



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG

VST

FAKULTÄT FÜR VERFAHRENS-
UND SYSTEMTECHNIK

Forschungsbericht 2023

Institut für Apparate- und Umwelttechnik

INSTITUT FÜR APPARATE- UND UMWELTTECHNIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg
Tel. 49 (0)391 67 58831, Fax 49 (0)391 67 41128
iaut@ovgu.de
www.iaut.ovgu.de

1. LEITUNG

Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Krause (geschäftsführender Leiter)

2. HOCHSCHULLEHRER/INNEN

Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Krause
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Lothar Mörl
Prof. Dr.-Ing. habil. Heinz Köser
Dr.-Ing. Dieter Gabel
Dr.-Ing. Andrea Klippel
PD Dr. rer. nat. habil. Ronald Zinke
PD Dr.-Ing. habil. Holger Grosshans

3. FORSCHUNGSPROFIL

Anlagensicherheit

- Explosionseigenschaften von Stoffen und Stoffsystemen
- Modellierung von Stoff-Freisetzungen, Bränden und Explosionen
- Sicherheit elektrochemischer Energiespeicher
- Sicherheitsbetrachtungen für Wasserstofftechnologien
- Experimentelle Untersuchung durchgehender Reaktionen
- Weiterentwicklung von Methoden der quantitativen Risikoanalyse
- Unsicherheiten bei Ingenieurberechnungen

Umweltverfahrenstechnik

- chemische Umwandlung von Rest- und Abfallstoffen
- Nutzung von PUR-Hartschaum-Rezyklat zur Abwasserbehandlung
- Nutzung von Reifen-Rezyklat zur Beseitigung von Ölkontaminationen
- Experimentelle Untersuchungen an Mehrphasenreaktoren

Sicherheit bei Naturereignissen

- Untersuchung der Entstehung und Ausbreitung von Waldbränden
- Methoden zur Löschung von Waldbränden

4. SERVICEANGEBOT

Brand- und Explosionsschutz

- Bestimmung von Brand- und Explosionseigenschaften von Stoffen
- Unterstützung bei der Erstellung von Brandschutz- und Explosionsschutzgutachten
- Simulation von Ereignisabläufen mit numerischer Strömungssimulation

Sicherheits- und Risikoanalysen

- Unterstützung bei der Erstellung von Sicherheitsberichten
- Qualitative Risikoanalysen
- Quantitative Risikoanalysen

Sicherheitstechnische Bewertung von Stoffen

- Simultane thermische Analyse von thermisch instabilen Stoffen
- Bestimmung von Partikeleigenschaften
- Dynamische Differenzkalorimetrie
- Analyse gasförmiger Reaktionsprodukte

Bewertung der Sicherheit von Batteriespeichern

- Testverfahren nach UL 9540

5. METHODIK

- Bestimmung der Mindestzündtemperatur aufgewirbelter Stäube
- Bestimmung der Explosionskenngrößen von Gasen, Dämpfen und aufgewirbelten Stäuben in geschlossenen Apparaturen
- Bestimmung der Explosionskenngrößen aufgewirbelter Stäube in offenen Apparaturen
- Bestimmung der Mindestzündenergie aufgewirbelter Stäube
- Bestimmung des Flammpunktes brennbarer Flüssigkeiten
- Bestimmung der Mindestzündtemperatur abgelagerter Stäube (Glimmtemperatur)
- adiabate und isoperibole Warmlagerungsversuche
- Zündtemperatur brennbarer Flüssigkeiten und Gase
- Simultan thermische Analyse (TGA DSC) mit Gasanalyse (MS und FTIR)
- Elementaranalyse für die Elemente C, H, N und Elementaranalyse für die Elemente C und S
- Bestimmung der Bruchwerte und Kraft-Deformationsverläufe im uniaxialen Bruchversuch
- Thermogravimetrische Analyse (TG)
- Partikelgrößenanalyse mit digitaler Bildverarbeitung
- Bestimmung des Brennwertes einer Probe

