren den Einsatz von hauptamtlichem Personal begrüßen, sehen andere darin ihre Mitwirkung am Einsatzgeschehen bedroht.

Motivationsfaktor *Technik*: Die Ausstattung der Feuerwehr mit aktueller Technik (Fahrzeug, Schutzkleidung, Feuerwehrhaus) erhöht nicht nur deren Einsatzwert, sondern trägt auch zur Motivationsförderung und Personalbindung bei. Hier muss sorgfältig zwischen den Erfordernissen aus Gefährdungs- und Risikopotenzial, der Motivation der Einsatzkräfte und dem finanziellen Spielraum der Kommune vermittelt werden.

Motivationsfaktor *Ausbildung*: Insbesondere in kleineren Feuerwehren macht Ausbildung den größten Teil der aufgewendeten Zeit für die Feuerwehr aus. Um den Zeitaufwand der Feuerwehrangehörigen für die Teilnahme an Übungsdiensten zu honorieren, sollten diese gut vorbereitet sein, strukturiert ablaufen und möglichst praxisnah sein. Dies bedeutet für die ebenfalls ehrenamtlichen Führungskräfte einen erheblichen Zeitaufwand. Handlungsoptionen stellen zum Beispiel die Finanzierung von Übungsmaterial, das Zur-Verfügung-Stellen von geeigneten Übungsobjekten und die Teilnahme an externen Ausbildungsveranstaltungen dar.

Motivationsfaktor *Unterstützung*: Der Dokumentations- und Prüfaufwand innerhalb der Feuerwehren ist in den vergangenen Jahren stark angewachsen. Handlungsoptionen umfassen die Schaffung von Stellenanteilen in der Verwaltung für die Feuerwehr, die Einstellung von hauptamtlichen Gerätewarten oder die Übernahme von Aufgaben durch einen Zweckverband oder den (Land-)Kreis.

Motivationsfaktor *Wertschätzung*: Ein empfundener Mangel an Wertschätzung durch Politik und Gesellschaft stellt häufig einen der Hauptgründe dar, warum Feuerwehrangehörige überlegen, ihr Engagement zu beenden. Handlungsoptionen zur Steigerung der wahrgenommenen Wertschätzung betreffen zum Beispiel die grundlegende Umsetzung von Maßnahmen durch Politik und Verwaltung oder Imagekampagnen für die Bevölkerung.

Motivation von hauptamtlichen Einsatzkräften

Insbesondere in Art und Anteil der extrinsischen Motivation unterscheiden sich hauptamtliche Einsatzkräfte von ehrenamtlichen Einsatzkräften. Auch wenn es an aussagekräftigen Untersuchungen mangelt, kann davon ausgegangen werden, dass die intrinsischen Motivationsfaktoren von ehrenamtlichen und hauptamtlichen Einsatzkräften in großen Teilen deckungsgleich sind. Hierzu trägt auch bei, dass hauptamtliche Einsatzkräfte häufig über die Freiwillige Feuerwehr in Kontakt mit dem Berufsfeld Feuerwehr getreten sind. Im Gegensatz zu ehrenamtlichen Einsatzkräften ist der Einsatzdienst für hauptamtliche Einsatzkräfte jedoch in erster Linie ein Beruf, der ein ausreichendes Einkommen garantieren und mit Familie und Freizeit in Einklang gebracht werden muss. Maßnahmen zur Personalbindung für hauptamtliche Einsatzkräfte orientieren sich daher häufig an Maßnahmen, die auch in der Wirtschaft und in vergleichbaren Berufszweigen zum Einsatz kommen. Die Durchführung eines gemeinsamen Workshops mit Haupt- und Ehrenamt ermöglicht es, einen Konsens zwischen beiden Gruppen herzustellen und Synergien zwischen den Maßnahmen aufzudecken.

Zusammenfassung

Demografische Veränderung und eine sich wandelnde Einstellung zu Ehrenamt und Arbeit in der Bevölkerung erfordern, dass Feuerwehren ihre Anstrengungen zur Personalbindung in Haupt-

und Ehrenamt verstärken. Galt in früheren Generationen mit dem Eintritt in die Freiwillige Feuerwehr oder dem Arbeitsbeginn in der Berufsfeuerwehr eine lebenslange Tätigkeit als gesetzt, orientieren sich heutige Generationen entsprechend ihren Bedürfnissen frühzeitig in andere Richtungen. Hieran haben auch Fachkräftemangel sowie eine zunehmende Vielfalt an Freizeitbeschäftigungen und Möglichkeiten für ehrenamtliche Betätigung ihren Anteil.

Die höhere Bereitschaft, das Ehrenamt oder den Arbeitgeber zu wechseln, sollte nicht als mangelnde Motivation oder Durchhaltefähigkeit abgetan werden, da das Interesse an einer haupt- oder ehrenamtlichen Tätigkeit in der Feuerwehr in heutigen Generationen weiterhin hoch ist. Stattdessen sollte ein Ansporn für die Kommune und die Leitung der Feuerwehr entstehen, die Rahmenbedingungen innerhalb der Feuerwehr im Hinblick auf eine verstärkte Personalbindung zu verbessern. Eine hohe Personalbindung wirkt sich darüber hinaus auch auf die Gewinnung von haupt- und ehrenamtlichem Personal aus. Extrinsische Anreize wie Aufwandsentschädigungen und Vergünstigungen für ehrenamtliches Personal können hieran ihren Anteil haben und zeigen die Wertschätzung der Kommune für die Arbeit der Feuerwehrangehörigen. Solche Maßnahmen können jedoch nur auf einer bereits hohen intrinsischen Motivation aufbauen.

Die Möglichkeiten zur Steigerung der extrinsischen und intrinsischen Motivation und die Gründe für fehlende Motivation sind vielfältig. Ein und dieselbe Maßnahme oder Rahmenbedingung kann in zwei Feuerwehren völlig unterschiedlich bewertet werden. Dies macht ein Beteiligungsverfahren zur Planung und Umsetzung von Maßnahmen für die Förderung der Personalbindung zwingend erforderlich. Erfahrungen aus der Praxis und Umfragen unter Feuerwehrangehörigen haben jedoch gezeigt, dass die Motivationsfaktoren *Menschen helfen / Einsatz, Technik, Ausbildung, Unterstützung* und *Wertschätzung* besonders häufig eine Rolle spielen. Hauptamtliche Einsatzkräfte unterscheiden sich von ehrenamtlichen Einsatzkräften durch Art und Anteil der extrinsischen Motivation an der Gesamtmotivation. Ein gemeinsames Beteiligungsverfahren vereinfacht hierbei die Konsensfindung und ermöglicht es darüber hinaus, Synergien zwischen den Interessen aller Beteiligten zu finden.

Literatur

- Anderson, Heather J., John E. Baur, Jennifer A. Griffith & M. Ronald Buckley (2017): What Works for You May Not Work for (Gen)Me: Limitations of Present Leadership Theories for the New Generation, in: *The Leadership Quarterly* 28 (1), 245-260.
- Catino, James E. (2015): An Examination of Factors Influencing Retention of Volunteer Firefighters in the Commonwealth of Pennsylvania, Dissertation, Pennsylvania State University at State College.
- Delmerico, Jeffrey, Stefano Mintchev, Alessandro Giusti, Boris Gromov, Kamilo Melo, Tomislav Horvat et al. (2019): The Current State and Future Outlook of Rescue Robotics, in: *J. Field Robotics* 36 (7), 1171-1191.
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2023): Fortschreibung des Bevölkerungsstandes, https://www.destatis.de/DE/Methoden/Qualitaet/Qualitaetsberichte/Bevoelkerung/bevoelkerungsfortschreibung-2021.pdf?__blob=publicationFile [15.05.2024].

- Deutscher Städtetag Berlin und Köln (2021): Nachhaltige Personalgewinnung für die Feuerwehren. Positionspapier des Deutschen Städtetages Berlin und Köln, <https://www.staedtetag.de/positionen/positionspapiere/2021/nachhaltige-personalgewinnung-feuerwehren> [15.05.2024].
- DFV – Deutscher Feuerwehr Verband (2020): Statistik des Deutschen Feuerwehr Verbandes.
- DWD – Deutscher Wetterdienst & Extremwetterkongress Hamburg (Hrsg.) (2022): *Was wir 2022 über das Extremwetter in Deutschland wissen. Stand der Wissenschaft zu extremen Wetterphänomenen im Klimawandel in Deutschland*, https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle_meldungen/220928/Faktenpapier-Extremwetterkongress.html [15.05.2024].
- Eichler, Toni (2016): Bericht zur repräsentativen Befragung "Meinungen und Einstellungen der Bevölkerung in Nordrhein-Westfalen zur Feuerwehr", Institut für Medienforschung, Universität Siegen.
- Gazzale, Laurie (2019): Motivational Implications Leading to the Continued Commitment of Volunteer Firefighters, in: *International Journal of Emergency Services* 8 (2), 205-220.
- Gräfling, Wilfried (2011): Demografischer Wandel – und nun?, in: *BRANDSchutz – Deutsche Feuerwehr-Zeitung* (5), 335.
- Höhn, Charlotte, Ralf Mai & Frank Micheel (2008): Demographic Change in Germany, in: Ingrid Hamm, Helmut Seitz & Martin Werding (Hrsg.), *Demographic Change in Germany*, Berlin: Springer, 9-33.
- Innenministerium NRW (2017): Kampagne: Freiwillige Feuerwehr - Für mich. Für alle, <https://www.im.nrw/themen/verkehr/brand-und-katastrophenschutz/kampagne-fuer-mich-fuer-alle> [31.07.2023].
- Kothapalli, Saileela & Thiruchanuru Swetha (2018): Capturing the Nature of Generations at Workplace, in: *International Journal of Advance Research and Development* 2 (11), 95-106.
- Landesfeuerwehrverband Bayern e.V. (2020): Bekanntgabe der Ergebnisse zur Umfrage bei den Feuerwehrleuten und Kommandanten, <https://www.lfv-bayern.de/aktuelles/bekanntgabe-der-ergebnisse-zur-umfrage-bei-den-feuerwehrleuten-und-kommandanten/> [31.07.2023].
- Lantz, Emelie & Marcus Runefors (2021): Recruitment, Retention and Resignation among Non-Career Firefighters, in: *International Journal of Emergency Services* 10 (1), 26-39.
- Mahmoud, Ali B., Leonora Fuxman, Iris Mohr, William D. Reisel & Nicholas Grigoriou (2021): "We aren't your reincarnation!" Workplace Motivation across X, Y and Z Generations, in: *International Journal of Manpower* 42 (1), 193-209.
- Mangelsdorf, Martina (2019): *Von Babyboomer bis Generation Z. Der richtige Umgang mit unterschiedlichen Generationen im Unternehmen*, 3. Auflage, Offenbach: GABAL (Whitebooks).
- McLennan, Jim, Adrian Birch, Sean Cowlshaw & Peter J. Hayes (2009): Maintaining Volunteer Firefighter Numbers: Adding Value to the Retention Coin, in: *Australian Journal of Emergency Management* 24 (2), 40-47.

- Racolța-Paina, Nicoleta D. & Radu D. Irini (2021): Generation Z in the Workplace through the Lenses of Human Resource Professionals – A Qualitative Study, in: *Quality - Access to Success* 22 (183), 78-85.
- Schinkels, Pauline (2023, 19. August): Robotik für die Feuerwehr: Wenn Wall-E Wasser wirft, in: *ZEIT ONLINE*, <https://www.zeit.de/digital/2023-08/robotik-feuerwehr-waldbraende-klimakrise-munition-drohnen> [07.05.2024].
- Sidorcuka, Irina & Anna Chesnovicka (2017): Methods of Attraction and Retention of Generation Z Staff, in: *CBU International Conference Proceedings* 5, 807-814.
- Sieber, Florian, Regina Kotulla, Bert Urban, Stefan Groß & Stephan Prückner (2020): Entwicklung der Frequenz und des Spektrums von Rettungsdienstesinsätzen in Deutschland, in: *Notfall + Rettungsmedizin* 23, 490–496.
- Smith, Melanie R. (2014): Retention of Firefighters in Volunteer Fire Departments in Suburban Nebraska, Dissertation, Capella University, Minneapolis.
- Tagesschau (2009, 11. September): Viele Einsätze, wenig Personal: Feuerwehren am Limit?, <https://www.tagesschau.de/inland/feuerwehren-einsaetze-101.html> [31.07.2023].
- Voelpel, Sven (2007): *Herausforderung 50 plus. Konzepte zum Management der Aging Workforce - Die Antwort auf das demographische Dilemma*, Online-Ausg., Hoboken: Wiley (EBL-Schweitzer).
- Wenzel, David, Irmtraud Beerlage & Silke Springer (2012): *Motivation und Haltekraft im Ehrenamt. Die Bedeutung von Organisationsmerkmalen für Engagement, Wohlbefinden und Verbleib in Freiwilliger Feuerwehr und THW*, Soziologische Studien 39, Freiburg: Centaurus Verlag & Media UG.
- Wolf, Jochen (2019): Tagesalarmverfügbarkeit. Facharbeit, Waiblingen.
- Wunderlin, Nikolas (2021): *Motivationsmodell GenZ. Motivation der Generation Z in der Arbeitswelt*, 1. Auflage, Lörrach: WME - know and learn.