6. KOOPERATIONEN

- BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
- Bergische Universität Wuppertal
- Berliner Feuerwehr
- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
- DIN e. V., Berlin
- Dräger Safety AG & Co. KGaA
- Feuerwehr der Stadt Frankfurt am Main
- Glatt Ingenieurtechnik Weimar GmbH
- Inburex GmbH, Hamm
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig

- Solvay Werk Bernburg
- Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes e.V.
- ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

7. FORSCHUNGSPROJEKTE

Projektleitung: Dr.-Ing. Andrea Klippel
Projektbearbeitung: Lukas Heydick
Kooperationen: BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung; OneSeven GmbH
Förderer: EU HORIZON Europe - 01.12.2021 - 31.05.2025

TREEADS - A Holistic Fire Management Ecosystem for Prevention, Detection and Restoration of Environmental Disasters

Akronym: TREEADS

Ausführlicher Projekttitel: A Holistic Fire Management Ecosystem for Prevention, Detection and Restoration of Environmental Disasters

Forschung im Bereich: Umwelttechnik

Projekttitel (Deutsch): Ganzheitliches Brandmanagement-Konzept zur Verhütung, Erkennung und Behebung von Umweltkatastrophen

Titel des deutschen Pilot-Projekts lautet: Brandforschung bei Waldbränden und Ableiten von Sicherheitsmaßnahmen (Fire Science of wildfires and safety measures)

Unmittelbare Folgen des Klimawandels sind längere Dürreperioden, selbst in Ländern, die traditionell viel Regen hatten, z. B. in Deutschland. Die Bundesländer Sachsen-Anhalt und Brandenburg gehören zu den am stärksten von extremer Trockenheit betroffenen Bundesländern in Deutschland. Trockene Sommer haben zu erheblichen Mengen an trockener Biomasse und zunehmenden Schäden durch Insekten und Krankheiten geführt. Wetterextreme wie Starkregen und Stürme haben zu zusätzlichen Schäden in den Wäldern geführt.

Der Trockenheitsmonitor für Deutschland zeigt, dass Sachsen-Anhalt und Brandenburg zu den trockensten Gebieten Deutschlands gehören. Bei den meisten Bränden in beiden Bundesländern handelt es sich um Bodenbrände. Es ist von entscheidender Bedeutung, die Mechanismen der Brandausbreitung bei Bodenbränden für diese Gebiete mit ihrem Lebensraum und ihrer Vegetation unter dem wachsenden Einfluss von Trockenheit und geschädigter Vegetation zu verstehen. Zu diesem Zweck werden im Deutschen Pilotprojekt des Forschungsprojekts TREEADS Experimente in mittlerem und großem Maßstab mit Bodenproben von bis zu mehreren Quadratmetern durchgeführt, um die Abhängigkeit der Brandausbreitung von verschiedenen Vegetationsarten sowie unterschiedlichen Mengen an organischer Masse im Boden und Trockenheit zu bewerten. Rauchentwicklung und Rauchtotoxicität hängen von den Verbrennungsbedingungen - Verfügbarkeit von Sauerstoff und Wärmeübertragung - sowie von der Art der brennenden Vegetation ab. Ein besseres Verständnis dieser Mechanismen ermöglicht eine genauere Vorhersage der Brand- und Rauchentwicklung, was für die Bewertung und Verbesserung der Brandbekämpfungstaktik von entscheidender Bedeutung ist. Einerseits wird Wasser als das umweltfreundlichste Löschmittel angepriesen. Andererseits sind vor allem bei Bodenbränden oft erhebliche Mengen an Wasser notwendig. Zusatzstoffe können zu einer deutlichen Erhöhung des Volumens führen und so dazu beitragen, die in Trockengebieten wertvolle Ressource Wasser zu schonen. Eine wirksame Löschung verringert den Schaden, denn es ist wichtig, sowohl den Schaden am Ökosystem durch das Feuer selbst als auch die Löschmethode zu bewerten. Es wird davon ausgegangen, dass für verschiedene Brandszenarien unterschiedliche Löschmethoden und Brandbekämpfungsmaßnahmen erforderlich sind, die von der Vegetation, dem Wetter, der Topografie und dem Gebiet abhängen. In einem Gebiet mit restriktiven Naturschutzvorschriften sind möglicherweise andere Maßnahmen und Löschmittel erforderlich als in einem Industriebwaldgebiet. Die Rauchentwicklung dieser Brände stellt ein Gesundheitsrisiko für die Feuerwehrleute sowie für die Bewohner von Dörfern in der Nähe von Waldgebieten dar. Sicherheitsmaßnahmen und Leitlinien für Situationen mit starker Rauchentwicklung, Rauchbewegung und -ausbreitung sind für die Sicherheit von Feuerwehrleuten und Bewohnern von grundlegender Bedeutung.