[Link zum Vortrag](#)

<https://thga.sciebo.de/s/sLkoXELpxgvkeQj>

Tage der Sicherheitsforschung

Tag 3: 16. Juni 2023

Session: Umwelt und Hygiene

Wetterbedingte Gefahrenlagen: Extreme Daten in der Lageerkundung und -visualisierung

Iris Gräßler⁽¹⁾, Jens Pottebaum⁽¹⁾, Michael Hieb⁽¹⁾, Sylvia Pratzler-Wanczura⁽²⁾,
Oliver Krüger⁽²⁾, Ivana Kruijff⁽³⁾ und Nicola Rupp⁽³⁾

(1) Universität Paderborn

(2) Feuerwehr Dortmund Institut für Feuerwehr- und Rettungstechnologie

(3) Deutsches Rettungsrobotik-Zentrum

Abstract

Extreme Wetterereignisse führen zunehmend zu Gefahrensituationen mit hohen Anforderungen an Entscheidungsfindung und Kommunikation. Wetter- und Auswirkungsprognosen dienen der Vorbereitung auf eine solche Notsituation, und Extremdaten müssen im Einsatz verarbeitet werden. Daher werden extreme Daten unter Bezugnahme auf globale Wetterdaten und Daten aus der lokalen Lageaufklärung mittels Sensoren, die von mobilen Robotern getragen werden, kategorisiert. Es wird ein Konzept vorgestellt, in dem die Informationsqualität bei der Visualisierung für die Situationserkennung explizit berücksichtigt wird. Es erweitert bestehende Prinzipien der Informationsvisualisierung im Hinblick auf die aus Extremdaten resultierende Unsicherheit. Dieses Konzept ist ein erster Beitrag zu dem im Rahmen des CREXDATA-Projekts entwickelten System, das Entscheidungsträgern auf verschiedenen Führungsebenen helfen soll, fundierte Entscheidungen unter expliziter Berücksichtigung der enthaltenen Unsicherheiten zu treffen.

Einleitung

Der Klimawandel macht sich unter anderem durch verändertes Wetter und zunehmende Extremwetterlagen bemerkbar, wie sie in Westeuropa im Jahr 2021 auftreten (Bundesministerium des Innern und für Heimat und Bundesministerium der Finanzen 2021). Der Begriff "Extremwetter" sollte nicht als absoluter Begriff verstanden werden, sondern im Sinne von "Wetter mit potenziell extremen Auswirkungen". Daher ist einerseits eine langfristige Vorbereitung und Prävention erforderlich (siehe z. B. Rauthe et al. 2020). Andererseits muss die Reaktion in einer akuten Situation unterstützt werden, die als eine sich im Laufe der Zeit entwickelnde Notfallsituation behandelt werden muss. Daraus ergeben sich hohe Anforderungen an Entscheidungsfindung und Kommunikation (Terti et al. 2019) sowie an den Selbstschutz der Bevölkerung (Gräßler et al. 2018). Wettervorhersagen und Folgenabschätzungen dienen der Vorbereitung auf eine solche Gefahrensituation (siehe z.B. Sutanto et al. 2019). In diesem Artikel werden extreme Daten kategorisiert, wobei insbesondere die Unterscheidung von globalen und lokalen Daten im Situationsbewusstsein berücksichtigt wird, einschließlich Daten von Sensoren, die von mobilen

Robotern getragen werden. Dazu werden zunächst die Grundlagen erarbeitet und anwendungsbezogen dargestellt. Interdependenzen hinsichtlich der Informationsqualität werden abgeleitet und in Anforderungen an die Situationsvisualisierung übertragen. Auf diese Weise werden die bestehenden Grundlagen der Informationsvisualisierung im Hinblick auf die aus Extremdaten resultierende Unsicherheit

Hintergrund und Stand der Technik

Im Katastrophenschutz kommen verschiedene Arten von Sensorsystemen zum Einsatz. Zum einen werden stationäre und mobile Sensorsysteme eingesetzt, die lokal begrenzte Daten sammeln. Beispiele sind Wetterstationen und Flusspegel, aber auch luft- und bodengestützte Robotersysteme in Form von unbemannten Luft- und Bodenfahrzeugen (UAV/UGV, siehe Abbildung 1). Diese Sensorsysteme werden zur Erfassung verschiedener Arten von Daten eingesetzt. Im Fall von Wetterstationen handelt es sich um Zeitreihen von verschiedenen Sensoren. Im Falle von UAV und UGV ist eine höhere Varianz möglich, indem die Roboter mit Sensoren ausgestattet werden (Kruijff-Korbayova et al. 2021). Im Hinblick auf optimale Flugeigenschaften und maximale Ausnutzung der Nutzlast operieren UAVs häufig mit integrierten Systemen, die beispielsweise Videostreams (H-264, MPEG-4) und Fotodaten liefern. Neben der Standardausrüstung sind auch konfigurierbare Systeme erhältlich, die z. B. Wärmebildkameras, Laserscanner und Gefahrstoffsensoren umfassen. Auf Roboterplattformen ist teilweise eine Vorverarbeitung der Datenströme möglich, so dass Zeitreihen oder Punktwolken in Datenformaten wie GeoTIFF, obj oder ply gesendet werden. Die Daten beziehen sich teilweise auf die aktuelle Situation in hoher Auflösung, wobei Latenzen in der Kommunikation zu berücksichtigen sind. Bei bewegten Sensorsystemen können Daten von der Roboterplattform selbst einbezogen werden, die z.B. Position, Orientierung, Gelenkwinkel oder Beschleunigung beschreiben (Inertiale Messeinheiten/IMUs, Odometrie) und die Messdaten um Kontextmetadaten erweitern. Alle Systeme übermitteln Daten mit Zeitstempeln. Die Synchronisierung zur Bestimmung eines gemeinsamen "Jetzt" ist jedoch eine technisch anspruchsvoll und kann bei Berechnungen entscheidend sein.

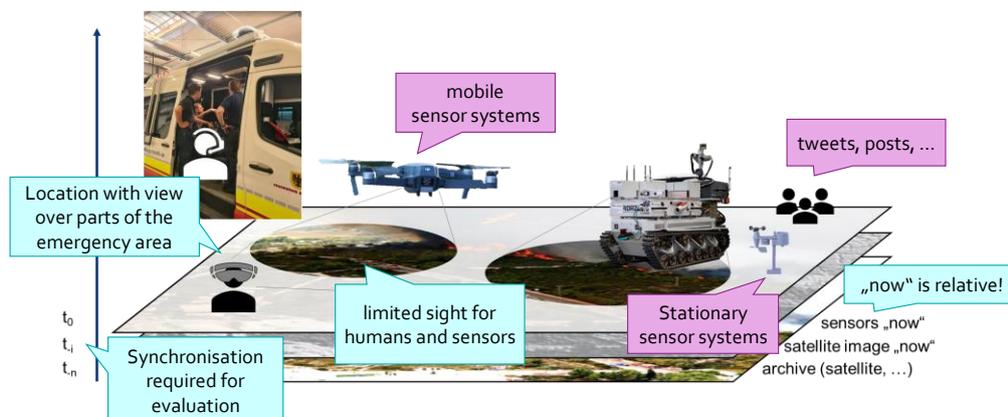


Abbildung 1: Erfassung lokaler Daten, zum Beispiel durch unbemannte Luft- und Bodenfahrzeuge (UAV/UGV).

Als zweite Kategorie von Datenquellen sind Datendienste von Wetterdiensten im Verlauf von Extremwetterereignissen relevant, die Daten in einem globalen Kontext bereitstellen. Die verfügbaren Daten sind sowohl in der räumlichen als auch in der zeitlichen Dimension aufgelöst. Die Bezüge sind jedoch nicht einheitlich und müssen synchronisiert werden (siehe Abbildung 2). Je nach Wetterphänomen (Starkregen, Hitzewellen, Dürre, Stürme usw.) bietet die EU beispielsweise über das Copernicus Emergency Management System (EMS) satellitengestützte Daten an. Auf dieser Basis werden aktuelle Zustandsdaten und Prognosen mit Wahrscheinlichkeiten berechnet (Abily et al. 2020). Diese liegen in Frequenzen von wenigen Minuten bis zu Stunden vor, beziehen sich auf zukünftige Zeiträume von Minuten (Niederschlag) bis zu Monaten (Dürre) und sind in Meter- bis Kilometerbereichen aufgelöst. In der Abbildung 2 sind diese Dimensionen in Schichten dargestellt. Teile der EMS-Dienste sind kontinuierlich verfügbar, andere werden in einer Gefahrensituation aktiviert und bereitgestellt. Wettermodelle sind zunächst auf Wetterphänomene bezogen. In Bezug auf Hochwassersituationen unterstützt das European Flood Awareness System (EFAS), im Hinblick auf Waldbränden das European Forest Fire Information System (EFFIS) und in Bezug auf Bodentrockenheit ist das European Drought Observatory (EDO) zu Rate zu ziehen. Die Daten sind in der Regel in Form von geobasierten Rasterdaten verfügbar.

Die Kombination führt zu extremen Daten in Bezug auf zeitliche und räumliche Auflösung, Blickfeld, Abtastfrequenz und -geschwindigkeit, Heterogenität der Datenformate, mögliche Fehlerquellen und Störsignale. Die Datenmenge kann eine Herausforderung darstellen, ist aber nur ein möglicher Faktor. Deshalb wird hier der Begriff "Big Data" zugunsten von "Extremdaten" vermieden.

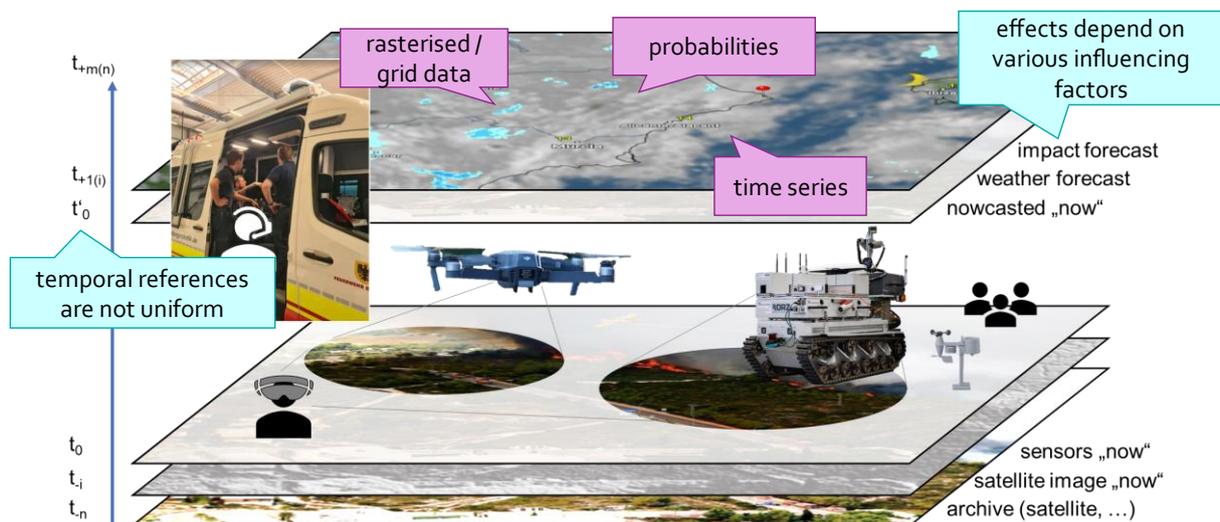


Abbildung 2: Berücksichtigung globaler Daten, beispielsweise bereitgestellt von nationalen und europäischen Wetterdiensten

Konzept der Darstellung von Unsicherheiten durch Informationsverlust

Entscheidungsträger des Sicherheitsmanagements müssen auf allen Ebenen in die Lage sein, aus diesen Daten Schlüsse zu ziehen. Bei lokalen Daten aus Sensorsystemen ergibt sich die Eigenschaft als Extremdaten z.B. aus dem begrenzten Sichtfenster der Sensoren das erfasst werden muss, diffusen Umgebungen mit Licht- und Luftverhältnissen, der Güte der Vorverarbeitungsalgorithmen und den vorgeschriebenen Kommunikationswegen. Globale Daten können über das Internet bezogen werden. Die Vorhersagen sind zeit- und raumbezogen mit Wahrscheinlichkeiten. Die Verfügbarkeit ist durch lizenzrechtliche Beschränkungen begrenzt und wird teilweise von privaten Akteuren kontrolliert, sodass nicht alle Akteure auf einer gemeinsamen Datenbasis agieren können.

Es muss daher immer von Unsicherheit ausgegangen werden. Sie kann in Form der Informationsqualität (IQ) dargestellt werden. Abbildung 3 zeigt eine Draufsicht, die geobasierte Ereignisse, die im Datenstrom erkannt werden, visualisiert. Sie zeigt konzeptionell, wie Informationen durch ein Geoinformationssystem dargestellt werden: Weisen beispielsweise detektierte Daten auf eine Veränderung der zu erwartenden Waldbrandfront hin, muss der Einsatz von Ressourcen einschließlich Sensorsystemen zur Datenerfassung - z. B. UAVs - neu geplant werden. Die Ereigniserkennung ist ein Beispiel für Algorithmen, die Daten verarbeiten und daraus Entscheidungshilfen ableiten. Ein weiteres Beispiel sind Routenplaner, die auf maschinellem Lernen basieren.

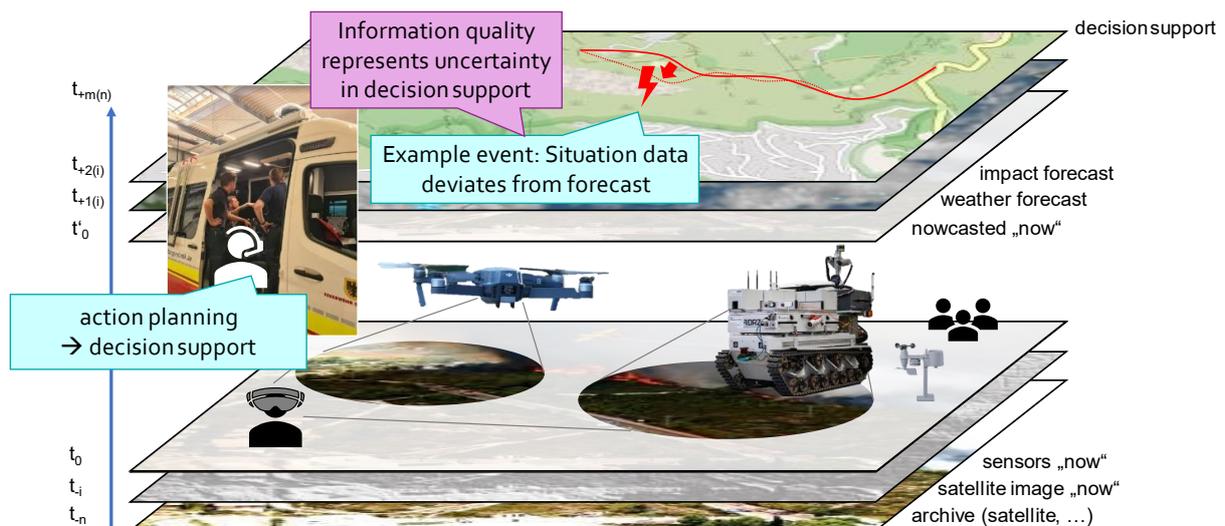


Abbildung 3: Beispielszenario: Entscheidungsunterstützung basierend auf globalen und lokalen Daten (map sam-ple: OpenStreetMap)

Die Bewertung der IQ basiert auf dem Modell von Eppler (2006, vgl. Pottebaum und Gräßler 2020; Moi et al. 2015). Es resultiert aus einer literaturbasierten Synthese verschiedener Listen von Dimensionen, Kriterien und Indikatoren. Diese werden unter den folgenden Gestaltungsdimensionen zusammengefasst:

- Zuordnung zu Phasen der Informationsverarbeitung von der Erfassung, Verifizierung, Kontextualisierung bis zur Aktivierung (vgl. Aktivitäten der Aufklärung durch Akteure der Gefahrenabwehr)

- Aufteilung in Inhalte und Medien (der Inhalt wird primär durch Relevanz und Glaubwürdigkeit geprägt, das Medium umfasst Prozess und Infrastruktur)
- Differenzierung in Inhalts-, Format- und Zeitdimension

Diese Klassifikation wird vor allem deshalb gewählt, weil sie den Fokus auf die Nutzung von Daten und Informationen legt (Pottebaum und Gräßler 2020). Die Genauigkeit eines Datums geht zum Beispiel in die Relevanz ein, muss in der Überprüfungsphase berücksichtigt werden und fällt in die Inhaltsdimension. Die Aktualität ist ein Kriterium, das zur Beurteilung der Glaubwürdigkeit beiträgt. Sie ist zum Zeitpunkt der Aktivierung relevant und fällt in die Zeitdimension. Die Zugänglichkeit ist mit der Infrastruktur (möglicherweise softwarebezogen) verbunden, sie ist in der Erhebungsphase wichtig und gehört zur Formatdimension.

Je nach Art der Unsicherheit - ausgedrückt durch eine Schwäche im IQ-Bereich - müssen die Entscheidungsträger verschiedene Gegenmaßnahmen einleiten oder sie bei der Entscheidung einbeziehen, beispielsweise durch einen "Plan B". Zum Beispiel können Experten hinzugezogen werden, um inhaltliche Schwächen zu beheben oder die Glaubwürdigkeit sicherzustellen. Die Auswirkungen einer geringen Genauigkeit können gegebenenfalls durch Sensitivitätsanalysen bewertet werden. Wenn Datendienste nicht zugänglich sind, kann ein Vergleich mit ähnlichen Situationen helfen, eine akute Situation zumindest zu klassifizieren. Abbildung 4 veranschaulicht dieses Konzept anhand zweier unterschiedlicher Visualisierungsansätze.

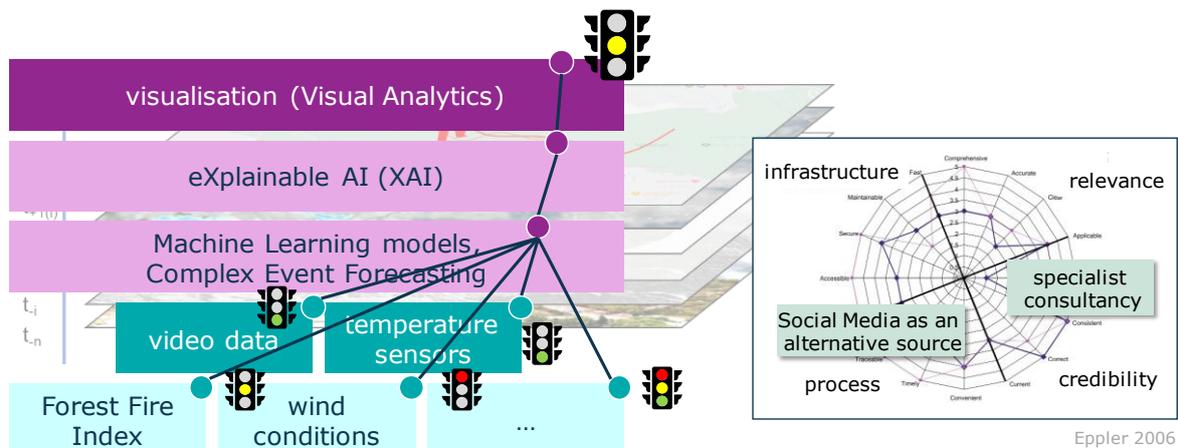


Abbildung 4: Ebenen der Informationsverarbeitung in CREXDATA mit Visualisierung der IQ (based on Eppler 2006)

Zunächst werden die Verarbeitungsebenen von den Daten am unteren Ende bis zu den visualisierten Informationen am oberen Ende des Stapels gezeigt, wie sie im CREXDATA-Projekt aufgebaut sind. Die Vision von CREXDATA ist die Entwicklung einer generischen Plattform für das Echtzeit-Krisenmanagement, einschließlich flexibler Aktionsplanung und agiler Entscheidungsfindung über Daten von extremem Umfang und Komplexität. Das Projekt wird von 14 Partnern von Januar 2023 bis Dezember 2025 durchgeführt. Temperaturen, Videos, der Waldbrandindex und die Windverhältnisse werden als Beispiele für Daten im unteren Bereich genannt. Diese werden mit Methoden wie der Klassifizierung durch trainierte Machine-Learning-Modelle oder Complex Event Forecasting (vgl. Pottebaum et al. 2012) verarbeitet. Eine "Erklärbarkeitsschicht"

im Sinne von eXplainable AI (XAI) fügt Informationen hinzu, um die Ergebnisse dieser Verarbeitung mit zusätzlicher, für Menschen verständlicher Information anzureichern. Dies schafft die Grundlage für die Anwendung von Visualisierungsansätzen. Links wird ein einfaches Ampelsystem gezeigt, das verwendet werden kann, um von der Visualisierung in die Tiefe der Verarbeitung zu klicken: Welche Ebene und welcher Punkt ist der Grund für die Unsicherheit, die durch die gelbe Ampel ausgedrückt wird? In diesem Fall könnten es unbekannte Windverhältnisse sein, die eine Berechnung der Ausbreitung gefährlicher Stoffe unsicher machen. Rechts ist eine detaillierte Darstellung auf der Basis von IQ-Kriterien abgebildet (vgl. Eppler 2006). Je nach den Eigenschaften im Spinnendiagramm kann eine Empfehlung gegeben werden, welche Gegenmaßnahmen zur Verbesserung der IQ sinnvoll wären.

Implementierung in CREXDATA

Das CREXDATA-Projekt konzentriert sich auf die in den oben genannten Schichten dargestellten Algorithmen und technischen Fähigkeiten. Sie basieren auf einer effizienten Datenerfassung und umfassen die sensornahe Verarbeitung, die Extraktion von Informationen und deren Visualisierung. Die Erklärbarkeit ist eine entscheidende Schnittstelle, die in die Anwendung integriert werden sollte. Anstelle der technischen Erklärbarkeit, die durch gezielte Transparenz von Modellen geschaffen werden kann, sollen Lösungen entwickelt werden, bei denen die Entscheidungsträger eine Information als "ausreichend erklärt" wahrnehmen. Grundlage für die Anwendung im Bereich der Gefahrenabwehr bildet zum einen die Rettungsrobotik (Kruijff-Korbayova et al. 2021) und zum anderen das ARGOS-System. ARGOS ist ein Geoinformations- und Entscheidungsunterstützungssystem, das auf der Basis von Ergebnissen aus dem EU-Projekt ANYWHERE entwickelt wurde (siehe Abbildung 5, vgl. Abily et al. 2020 und van Lanen et al. 2019). ARGOS wird an verschiedenen Standorten und auf verschiedenen Ebenen des Katastrophenschutzes eingesetzt. Zu den Nutzern gehören der zentrale Katastrophenschutz in Spanien, der regionale in Katalonien und in Städten wie Badalona, aber auch in öffentlich oder privat betriebenen Einrichtungen wie der Wasserwirtschaft oder dem Management von Hochwasser-Evakuierungsplänen auf Campingplätzen. Somit steht eine funktionale Basis zur Verfügung, um die beschriebenen Konzepte in Anwendungsszenarien zu implementieren und zu testen.

Zusammenfassung

CREXDATA experimentiert mit verschiedenen Technologien von maschinellem Lernen und komplexer Ereigniserkennung bis hin zu komplexer Ereignisvorhersage, XAI und Visual Analytics bis hin zur Visualisierung. Ausgangspunkt sind "extreme Daten", die in diesem Fall lokale Sensordaten mit unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Auflösungen sowie globale Daten, zum Beispiel von Wetterdiensten, umfassen. Interdependenzen im Sinne der Informationsqualität sollen in die Situationsvisualisierung integriert werden und die Interpretation unterstützen. Damit werden die bestehenden Grundlagen der Informationsvisualisierung im Hinblick auf das Wissen um die Unsicherheit in Extremdaten erweitert. Die Ergebnisse können in allen Formen von gebasierten Lage- und Befehlsinformationssystemen verwendet werden.

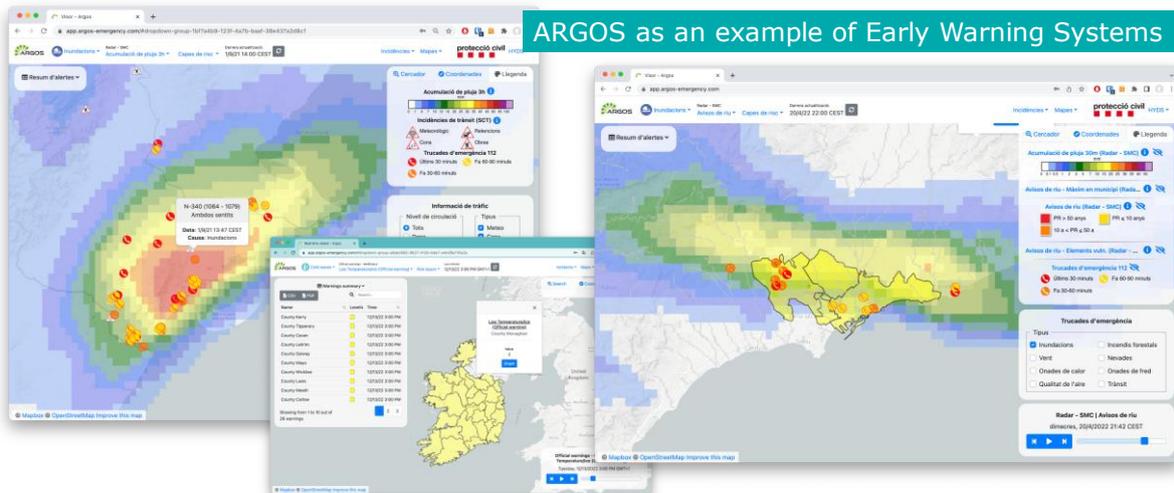


Abbildung 5: ARGOS als eines wetterbezogenen Entscheidungsunterstützungssystems (source: HYDS, <https://www.hyds.es/>)

Danksagung

Die Forschung, die zu diesen Ergebnissen geführt hat, wurde durch das Horizon Europe Programm der Europäischen Union im Rahmen des CREXDATA-Projekts, Grant Agreement Nr. 101092749, gefördert.

Literatur

- Abily, Morgan, Philippe Gourbesville, Eurico de Carvalho Filho, Xavier Llord, Nicolas Reborá, Alexandre Sanchez & Daniel Sempere-Torres (2020): Anywhere: Enhancing Emergency Management and Response to Extreme Weather and Climate Events, in: Guy Caignaert, Jean Cnge, Philippe Gourbesville (Hrsg.), *Advances in Hydroinformatics*, Singapore: Springer Water, 29 – 37, http://dx.doi.org/10.1007/978-981-15-5436-0_3.
- Bundesministerium des Innern und für Heimat, Bundesministerium der Finanzen (2021) Bericht zur Hochwasserkatastrophe 2021: Katastrophenhilfe, Wiederaufbau und Evaluierungsprozesse, https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/2022/abschlussbericht-hochwasserkatastrophe.pdf?__blob=publicationFile&v=1 [31.03.2023].
- Rauthe, Monika, Christoph Brendel, Martin Helms, Anne-Farina Lohrengel, Lennart Meine, Enno Nilson, Maike Norpoth et al. (2020): Klimawirkungsanalyse des Bundesverkehrssystems im Kontext Hochwasser: Schlussbericht des Schwerpunktthemas Hochwassergefahren (SP-103) im Themenfeld 1 des BMVI-Expertennetzwerks, <https://doi.bafg.de/BfG/2020/ExpNRM2020.2020.04>.
- Eppler, Marin J. (2006): *Managing Information Quality. Increasing the Value of Information in Knowledge-intensive Products and Processes*. Berlin/Heidelberg: Springer, <https://doi.org/10.1007/3-540-32225-6>.

- Gräßler, Iris, Jens Pottebaum & Philipp Scholle (2018): Influence Factors for Innovation in Digital Self-Preparedness Services and Tools, in: *International Journal of Information Systems for Crisis Response and Management* 10 (1), 20 – 37, <https://doi.org/10.4018/IJISCRAM.2018010102>.
- Kruijff-Korbayova, Ivana, Robert Grafe, Nils Heidemann, Alexander Berrang, Cai Hussung, Christian Wilms, Peter Fettke et al. (2021): German Rescue Robotics Center (DRZ): A Holistic Approach for Robotic Systems Assisting in Emergency Response, in: *Proceedings of the 2021 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR)*, 138 – 145, <https://doi.org/10.1109/SSRR53300.2021.9597869>.
- Moi, Matthias, Therese Friberg, Robin Marterer, Christian Reuter, Thomas Ludwig, Deboarh Markham, Mike Hewlett et al. (2015): Strategy for Processing and Analyzing Social Media Data Streams in Emergencies, in: *Proceedings of the 2nd International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM)*, 42 – 48, <https://doi.org/10.1109/ICT-DM.2015.7402055>
- Pottebaum, Jens & Iris Gräßler (2020): Informationsqualität in der Produktentwicklung: Modellbasiertes Systems Engineering mit expliziter Berücksichtigung von Unsicherheit, in: *Konstruktion* 72 (11-12), 76 – 83.
- Pottebaum, Jens, Alexander Artikis, Robin Marterer & George Paliouras (2012): User-Oriented Evaluation of Event-Based Decision Support Systems, in: *Proceedings of the IEEE 24th International Conference on Tools with Artificial Intelligence. IEEE Computer Society*, 162 – 169, <https://doi.org/10.1109/ICTAI.2012.30>.
- Sutanto, Samuel J., Melati van der Weert, Niko Wanders, Veit Blauhut & Henny A.J. van Lanen (2019): Moving from drought hazard to impact forecasts, in: *Nature Communications* 10, 4945, <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12840-z>.
- Terti, Galateia, Isabelle Ruin, Milan Kalas, Ilona Láng, Arnau Cangròs i Alonso, Tommaso Sabbatini & Valerio Lorini (2019): ANYCaRE: A Role-Playing Game to Investigate Crisis Decision-Making and Communication Challenges in Weather-Related Hazards, in: *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 19 (3), 507 – 533, <https://doi.org/10.5194/nhess-19-507-2019>.
- Van Lanen, Henny A.J., Claudia Vitolo, Claudia Di Napoli, Samuel Sutanto, Mirko D'Andrea, Tuomo Bergman, Enrico Duo et al. (2019): A pan-European multi-hazard early warning system: ANYWHERE MH-EWS, in: *Geophysical Research Abstracts* 21.

[Link zum Vortrag](#)

<https://thga.sciebo.de/s/owD5HK2qhvbuLgq>

Retten, Löschen, Bergen, (Umwelt) Schützen – Die Nachsorge im Bereich der Feuerwehr gewinnt zunehmend an Bedeutung

Bernhard Glittenberg

privat

Abstract

Die zunehmende Anzahl an Plastik und Verbundstoffen im privaten Haushalten führt zu einer Steigerung potentiell gefährlicher Substanzen im Brandfall. Löschwasser löst aus Rauchgasen giftige, krebserregende und umweltschädliche Stoffe heraus. Das Löschwasser gelangt in Böden, in das Oberflächen- oder Grundwasser und in die öffentliche Kanalisation. Unterschiedlichste Gesetzgebungen regeln im Allgemeinen und damit ohne direkten Bezug zu Löschwasser den Umgang mit belasteten Wässern unter Verweis auf Grenzwerte. Die Studie untersucht die Umweltgefährdung eines Löschwassers in Bezug auf gesetzliche Regelungen. Das Löschwasser überschreitet Grenzwerte für mehr als 80% der erfassten Parameter und stellt somit eine Gefahr für Böden, Grund- und Oberflächenwasser dar. Die Grenzwerte für die Einleitung in die öffentliche Kanalisation wurden dabei zu 90 % eingehalten. Im nächsten Schritt soll die Belastung von Böden durch Löschwasser geprüft werden.

Rechtlicher Rahmen, Leitlinien und Handlungsempfehlungen

Am 14.10.1992 trat die Löschwasserrückhalterichtlinie (LÖRÜRL) in NRW in Kraft. Diese regelte erstmals den Umgang mit Löschwasser in einer verbindlichen Richtlinie. In der Richtlinie wurde die Aufnahmekapazität der Löschwasserrückhaltevorrichtungen geregelt, sowie bei welchen Lagerplätzen und unter welchen Bedingungen eine Löschwasserrückhaltung stattzufinden hat. Ausschlaggebend war der Anteil an Wassergefährlichen Stoffen innerhalb der Lagerstätte. Ziel der LÖRÜRL war der Besorgnisgrundsatzes des Wasserrechts gem. § 19 g Abs. 1 WHG und der damit verbundene Schutz des Wassers. Die Richtlinie ergänzte die Bauordnung (BauO) und das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG). Weiterhin wurde eine Änderung diverser Regelungen wie z.B. TRGS 514 (09/1987), der TRbF 100 (03/1989) und Leitlinien der VdS, VCI und IPS vorgenommen. Die LÖRÜRL schloss Anlagen, in denen mit wassergefährlichen Stoffen gearbeitet, aber nicht gelagert wurde, aus und wurde am 01.01.2020 vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) als veraltet definiert und „außer Kraft“ gesetzt (LÖRÜRL 2003). Weitere Verweise in anderen Vorgaben blieben bestehen.

Als Ergänzung der LÖRÜRl trat im März 2004 die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS) in Kraft. In dieser Verordnung wurde der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen erstmals in Anlagen und Fachbetrieben geregelt. Geregelt wurde z.B. in § 10 VAwS die Rückhaltung in Abwasseranlagen bei Leckagen oder Betriebsstörungen. Eine Löschwasserrückhaltung wurde im Rahmen dieser Verordnung nicht aufgenommen (VAwS 2003).

Die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen trat im April 2017 in Kraft und wurde mit der Novelle im Juni 2020 geändert. Diese löste die zuvor gültige VAwS ab und regelte zum ersten Mal auch die Löschwasserrückhaltung in allen Anlagen. Anlagen müssen so geplant, errichtet und betrieben werden, dass die bei Brandereignissen austretenden wassergefährdenden Stoffe, Lösch-, Berieselungs- und Kühlwasser sowie die entstehenden Verbrennungsprodukte mit wassergefährdenden Eigenschaften nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zurückgehalten werden (§ 20 AwSV 2020).

Konkretisierungen der Löschwasserrückhaltung auf Grundlage der AwSV erfolgte z.B. durch den VCI-Leitfaden „Löschwasserrückhaltung“ aus Juli 2017. In diesem wird nach einer Risikoermittlung löschwasserrückhaltende Maßnahmen festgelegt und das quantitative Rückhaltevolumen bemessen. Für die Lagerung von wassergefährdenden Stoffen verweist der Leitfaden auf die LÖRÜRl. Grundlage für die Bemessung ist u.a. die Gebäude- bzw. Anlageart und deren Nutzung, die Eintrittswahrscheinlichkeit, das Schadens- und Gefährdungspotenzial, sowie die vorhandene Infrastruktur (VCI 2017).

Die genannten Vorschriften, Leitfäden, Gesetze und Verordnungen beziehen sich auf Maßnahmen im Rahmen von Genehmigungen auf Anlagen und Lagerplätzen. Eine Löschwasserrückhaltung im häuslichen bzw. privaten Bereich ist nicht vorgesehen.

Weitere Hinweise zum Umgang mit Löschwasser finden sich in der Feuerwehrdienstvorschriften (FwDV) 500 „Einheiten im ABC-Einsatz“ aus Januar 2022. ABC-Gefahren im Rahmen der FwDV 500 sind atomare, bestehend aus radiologische und nukleare, biologische und chemische Gefahren. Die Dienstvorschrift soll Einsatzkräfte der Feuerwehr befähigen, diese Gefahren zu erkennen und entgegenzuwirken. Bei dem Verdacht eines kontaminierten Löschwassers mit ABC-Gefahrstoffen müssen gem. Pkt. 1.5.3.4 Maßnahmen zur Verhinderung der Ausbreitung getroffen werden. Im Rahmen der FwDV 500 wird im Allgemeinen von Löschwasser-Rückhaltung oder von Rückhalteeinrichtungen gesprochen (Feuerwehr-Dienstvorschrift 500 2022).

Durch die Analytische Task Force (ATF) der Feuerwehr Köln wurden eine Matrix zur Einschätzung von Löschwasser und eine Prozessbeschreibung zur Analyse von Löschwasser entwickelt. In dieser wird der mögliche Ablauf der Untersuchungen im „Abrollbehälter Analytik“ beschrieben. Im Rahmen dieser Untersuchung ist eine Löschwasserrückhaltung bei Nachweis von unterschiedlichen Substanzen bei Überschreitung bestimmter Konzentrationen erforderlich. Diese sind unter anderem hochtoxische Substanzen (sofern bekannt), Phenole, Nitroverbindungen, einfache aliphatische und aromatische Bestandteile, sowie Schwermetalle. Bei einer dreifachen elektrischen Leitfähigkeit des Löschwassers zum eingesetzten Wasser, soll nach der Bestimmung von Nitrit, Nitrat, Sulfat und Phosphat eine Bewertung durch den Vertreter des Abwasserverbandes erfolgen (Beßlich 2023/1).

Problemstellung

Die Verwendung von vielen unterschiedlichen Polymeren, Chemikalien und Verbundstoffen im privaten Bereich entsteht bei der vollständigen und unvollständigen Verbrennung ein toxischer Rauchcocktail. Bestandteile, wie zum Beispiel Chlor-, Schwefel-, Stickstoff-, Phosphorverbindungen und Kohlenwasserstoffe, die aufgrund der hohen Temperaturen und der unterschiedlichen Sauerstoffkonzentration reagieren, werden freigesetzt. Dieser Rauch wird beim Löschen mit dem zumeist eingesetzten Löschwasser niedergeschlagen. Hierbei werden auch toxische Verbindungen im Wasser gelöst und Partikel, an denen Schadstoffe adsorbiert wurden, fortgeschwemmt. Toxische, ätzende und gesundheitsschädliche Verbindungen sind unter anderem anorganische Säuren, polychlorierte Biphenyle (PCB), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) oder organische Halogenverbindungen. (vfdb 1997 und Bayrisches Landesamt für Umwelt 2011).

Diese Verbindungen gelangen mit dem Löschwasser in das nahe gelegene Umfeld des Brandobjektes. Das Wasser dringt in Böden im heimischen Garten, auf das benachbarte Grundstück oder in die Kanalisation ein. Bei einem Scheunenbrand versickert das Wasser auf dem Feld. Bei den genannten Bränden findet keine Verordnung, Richtlinie oder Gesetz zur Löschwasserrückhaltung Anwendung. Die Löschwasserrückhaltung obliegt dem Einsatzleiter. Dieser ist angehalten bei der Verwendung von Löschzusätzen eine Löschwasserrückhaltung einzuplanen. Der Einsatz von Löschzusätzen findet in der Regel nicht in der Vollbrand-Phase eines Brandes statt.

Im ersten Schritt soll der Beitrag im Rahmen einer Dissertation klären, wie die Zusammensetzung eines Löschwassers aus Wohnungs- und Dachstuhlbränden ist und ob die enthaltenen Schadstoffe das Potenzial haben, die Umwelt, speziell den Boden, zu schädigen und ins Grundwasser zu gelangen.

Bei einer anschließenden Brandsanierung liegt der Schwerpunkt in der Regel auf der Instandsetzung von beschädigten Gebäuden und Räumen. Doch es findet keine Routineprüfung der Umgebung des Schadensobjektes statt.

Im weiteren Verlauf der Arbeit soll die tatsächliche Belastung von betroffenen Böden geprüft werden. Dabei soll auch geklärt werden, ob der Eintrag durch das Löschwasser in den Boden eine Überschreitung der Grenzwerte der Bundesbodenschutzverordnung mit Stand vom 01.08.2023 verursacht.

Untersuchungsmethodik

Für die Untersuchung von Löschwasser wurden im Vorfeld mögliche Inhaltsstoffe definiert. Dieses erfolgte auf Grundlage der gültigen Verordnungen, Satzungen und Richtlinien:

- Oberflächengewässerverordnung (OGewV) ; Stand 09.12.2020
- Selbstüberwachungsverordnung (SüwV-kom) ; Stand 25.05.2004
- Abwasserverordnung (AbwV) ; Stand 20.01.2022
- Mantelverordnung (MantelVO) ; Stand 01.08.2023
- Landesarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) ; LAGA M20 Stand 06.11.2003
- Örtliche Entwässerungssatzungen

Um eine Grundbelastung des gebrauchten Löschwassers durch den Einfluss des Fahrzeugs und die Materialien zu quantifizieren und unter Umständen zu berücksichtigen wurde im Vorfeld von 16 Fahrzeugen aus den Baujahren 1996 bis 2021 Wasserproben aus dem Fahrzeugtank entnommen.

Die Untersuchungsparameter wurden in drei Kategorien aufgeteilt. Leit- und Summenparameter, anorganische Belastung und organische Belastung. Die Untersuchung erfolgte in einem durch die deutsche Akkreditierungsstelle zertifiziertem Labor. Anwendung fanden sowohl Internationale (ISO), Europäische (EN) und Deutsche Normen (DIN).

Tabelle 1: Parameterauflistung der Untersuchungen

Parameter	Gerät	Normen
pH-Wert, Elektr. Leitfähigkeit, Temperatur	Messelektroden	DIN EN ISO 10523 (C 5):2012-04, DIN EN 27888 (C 8):1993-11, DIN 38404-C 4:1976-12
Anionen	Ionenchromatographie (IC)	DIN EN ISO 10304-1 (D 20):2009-07
Metalle	ICP-MS	DIN EN ISO 17294-2 (E 29):2017-01
Ammonium, Cyanid, Phenol	Continuus-Flow-Analyse (CFA)	DIN EN ISO 11732 (E 23):2005-05, DIN EN ISO 14403-2 (D 3):2012-10, DIN EN ISO 14402 (H 37):1999-12
TOC, TNb	TOC	DIN EN 1484 (H 3):2019-04, DIN EN 12260 (H 34):2003-12
AOX	AOX	DIN EN ISO 9562 (H14):2005-05
BTEX, LHKW	GC-MS	DIN 38407-F 43:2014-10, DIN EN ISO 10301 (F 4):1997-08
Kohlenwasserstoffe (C ₁₀ – C ₄₀)	GC-FID	DIN EN ISO 9377-2 (H 53):2001-07
PCB	GC-ECD	DIN 38407-F3:1998-07
PAK	HPLC	DIN EN ISO 17993 (F 18):2004-03

Blindwerte

Das eingesetzte Löschwasser besteht in der Regel aus Trink-, Oberflächen- oder Zisternenwasser. Das im Sammeltank eines Fahrzeugs befindliche Löschwasser besteht zu einem Großteil aus Leitungswasser, da eine Vorratshaltung von Löschwasser aus Oberflächengewässern die Algenbildung begünstigt. Den Untersuchungen wurden demnach die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung (TVO) zu Grunde gelegt.

Baujahr- und Bauartbedingt wurden an den Fahrzeugen unterschiedliche Probenahmestellen für die Untersuchung verwendet. Bei neueren Fahrzeugen wurden die Probenahmen am Hygieneboard durchgeführt, bei älteren Fahrzeugen wurden die Probenahmen am Entwässerungsventil der Pumpe, am Seitenabgang oder direkt aus der Pumpe entnommen.

Bei den Untersuchungen der Proben wurde zum Teil erheblich erhöhte Gehalte an Eisen und Zink festgestellt. Dieses, meist in Fahrzeugen älteren Baujahres auftretende Phänomen, entsteht vermutlich durch die Alterung der Schwallwände und der Feuerlöschkreislumpumpe-Normaldruck (FPN). Einmalig trat ein hoher Gehalt an organischer Belastung aus. In diesem Falle war die Probenahmestelle unterhalb des Fahrzeuges ungeeignet und durch Fett und Öl kontaminiert.

Im Vergleich der Leit- und Summenparameter zum Leitungswasser, welches sowohl mit als auch ohne Standrohr und Zuleitung geprüft wurde, gab es keine Auffälligkeiten. Die Grenzwerte der TVO wurden, außer in den oben beschriebenen Fällen, eingehalten. Die genannten Auffälligkeiten wurden auf Grund der relativ geringen Wassermenge in den älteren Fahrzeugtanks von maximal 600L und der vorlaufenden Ausmusterung der Fahrzeuge nicht weiter berücksichtigt.

Ergebnisdarstellung Löschwasserproben

Bei der Untersuchung von 18 Löschwasserproben innerhalb eines Jahres aus dem In- und Ausland gab es große Spannweiten in den Ergebnissen (Siehe Tabelle 3). Dieses bestätigt, dass die Brandbedingung nicht identisch ist und die Zusammensetzung des Brandgutes stark schwankt.

Tabelle 2: Minimal- und Maximalwerte diverser gemessener Parameter - Auszug

Parameter	Min	Max	Parameter	Min	Max
pH-Wert	6,8	9,9	Cadmium	0,001 mg/L	0,074 mg/L
Leitfähigkeit	316 µS/cm	4400 µS/cm	Chrom	0,013 mg/L	0,800 mg/L
AOX	0,018 mg/L	13,4 mg/L	Kupfer	0,04 mg/L	1,95 mg/L
TOC	2,9 mg/L	1.300 mg/L	Nickel	0,008 mg/L	0,354 mg/L
Kohlenwasserstoffe	0,12 mg/L	12 mg/L	Blei	0,012 mg/L	1,83 mg/L
Phenol	0,02 mg/L	64 mg/L	Antimon	0,007 mg/L	0,538 mg/L

Arsen	0,005 mg/L	0,025 mg/L	Zinn	n.a. ⁸	
Kobalt	0,001 mg/L	0,040 mg/L	Selen	0,006 mg/L	0,012 mg/L
Zink	0,327 mg/L	40,0 mg/L	Chlorid	21 mg/L	600 mg/L
Fluorid	0,08 mg/L	19 mg/L	Cyanid, ges.	0,01 mg/L	0,29 mg/L
Naphthalin	130 ng/L	21,0 µg/L	Benz(a)pyren	11 ng/L	2,60 µg/L

Tabelle 3: Relative Standardabweichung und Mittelwerte diverser gemessener Parameter - Auszug

Parameter	Mittelwert	Rel. Stand.abw.	Parameter	Mittelwert	Rel. Stand.abw.
pH-Wert	7,8	10 %	Cadmium	0,013 mg/L	140 %
Leitfähigkeit	1800 µS/cm	60 %	Chrom	0,140 mg/L	150 %
AOX	1,56 mg/L	220 %	Kupfer	0,30 mg/L	150 %
TOC	250 mg/L	140 %	Nickel	0,061 mg/L	140 %
Kohlenwasser- stoffe	3,2 mg/L	110 %	Blei	0,47 mg/L	120 %
Phenol	6,9 mg/L	220 %	Antimon	0,101 mg/L	130 %
Arsen	0,013 mg/L	60 %	Zinn	n.a. ⁹	
Kobalt	0,010 mg/L	100 %	Selen	0,009 mg/L	30 %
Zink	6,39 mg/L	180 %	Chlorid	272 mg/L	70 %
Fluorid	4,0 mg/L	120 %	Cyanid, ges.	0,06 mg/L	40 %
Naphthalin	3,93 µg/L	140 %	Benz(a)pyren	0,52 µg/L	140 %

Die Grenzwerte der diversen Entwässerungssatzungen im Verhältnis zum Mittelwert aller Löschwasserproben werden bei 90% der Parameter eingehalten, bei der Abwasserverordnung (AbwV)

⁸ n.a. nicht auswertbar, Messungen durch Matrixeffekte gestört.

⁹ n.a. nicht auswertbar, Messungen durch Matrixeffekte gestört.

liegt der Anteil bei mehr als 90%. Die Grenzwerte werden in den Parametern Absetzbare Stoffe, Zink und AOX überschritten.

Die Grenzwerte der Oberflächengewässerverordnung im Verhältnis zum Mittelwert aller Löschwasserproben werden bei 88% der Parameter überschritten. Die Parameter Nitrit- und Nitrat-Stickstoff, sowie der pH-Wert wurden nicht überschritten.

Fazit und Ausblick

Die entnommenen Löschwasserproben wurden nach den Löschmaßnahmen entnommen. Die durchschnittlich eingesetzte Löschwassermenge betrug ca. 2.500L. Unter der Annahme, dass die Konzentration der Schadstoffe im Löschwasser mit fortschreitenden Löschmaßnahmen durch ein Verdünnungseffekt abnimmt, kann davon ausgegangen werden, dass die ermittelten Konzentrationen Minimalwerte darstellen.

Wie die Ergebnisse zeigen, geht von Löschwasser aus Bränden der nicht industriell genutzten Gebäude eine Gefährdung für die Umwelt aus. Bei einer Einleitung von Löschwasser aus Bränden in das öffentliche Kanalnetz kann davon ausgegangen werden, dass dieses in den meisten Fällen und bei ausreichender Verdünnung durch weiteres Wasser möglich ist. Ein Abfließen von Löschwasser in ein Oberflächengewässer sollte aber in jedem Fall verhindert werden.

Für die Betrachtung der Vorsorgewerte der einzelnen Wirkungspfade der BBodSchV lässt sich näherungsweise annehmen, dass das Löschwasser das Potential haben kann, Boden und Schutzgüter (Mensch, Grundwasser) zu schädigen. Im weiteren Verlauf der Dissertation soll nun geklärt werden, wie sich die Kontamination aus dem Löschwasser im Boden verhält. Hierzu werden Bodenproben von potentiell kontaminierten Bereichen entnommen und einer Untersuchung unterzogen. Zu berücksichtigen ist in diesem Fall die Vorbelastung des Bodens durch sonstige anthropogene Einflüsse wie z.B. der Bergbau und die Industrie. Ein weiterer Aspekt ist die Übertragung der Ergebnisse auf andere Bodentypen. Je nach Standort des Brandobjektes ist eine unterschiedliche Anreicherung im Boden aufgrund der unterschiedlichen Bodenstrukturen und physikalischen Eigenschaften zu erwarten (Scheffer et al. 2019). Anhand von Säulenversuchen mit gestochenen Bodensäulen (ungestörte Bodenstruktur) soll auch der Transport von Schadstoffen in den betroffenen Böden untersucht werden, um eine Grundwassergefährdung abzuschätzen.

Abschließend bleibt die Frage der Löschwasserrückhaltung in den o.g. Brandereignissen unter Rücksichtnahme auf die Gegebenheiten der Feuerwehren und deren Aufgaben zu klären.

Literatur

§ 20 AwSV (2020). Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV), zuletzt geändert durch Art. 256 V v. 19.6.2020 I 1328. §20, <https://www.gesetze-im-internet.de/awsv/BJNR090500017.html> [23.05.2024].

Amelung, Wulf, Hans-Peter Blume, Heiner Fleige, Rainer Horn, Ellen Kandeler, Ingrid Kögel-Knabner, Ruben Kretschmar, Karl Stahr, Berndt-Michael Wilke: *Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde*, 17. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

- Bayrisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2011): Schadstoffe bei Brandereignissen, <https://www.arguk.de/leistung/gebaeude/documents/Schadstoffe-bei-Brandereignissen.pdf> [06.06.2021].
- Beßlich, Stefan (2023): Löschwasserbeurteilung in der Gefahrenabwehr, in: BRANDSchutz 77 (1), 24- 27.
- Feuerwehr-Dienstvorschrift 500 (Januar 2022). Einheiten im ABC – Einsatz, <https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/rsh/4-relevante-vorschriften/4-5-FwDV500-2022.pdf> [23.05.2024].
- LÖRÜR – Richtlinie zur Bemessung von Löschwasser-Rückhalteanlagen beim Lagern wassergefährdender Stoffe (2003), RdErl. d. Ministeriums für Bauen und Wohnen v. 14.10.1992 – II A 5 – 190.6 (am 01.01.2003: MSWKS), https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_text_anzeigen?v_id=4820070525144953388 [23.05.2024].
- VAwS – Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (2003), zuletzt geändert durch Gesetz vom 29. April 2003 (GV. NRW. S. 254), https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_text_anzeigen?v_id=1000000000000000064 [23.05.2024].
- VCI – Verband der Chemischen Industrie e.V. (2017): VCI-Leitfaden. Löschwasserrückhaltung. Juli 2017, <https://www.vci.de/services/leitfaeden/vci-leitfaden-loeschwasserrueckhaltung.jsp> [23.05.2024].
- vfdb – Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (Hg.) (1997): Schadstoffe bei Bränden. Richtlinie 10/03, https://ditzingen.de/fileadmin/Dateien/Dateien/Feuerwehr/Downloads/Ausbildung_und_Brandbekaempfung/Brandgase.pdf [06.06.2021].

Link zum Vortrag

<https://thga.sciebo.de/s/z6EgTImRT4V1Pd1>

Die Dekontamination von PAK mit innovativen Methoden.

Jonas Schubert^(1,2)

(1) DermaPurge GmbH

(2) Leibnitz-Institut für Polymerforschung

Abstract

In dieser Studie wurden Reinigungsmittel zur Entfernung von PAK auf der Haut getestet. Sie enthalten keine Stoffe, die die Barrierefunktion der Haut beeinträchtigen, und weisen gleichzeitig eine hervorragende Dekontaminationsleistung auf.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sind krebserregende Stoffe und gehören zu den Bestandteilen des Brandrauchs. Es ist seit vielen Jahren bekannt, dass diese Stoffe im Rauch Krebs verursachen können. PAK können über die Atemwege, die Haut und durch orale Aufnahme in den Körper gelangen.

Die dermale Aufnahme von PAK erfolgt bei direktem Kontakt mit der Haut. Dies kann bei Feuerwehreinsätzen, insbesondere bei Innenangriffen, an den Stellen geschehen, an denen die Schutzkleidung eine Kontamination der Haut nicht vollständig verhindert.

Bisher wurde versucht, PAK mit Seifen und seifenhaltigen Mitteln, wie z. B. Reinigungstüchern, von der Haut zu entfernen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass nach Verwendung spezieller Reinigungstücher 77 % oder mehr der PAK auf der Haut verbleiben. Bei Verwendung von Seife und Wasser verbleiben 53 % der PAK auf der Haut. Darüber hinaus kann die Verwendung gängiger Hautreinigungsmittel zu einem "wash-in" führen. Dies bedeutet, dass die PAK bis zu 400 % leichter in die Haut eindringen können.

Einleitung

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sind krebserregende Stoffe und im Brandrauch enthalten. Die Tatsache, dass diese Stoffe in Rauchrückständen Krebs verursachen, ist seit vielen Jahren bekannt. (Barbosa et al., 2023) Vor kurzem hat die IARC, eine Unterorganisation der WHO, die Berufsgruppe der Feuerwehrleute nicht mehr nur als "möglicherweise krebserregend" (Kategorie 2b), sondern als "bekanntermaßen krebserregend" (Kategorie 1a) eingestuft. Dies ist die höchstmögliche Gefahreneinstufung. Diese Einstufung wurde vor allem mit der Exposition von Feuerwehrleuten gegenüber PAK begründet (Demers et al., 2022).

PAK bilden sich zunehmend bei unvollständiger Verbrennung und bei der Verbrennung von Kunststoffen. (Li et al., 2001) Unvollständige Verbrennung tritt heutzutage aufgrund gut isolierter Gebäude immer häufiger auf. Die Isolierung führt zu einer geringeren Luftzufuhr und -abfuhr, was eine unvollständige Verbrennung begünstigt. Die zunehmende Verbreitung von Kunststoffen in Gebäuden führt ebenfalls dazu, dass im Falle eines Brandes eine größere Menge an PAK entsteht.

PAK können über drei Wege in den Körper gelangen: Inhalativ, dermal oder oral.

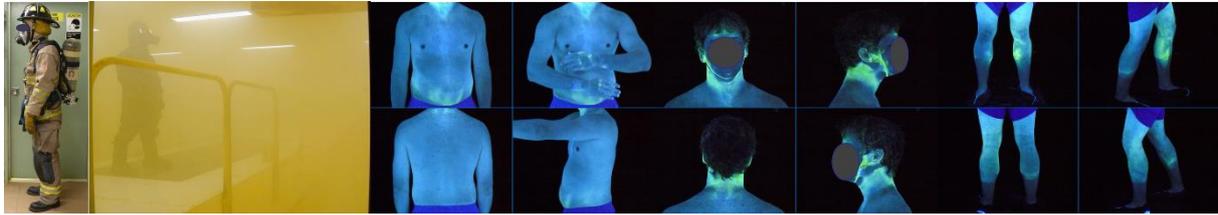


Abbildung 1: Ergebnisse der FAST-Studie. In der Studie wurde Modellrauch mit fluoreszierenden $2,5 \mu\text{m}$ großen Silikatpartikeln (SiO_2) erzeugt, dem die Feuerwehrleute ausgesetzt wurden. Anschließend wurde die Fluoreszenz mit UV-Licht sichtbar gemacht. Es zeigt sich, dass die Schutzkleidung vor allem an den Übergangsstellen durchlässig ist. Dies ist im Bereich der Maske, am Übergang von Jacke zu Handschuhen (Arm), von Jacke zu Hose (Bauch) und am Übergang von Hose zu Schuhen (Bein) der Fall. (Hill, 2015)

Das Einatmen kann durch das Tragen eines geeigneten Atemschutzgerätes gut verhindert werden. Dermal werden PAK absorbiert, wenn eine Kontamination der Haut vorliegt. Dies geschieht bei Brandeinsätzen, insbesondere bei Innenangriffen, an den Übergangsstellen der Schutzausrüstung, die eine Kontamination der Haut nicht vollständig verhindert (siehe Abbildung 1). (Hill, 2015) In einer Studie mit Kokereiarbeitern wurde gezeigt, dass bis zu 75 % der PAK über die Haut absorbiert werden und so in den Körper gelangen. (VanRooij et al., 1993) Eine wirksame Reinigung der Haut von PAK ist daher äußerst wichtig - auch für Feuerwehrleute.

Darüber hinaus besteht in der weiteren Einsatzumgebung eines Brandes die Gefahr einer dermalen Aufnahme durch Kontaminationsverschleppung, z. B. durch Hautkontakt mit kontaminierten Schläuchen oder anderen Einsatzgeräten. Dies ist auch deshalb wichtig, weil die orale Aufnahme in der Regel eine Folge der Hautkontamination ist, nämlich ebenfalls durch Kontaminationsverschleppung.

Kontaminierte Hände übertragen die gefährlichen Stoffe z. B. auf Lebensmittel, und so kommt es zu einer oralen Aufnahme der PAK in den Körper aus einer dermalen Kontamination. Studien zeigen, dass die orale Aufnahme genauso hoch sein kann wie die inhalative Aufnahme (Cherrie et al., 2006).

Daher ist eine effiziente und sichere Dekontamination von PAK erforderlich. Seife oder Tücher, die bisher verwendet wurden, sind für die Dekontamination nicht geeignet, wie im Folgenden erläutert wird.

Stand der Technik

Bisher wurde versucht, PAK mit Seifen und seifenhaltigen Mitteln, wie z. B. Tüchern, von der Haut zu entfernen. Zwei Punkte sprechen eindeutig gegen diese Methoden: Erstens verbleibt ein zu großer Teil der hautresorptiven PAK auf der Haut, und zweitens kann die Hautpermeation sogar erhöht werden.

Ein Blick in die Literatur zeigt, dass nach der Reinigung mit Wasser und Seife mehr als 56 % der PAK auf der Haut verbleiben. Bei speziellen Reinigungstüchern war die Dekontaminationswirkung noch geringer: Bei den getesteten Tüchern verblieben 77 % oder mehr der PAK auf der Haut (siehe Abbildung 2) (Keir et al., 2023).

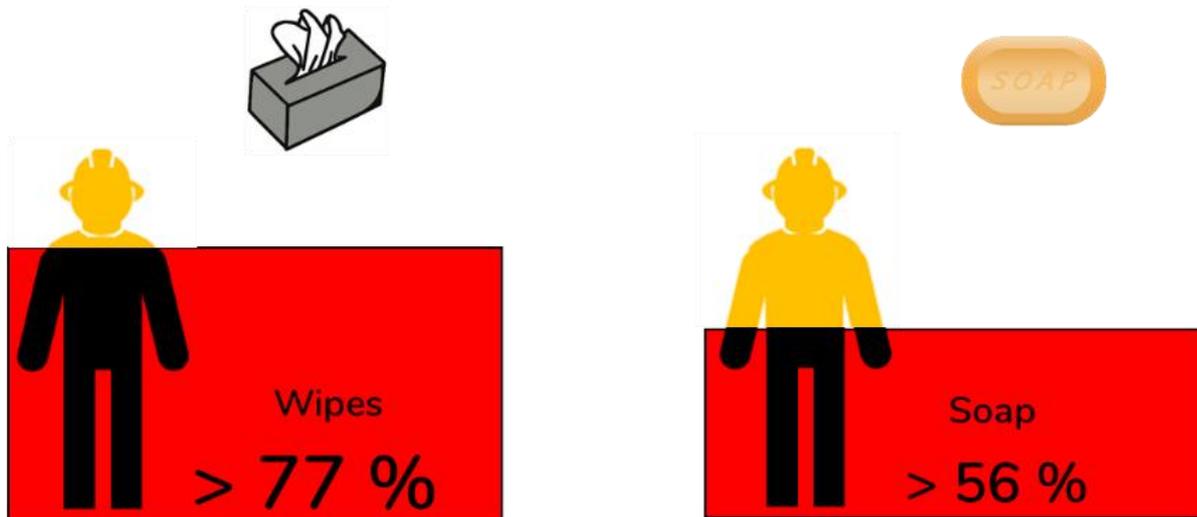


Abbildung 2: In der Literatur beschriebene Reinigungsleistung verschiedener Hautreinigungsmittel bei einer PAK-Kontamination. Bei Verwendung von Tüchern verbleiben 77 % und bei Verwendung von Seife 56 % der PAK auf der Haut. (Keir et al., 2023) Darüber hinaus enthalten alle bekannten Tücher und Hautreinigungsmittel Stoffe, die die Hautbarriere schädigen und somit das Eindringen in die Haut verstärken können. (Moody et al., 1995) Aus diesen Gründen sollten Seifen und Dekontaminationstücher nicht unmittelbar nach Brandeinsätzen verwendet werden.

Ein Grund, der die geringere Reinigungswirkung erklären könnte, ist, dass diese Produkte nicht für die Reinigung von PAK, sondern nur für den optischen Effekt der Reinigung ausgelegt sind. Dies kann jedoch im Falle von Ruß und PAK irreführend sein. Ruß ist schwarz, während PAK farblos sind (vgl. Abbildung 3). Dies kann zu dem Eindruck führen, dass eine optisch saubere Haut auch frei von PAK ist, was nicht der Fall ist.

Zum anderen ist die Verwendung von bisher verwendeten Hautreinigungsmitteln nicht nur unwirksam, sondern sogar kontraproduktiv, da Seifen oder seifenhaltige Mittel, die auch in Dekontaminationstüchern enthalten sind, zu einem wash-in führen. Dieser beschreibt den Prozess der gestörten Hautbarriere durch die Verwendung von Hautreinigern mit Penetrationsförderern. Die PAK können dann bis zu 400% leichter in die Haut eindringen (siehe Abbildung 4)(Moody et al., 1995).

Beispiele für solche Penetrationsverstärker finden sich auf der Liste der Inhaltsstoffe vieler bisher verwendeter Hautreinigungs- und Dekontaminationstücher, wie z. B. Alcohol denat, (Williams und Barry, 2004) Aloe Barbadensis extract, (Cole und Heard, 2007) Caprylic/Capric Triglyceride, (Leopold und Lippold, 2011) Cetylpyridiniumchlorid, (Som et al., 2012) Chamomilla Recutita Extract, (Johnson et al., 2018) Citric Acid, (Prasanthi and Lakshmi, 2012) Cocamidopropyl Betaine, (Pandey et al., 2014) Coco Glucoside, (ElMeshad and Tadros, 2011) Disodium Cocoyl Glutamate, (Okasaka et al., 2019) Glycerin, (Williams and Barry, 2004) Propylene Glycol, Isopropyl Alcohol, (Williams and Barry, 2004) Lactic Acid, (Copović et al., 2006) Limonene, (Chen et al., 2016) Linalol,

(Chen et al., 2016) PEG-40 Hydrogenated Castor Oil, (Burnett et al., 2014) Polysorbat 20, (Akhtar et al., 2011) Sodium Cocyl Glutamate, (Okasaka et al., 2019) Sodium Lauryl Sulfate, (Som et al., 2012) Vitamin E. (Trivedi et al., 1995).

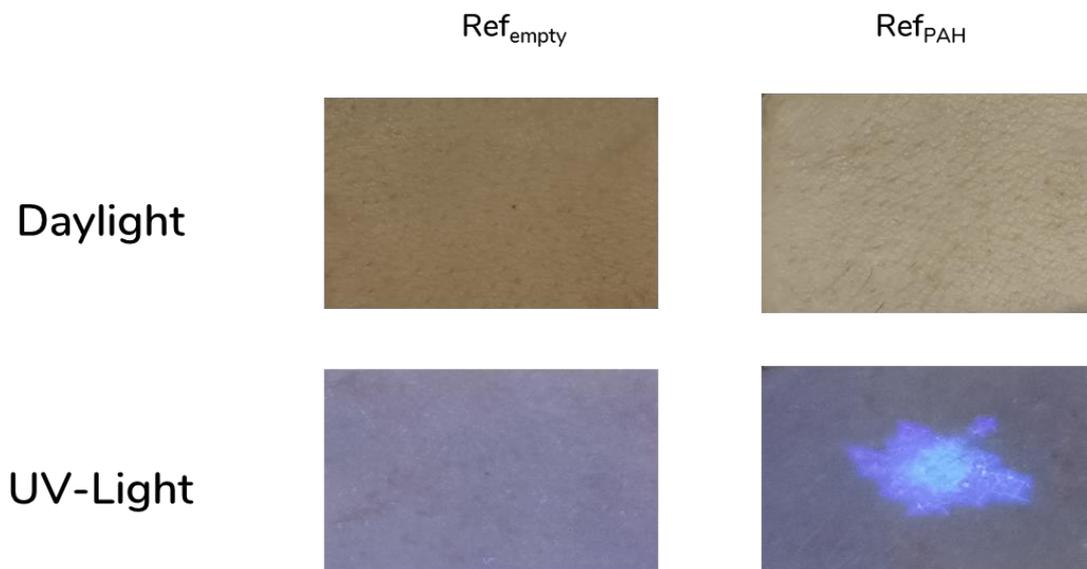


Abbildung 3: Schweinehautproben unter normalem Licht und unter UV-Licht. Die Kontamination mit PAK ist nur unter UV-Licht sichtbar.

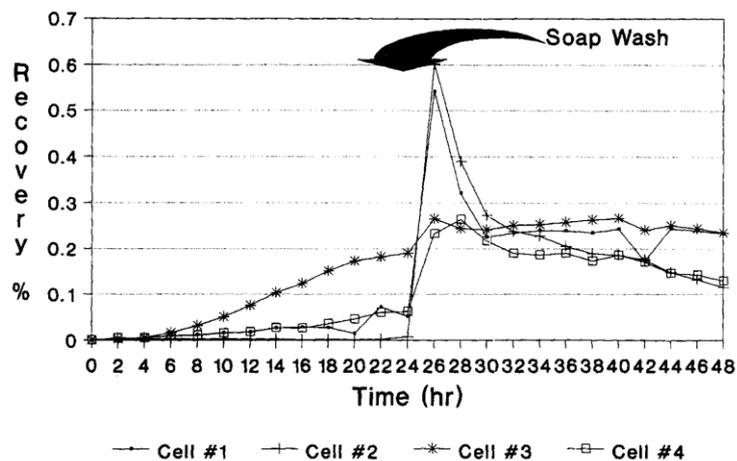


Fig. 4. In vitro analysis of ¹⁴C-B[a]P permeating 32-year-old ♀ human skin. The % recovery in the receiver solution is shown versus time for each of the four replicate Bronaugh cells. The onset of the 24-h skin wash with Radiac soap and water is shown.

Abbildung 4: wash-in. Die Verwendung von Seife kann die Aufnahme von PAK über die Haut um bis zu 400 % erhöhen (Moody et al., 1995).

Außerdem sollte für die Dekontaminierung von Gefahrstoffen kaltes Wasser verwendet werden. Dies ist wichtig, da zu warmes Wasser (über 32 °C) auch die Poren öffnet und die Absorption von PAK erhöht (Wood et al., 2012).

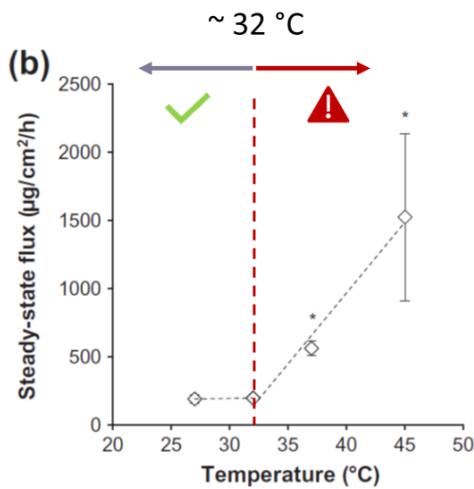


Abbildung 1: Temperature dependence of skin penetration. Skin penetration increases from 32°C. Adapted from (Wood et al., 2012).

Ein geeignetes Dekontaminationsmittel sollte keine Penetrationsverstärker enthalten, wirksam sein und mit kaltem Wasser verwendet werden können. Nach unserem Kenntnisstand gibt es kein Produkt auf dem Markt und auch keine anderen veröffentlichten Lösungen, die diese Anforderungen erfüllen.

Methoden

Allgemeines Herstellungsverfahren der Dekontaminationszusammensetzungen:

In einem ersten Schritt wurde mindestens ein wasserlösliches Polymer mit gereinigtem Wasser gemischt. Anschließend wurde mindestens ein Schichtsilikat homogenisiert und nach der Homogenisierung der Mischung zugegeben. Das Gemisch wurde bis zur Homogenisierung gründlich gerührt. Weiter wird die repräsentative Herstellung von 100 g eines Gels beschrieben: 5 g Soja-proteinisolat wurden mit 75 g gereinigtem Wasser (18,2 MΩ) vermischt. 10 g Bentonit und 10 g Kaolin wurden homogenisiert und dann zu dem Gemisch aus Proteinisolat und Wasser gegeben. Die fertige Mischung wurde bis zur Homogenisierung gründlich gerührt.

Allgemeiner Aufbau der Dekontaminationsversuche:

Die Dekontaminationsversuche wurden mit Schweinehaut durchgeführt. Es wurden Schweine der deutschen Landrasse verwendet, die zwischen 5 und 8 Monate alt waren. Mit Hilfe eines Skalpellens wurden Hautstücke von etwa 10 cm x 10 cm aus dem Bereich der seitlichen Bauchdecke entfernt. Dabei wurde ein Abstand von mindestens 5 cm zur Wirbelsäule, zu den Rippen und zur Mitte des Bauches eingehalten. Die Hautstücke wurden in chirurgische Tücher eingewickelt, um eine Kontamination mit subkutanem Fettgewebe zu vermeiden. Der Transport ins Labor erfolgte in Gefrierbeuteln in einer Kühlbox bei ca. 4-8 °C auf Kühlbatterien oder Eis.

Zunächst wurde die Hautoberfläche mit lauwarmem Wasser gereinigt. Dann wurde die Präparatunterlage mit einer Lage Alufolie und darüber mit einer Lage saugfähigem Material (z. B. Zemuko Universalkompresse) abgedeckt. Darauf wurde ein Stück Haut mit der Stratum-corneum-Seite nach unten gelegt. An den vier Ecken der Haut wurden Arterienklemmen angebracht, und die Haut wurde mit Hilfe der Gummibänder gedehnt. Alternativ wurde die Haut mit vier Nadeln fixiert, die durch die Hautecken in ein Polystyrolkissen eingeführt wurden. Das Unterhautfettgewebe wurde mit einer chirurgischen Pinzette gefasst und mit einem Skalpell direkt unter der Dermis abgetrennt. Dabei musste darauf geachtet werden, dass die Oberfläche nicht mit dem Unterhautfettgewebe in Berührung kam. Wegen des Kontaminationsrisikos mussten die äußersten 5 mm im Randbereich nach dem Herausschneiden des subkutanen Fettgewebes verworfen werden. Die präparierte Haut wurde dann mit einer anatomischen Pinzette auf die Aluminiumfolie gelegt, gegebenenfalls geglättet, in Aluminiumfolie eingewickelt und in einen Gefrierbeutel gelegt. Der Gefrierbeutel wurde so luftdicht wie möglich verschlossen. Die Haut wurde bei -20 °C bis -30 °C im Gefrierschrank auf einer ebenen Fläche eingefroren. Zur weiteren Verwendung wurden die Proben mindestens 24 Stunden lang im Gefrierschrank gelagert. Die maximale Lagerdauer betrug 6 Monate. Vor der Verwendung in den Experimenten wurden die Hautstücke hydratisiert. Zur Hydratation wurde ein Becherglas mit Akzeptormedium auf 32 °C temperiert. Die Hautstücke wurden dann in das Becherglas gelegt und vollständig mit dem Akzeptormedium bedeckt.

Dekontaminationsversuche

Hautproben wurden entweder mit Fluoren (f) oder Benzo[a]pyren (b) kontaminiert, die typische Modellsysteme für PAK sind. Die Stammlösungen wurden wie folgt hergestellt: (f) = Fluoren: 2,2 mg/ml in Chloroform, (b) = Benzo[a]pyren: 3,3 mg/ml in Chloroform.

Aufgrund ihrer Fluoreszenz waren die PAKs quantitativ gut nachweisbar. Nach einer Expositionszeit von 30 Sekunden nach der Kontamination wurden geeignete Gegenmaßnahmen ergriffen. Diese bestanden in gründlichem Abreiben mit dem vorbereiteten Dekontaminationsmittel und anschließendem Waschen mit kaltem Wasser. Alle Hautstücke wurden mit einem Fluoreszenzspektrometer untersucht. Die PAK-Konzentration wurde so gewählt, dass Selbstlöschung der Fluoreszenz vermieden wurde. Anschließend wurde die Haut mit kaltem Wasser abgewaschen. Obwohl PAK mit bloßem Auge nicht sichtbar sind, werden sie im ultravioletten Bereich sichtbar, da sie ultraviolettes Licht absorbieren und dann fluoreszieren (siehe Abbildung 3).

So konnte die Wirksamkeit der Zusammensetzungen mit 2D-aufgelöster Fluoreszenzspektroskopie (Tecan M200 Infinite Pro Microplate Reader) bestimmt und mit der Leistung anderer Hautreinigungsmittel verglichen werden. Mindestens 25 Punkte auf jedem Hautstück wurden ausgewertet. Um zu vermeiden, dass die Eigenfluoreszenz der Haut einen Einfluss auf die gemessene Effizienz hat, wurden eine unbehandelte Haut ($\text{Ref}_{\text{empty}}$) und ein Hautstück ohne Waschen (Ref_{PAH}) als Referenz verwendet.

Die Entfernung von Ruß wurde optisch geprüft und durch Fotos dokumentiert.

Ergebnisse

Für die Bewertung der verschiedenen Reinigungszusammensetzungen wurden die Dekontaminationszusammensetzungen durch Mischen hergestellt. Die Zusammensetzungen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Anschließend wurden die Reinigungsversuche durchgeführt.

Um zu vermeiden, dass die Eigenfluoreszenz der Haut einen Einfluss auf die gemessene Effizienz hat, wurden eine unbehandelte Haut (Ref_{Empty}) und ein Hautstück ohne Reinigung (Ref_{PAH}) als Referenz verwendet.

Die Dekontaminationseffizienz (E) ist definiert als: $E = 100 - \frac{100 * (Sample - Ref_{empty})}{(Ref_{PAH} - Ref_{empty})}$

Tabelle 1: Die Dekontaminationswirkung der verschiedenen Zusammensetzungen. Der Inhalt der verschiedenen Reinigungsmittel ist ebenfalls angegeben. Orange hervorgehoben sind kommerzielle Produkte, die Penetrationsverstärker enthalten

No.	Dekontaminationseffizienz (E), %	Entfernt Ruß	Inhaltsstoff 1	wt%	Inhaltsstoff 2	wt%	Inhaltsstoff 3	wt%	Inhaltsstoff 4	wt%
1	100 (b)	-	BSA	10	activated carbon	10	Kaolin	10	Bentonite	10
2	61.7 (b)	-	Poloxamer 407	10	activated carbon	10	Kaolin	10	Bentonite	10
3	82.3 (f)	+	Soybean protein isolate	5	Bentonite	10	Kaolin	10	-	-
4	80.4 (b)	-	Soybean protein isolate	5	Bentonite	10	Kaolin	10	activated carbon	10
5	97.2 (b)	+	Soybean protein isolate	5	Bentonite	10	Kaolin	10	-	-
6	94.9 (f)	+	Bentonite	15	Kolli-phor®P407	8	Kaolin	12	-	-
7	86.8 (b)	+	Bentonite	15	Kolli-phor®P407	8	Kaolin	12	-	-
8	53,5 (b)	-	Roquette DS112	2	activated carbon	10	Kaolin	10	Bentonite	10
9	58,7 (b)	-	Chitosan	2	activated carbon	10	Kaolin	10	Bentonite	10
10	95,8 (b)	-	pak-ex	100						
11	76.0 (b)	+	Kommerzielles Produkt, das folgende Inhaltsstoffe enthält, C ₁₆₋₂₀ isoalkane, Juglans regia shell powder, sodium							

			laureth sulfate, sulfated castor oil, sodium chloride, cocamidopropyl betaine, quaternium-18 bentonite, titanium dioxide, PEG-4 rapeseed amide, potassium sorbate, cellulose gum, sodium benzoate, citric acid.							
12	60.0 (b)	+	Handseife							
13	o (b)	-	Kommerzielles Dekontaminationsmittel, das Wasser und polyvalente Inhaltsstoffe besitzt							
14	5.0 (f)	-	Wasser							

In vorhergehenden Experimenten haben wir festgestellt, dass Bentonit und Kaolin einen positiven Einfluss auf die Reinigungswirkung von Gefahrstoffen haben. Deshalb haben wir diese Stoffe auch in die Zusammensetzungen für die Dekontaminationsversuche aufgenommen. Tabelle 1 zeigt, dass sich die Verwendung von Schichtsilikaten positiv auf die Dekontaminationswirkung auswirkt. Sie sind in allen anderen getesteten Zusammensetzungen enthalten. Den Schichtsilikat-Zusammensetzungen wurden verschiedene Additive zugesetzt: Roquette DS112, Poloxamer 407, BSA und Sojaprotein. Interessanterweise half Sojabohnen bei der Entfernung von Ruß, während BSA keine Verbesserung der Rußreinigung bewirkte.

Die Zusammensetzungen zeigten eine Dekontaminationswirkung von 0-100 %. Interessanterweise hatte ein kommerzielles Mittel, das als Dekontaminationsmittel gegen Chemikalien beworben wird, die niedrigste Dekontaminationswirkung von 0 %. Ruß konnte dieses Mittel ebenfalls nicht von der Haut entfernen. Andere handelsübliche Produkte, die nicht als Dekontaminationsmittel beworben werden, waren zwar besser in der Wirksamkeit (60-76 %), aber immer noch nicht sehr gut. Dies steht im Einklang mit anderen Veröffentlichungen. (Keir et al., 2023) Sie sind jedoch nicht für die Dekontamination der Haut geeignet, da sie aus Seife oder anderen Penetrationsverstärkern bestehen.

Fazit

Es konnten verschiedene Zusammensetzungen gefunden werden, die für die Entfernung von PAK und Ruß von der Haut geeignet sind.

Nach der Brandbekämpfung sollte so schnell wie möglich geduscht werden, am besten noch am Einsatzort. Da dies vielen Feuerwehrleuten nicht möglich ist, sollten die am meisten gefährdeten Hautstellen grob dekontaminiert werden. Studien zufolge (siehe Abbildung 1) sind dies die Hände und die Übergangsbereiche der Schutzkleidung (Gesicht, Hals, Bauch, Schienbeine), wo nach einem Brand die höchsten PAK-Konzentrationen festgestellt wurden. Um alle kontaminierten Hautbereiche zu erreichen, sollte nach der Grobdekontamination auch so schnell wie möglich geduscht werden.

Es ist nicht nur für die eingesetzten Atemschutzgeräteträger, sondern auch für alle anderen am Brandeinsatz Beteiligten wichtig, sich anschließend gründlich von PAK zu reinigen. Sie alle können mit diesen krebserregenden Stoffen in Berührung gekommen sein, entweder durch eine Brandrauchwolke oder durch Kontakt mit kontaminierten Geräten (z. B. Schläuchen).

Die Neuentwicklungen ist für diese Berufsgruppen von entscheidender Bedeutung, da bisherige Reinigungsmittel die PAK nicht entfernen und deren gesundheitsschädliche Wirkung verstärken. Obwohl dieser Mechanismus bekannt ist, wurde er bei der Herstellung von Dekontaminationsmitteln bisher konsequent ignoriert - mangels Alternativen. In den Formulierungen dieser neuen Zusammensetzungen gibt es keine Stoffe, die die Barrierefreiheit beeinträchtigen würden.

Literatur

- Akhtar, Naveed, M.U. Rehman, H.M.S. Khan, Fatima Rasool, Tariq Saeed & Ghulam Murtaz (2011): Penetration Enhancing Effect of Polysorbate 20 and 80 on the in Vitro Percutaneous Absorption of Lascorbic Acid, in: *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* 10 (3), 281-288, DOI: [10.4314/tjpr.v10i3.1](https://doi.org/10.4314/tjpr.v10i3.1).
- Barbosa, Fernandu Jr., Bruno A. Rocha, Marilia C. O. Souza, Mariana Z. Bocato, Lara F. Azevedo, Joseph A. Adeyemi, Anthony Santana & Andres D. Campiglia (2023): Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Pahs): Updated Aspects of Their Determination, Kinetics in the Human Body, and Toxicity, in: *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 26 (1), 28-65, DOI: [10.1080/10937404.2022.2164390](https://doi.org/10.1080/10937404.2022.2164390).
- Burnett, Christina L., Bart Heldreth, Wilma F. Bergfeld, Donald V. Belsito, Ronald A. Hill, Curtis D. Klaassen, Daniel C. Liebler, James G. Marks jr., Ronald C. Shank, Thomas J. Slaga, Paul W. Snyder & F. Alan Andersen (2014): Safety Assessment of PEGylated Oils as Used in Cosmetics, in: *International Journal of Toxicology* 33 (4), 13-39, DOI: [10.1177/1091581814546337](https://doi.org/10.1177/1091581814546337).
- Chen, Jun, Qiu-Dong Jiang, Ya-Ping Chai, Hui Zhang, Pei Peng & Xi-Xiong Yang (2016): Natural Terpenes as Penetration Enhancers for Transdermal Drug Delivery, in: *Molecules* 21 (12), 1709, DOI: [10.3390/molecules21121709](https://doi.org/10.3390/molecules21121709).
- Cherrie, John W., Sean Semple, Yvette Christopher, Ahsan Saleem, Greame W. Hughson & Andrew Philips (2006): How Important is Inadvertent Ingestion of Hazardous Substances

- at Work?, in: *The Annals of Occupational Hygiene* 50 (7), 693-704, DOI: [10.1093/annhyg/melo35](https://doi.org/10.1093/annhyg/melo35).
- Cole, Louise & Charles Heard (2007): Skin Permeation Enhancement Potential of Aloe Vera and a Proposed Mechanism of Action Based Upon Size Exclusion and Pull Effect, in: *International Journal of Pharmaceutics* 333 (1-2), 10-16, DOI: [10.1016/j.ijpharm.2006.09.047](https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2006.09.047).
- Copoví, A., O. Díez-Sales, J.V. Herráez-Domínguez & M. Herráez-Domínguez (2006): Enhancing Effect of Alpha-Hydroxyacids on "In Vitro" Permeation Across the Human Skin of Compounds With Different Lipophilicity, in: *International Journal of Pharmaceutics* 314 (1), 31-36, DOI: [10.1016/j.ijpharm.2006.01.033](https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2006.01.033).
- Demers, Paul A. , David M. DeMarini, Kenneth W. Fent, Deborah C. Glass, Johnni Hansen, Olorunfemi Adetona, Maria H. G. Andersen, et al. (2022): Carcinogenicity of Occupational Exposure as a Firefighter, in: *The Lancet Oncology* 23 (8), 985-86.
- ElMeshad Aliaa Nabil & Mina Ibrahim Tadros (2011): Transdermal Delivery of an Anti-Cancer Drug via W/O Emulsions Based on Alkyl Polyglycosides and Lecithin: Design, Characterization, and In Vivo Evaluation of the Possible Irritation Potential in Rats, in: *AAPS PharmSciTech* 12, 1-9, DOI: [10.1208/s12249-010-9557-y](https://doi.org/10.1208/s12249-010-9557-y).
- Hill, Jay (2015): Fluorescent Aerosol Screening Test (FAST), RTI International, http://responderwipes.com/wp-content/uploads/2016/07/RTI_Test_Report-FAST-Jan2015.pdf [24.05.2024].
- Johnson Wilbur jr., Ivan Boyer, Wilma F. Bergfeld, Donald V. Belsito, Ronald A. Hill, Curtis D. Klaassen, Daniel C. Liebler, James G. Marks, Ronald C. Shank, Thomas J. Slaga, Paul W. Snyder, Lillian J. Gill & Bart Heldreth (2018): Amended Safety Assessment of Chamomilla recutita-Derived Ingredients as Used in Cosmetics, in: *International Journal of Toxicology* 37 (3), 51-79, <https://doi.org/10.1177/1091581818801814>.
- Keir, Jennifer L. A., Tracy L. Kirkham, Rocio Aranda-Rodriguez, Paul A. White & Jules M. Blais (2023): Effectiveness of Dermal Cleaning Interventions for Reducing Firefighters' Exposures to PAHs and Genotoxins, in: *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 20 (2), 84-94, DOI: [10.1080/15459624.2022.2150768](https://doi.org/10.1080/15459624.2022.2150768).
- Leopold, Claudia S. & Bernhard C. Lippold (2011): An Attempt to Clarify the Mechanism of the Penetration Enhancing Effects of Lipophilic Vehicles with Differential Scanning Calorimetry (DSC), in: *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 47 (4), 276-81, DOI: [10.1111/j.2042-7158.1995.tb05795.x](https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.1995.tb05795.x).
- Li, Chun-Teh, Huan-Kai Zhuang, Lien-Te Hsieh, Wen-Jhy Lee & Meng-Chun Tsao (2001): PAH Emission From the Incineration of Three Plastic Wastes, in: *Environment International* 27 (1), 61-67, DOI: [10.1016/S0160-4120\(01\)00056-3](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(01)00056-3).
- Moody, Richard P., Brita Nadeau & Ih Chu (1995): In Vivo and in Vitro Dermal Absorption of Benzo[a]pyrene in Rat, Guinea Pig, Human and Tissue-Cultured Skin, in: *Journal of Dermatological Science* 9 (1), 48-58, DOI: [10.1016/0923-1811\(94\)00356-j](https://doi.org/10.1016/0923-1811(94)00356-j).
- Okasaka, Mana, Koij Kubota, Emi Yamasaki, Jianzhong Yang & Sadaki Takata (2019): Evaluation of Anionic Surfactants Effects on the Skin Barrier Function Based on Skin Permeability, in: *Pharmaceutical Development and Technology* 24 (1), 99-104, <https://doi.org/10.1080/10837450.2018.1425885>.
- Pandey, Anushree, Ashu Mittal, Nitesh Chauhan & Sanjar Alam (2014): Role of Surfactants as Penetration Enhancer in Transdermal Drug Delivery System, in: *J Mol Pharm Org Process Res* 2 (2), 2-7.

- Prasanthi, Domaraju & P. K. Lakshmi (2012): Effect of Chemical Enhancers in Transdermal Permeation of Alfuzosin Hydrochloride, in: *ISRN Pharmaceutics* 2012, 965280, DOI: [10.5402/2012/965280](https://doi.org/10.5402/2012/965280).
- Som, Iti, Kashish Bhatia & Mohd Yasir (2012): Status of Surfactants as Penetration Enhancers in Transdermal Drug Delivery, in: *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences* 4 (1), 2-9, DOI: [10.4103/0975-7406.92724](https://doi.org/10.4103/0975-7406.92724).
- Trivedi, Jay S., Steven L. Krill & James J. Fort (1995): Vitamin E as a Human Skin Penetration Enhancer, in: *European Journal of Pharmaceutical Sciences* 3 (4): 241-43, [https://doi.org/10.1016/0928-0987\(95\)00014-5](https://doi.org/10.1016/0928-0987(95)00014-5).
- VanRooij, J. G., M. M. Bodelier-Bade & F. J. Jongeneelen (1993): Estimation of Individual Dermal and Respiratory Uptake of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in 12 Coke Oven Workers, in: *British Journal of Industrial Medicine* 50 (7), 623-632, <https://oem.bmj.com/content/50/7/623>.
- Williams, Adrian C. & Brian W. Barry (2004): Penetration Enhancers, in: *Advanced Drug Delivery Reviews* 56 (5), 603-18, DOI: [10.1016/j.addr.2003.10.025](https://doi.org/10.1016/j.addr.2003.10.025).
- Wood, D. G., M. B. Brown & S. A. Jones (2012): Understanding Heat Facilitated Drug Transport Across Human Epidermis, in: *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* 81 (3), 642-649, DOI: [10.1016/j.ejpb.2012.03.019](https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2012.03.019).

Link zum Vortrag

<https://thga.sciebo.de/s/l3HXrs8jQlsXv4r>

Tage der Sicherheitsforschung

Tag 3: 16. Juni 2023

Session: Poster-Session



Hinweis:

Die Poster-Session umfasste acht wissenschaftliche Poster. Diese werden zum Download angeboten.

Der Link führt zur NRW-Wissenschaftscloud SCIEBO. **Mit der Nutzung des Links stimmen Nutzende der Weiterleitung auf externe Quellen zu. Für Verlinkungen in den Vorträgen übernimmt der Herausgeber keine Verantwortung.**

Teleoperierte Erkundung von Krisen- und Gefahrensituationen durch multimodale Verknüpfung von Sensortechnologien.

Christoph Kölbl, Jonas Grzesiak, Daniel Häfele, Frank Duschek, Bernhard Linseisen, Maximilian Durner, Tobias Hecking

[Download Poster](#)

Georisiken – Georessourcen – Ein Einblick

Tobias Rudolph

[Download Poster](#)

UAV-getragenes Laserspektroskopie-System zur aktiven Ferndetektion von Gefahrstoffen auf Oberflächen.

Christoph Kölbl, Jonas Grzesiak, Daniel Häfele, Frank Duschek

[Download Poster](#)

*Drone4SitA | Drones for Situation Awareness – Wie können Drohnen zur Lage-
darstellung beitragen?*

Bodo Bernsdorf, Heiner Rössmann

[Download Poster](#)

*Technologien und Anwendungen von Infrarot-Imagern in der Sicherheits-
technik – Stand der Technik und Perspektiven*

Marvin Daniel Michel

[Download Poster](#)

Erkundung von Großschadenslagen

Konrad Barth, Tobias Emanuel Gleibs, Thomas Säger,
Lennart Walter Landsberg, Ompe Aimé Mudimu

[Download Poster](#)

*Katastrophenschutz und bergbaulichen Bodenbewegungen – Geowissen-
schaften in der Anlagensicherheit*

Benjamin Haske, Tobias Rudolph, Bodo Bernsdorf

[Download Poster](#)

Anwendung des Spektralindex "Normalized Burn Ratio" (NBR) auf die Beobachtung von Waldbränden

Marcin Pawlik, Bodo Bernsdorf

[Download Poster](#)

Künstliche Intelligenz für die Hochwasserwarnung (KIWA)

Jens Grundmann, Niels Schütze, Anette Eltner, Ralf Hedel, Tanja Morgenstern,
Xabier Blanch, André Kutscher

[Download Poster](#)