Projektleitung: M.Sc. Pascal Vorwerk, Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Krause
Kooperationen: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung; Hekatron GmbH; Siemens AG;
Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes e.V.; Westfälische Wilhelms-
Universität Münster; GTE Industrieelektronik GmbH
Förderer: Bund - 01.01.2021 - 31.12.2023

BRAWA -Kulturgut bewahren durch Helfermotivation und geringe Brandwahrscheinlichkeiten

Ziel des Verbundvorhabens BRAWA ist, eine systemische, kombiniert technisch-operative Lösung für die Verbesserung der Brandsicherheit in historischen Bauwerken zu schaffen, die zugleich flexibel und adaptiv auf historische Bauwerke verschiedener Art anwendbar ist. Der innovative Ansatz besteht darin, mit Multisensor-Knoten (mehrere Brandindikatoren werden simultan gemessen), sowie durch Vernetzung der Sensorik (mehrere, in ihren Wirkungsbereichen überlappende Detektoren müssen die Brandindikatoren wahrnehmen) eine hohe Sensitivität bei gleichzeitig niedriger Täuschungsalarmrate zu erzielen. Dabei sollen Detektoren zum Einsatz kommen, die auch den ästhetischen Anforderungen von Kulturdenkmälern genügen, d.h. funkbasiert und energieautark arbeiten können, um Kabelinstallationen zu vermeiden.

Weiterhin soll durch Einführung einer Brandwahrscheinlichkeit in Kombination mit der auf die Weitergabe dieser Information folgenden, situationsangemessenen Aktion der Helfer eine frühe Brandbekämpfung eingeleitet werden, die die Brandausbreitung unterbindet oder zumindest verzögert. Dies wird zur Reduzierung der Brandschäden und zur Entlastung der Feuerwehren führen. Im Ergebnis soll dieser systemische Ansatz dazu führen, dass Brände in kulturhistorisch wertvollen Gebäuden früher erkannt und bekämpft werden können, so dass die Brandentwicklung kein katastrophales Ausmaß annimmt und das Kulturgut bewahrt werden kann.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Krause
Kooperationen: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung; Vereinigung zur Förderung des
deutschen Brandschutzes e.V.
Förderer: Bund - 01.02.2021 - 31.01.2023

SEE-2L Sicherheit elektrochemischer Energiespeicher in Second-Life-Anwendungen

Ziel des Vorhabens ist die Schaffung von Verfahrensgrundlagen für den sicheren Betrieb elektrochemischer Energiespeichersysteme mit hohem Energieinhalt in sogenannten Second-Life-Anwendungen anhand eines Demonstrators mit bis zu 500 Kilowattstunden Speicherkapazität. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Einspeisung von elektrischer Energie in die Speichersysteme aus nachhaltigen Primärenergiequellen (Windgeneratoren, Photovoltaikanlagen) erfolgt. Die Speicherkapazität entspricht etwa 10 Batteriesätzen mit 60 kWh Energieinhalt bei einer Restkapazität von 80 % (ergibt 480 kWh). In diesem Zustand werden die Batteriesätze aus den Elektrofahrzeugen ausgemustert. 60 kWh ist die Batterieausstattung eines vollelektrischen Mittelklassewagens. Die Gefahren, denen mit dem Vorhaben begegnet werden soll, ergeben sich aus dem Übergang der in den Batteriezellen enthaltenen Materialien in unkontrollierte Reaktionszustände ("durchgehende" Reaktionen), aus denen Brände mit großer Wärmefreisetzung entstehen können.

8. VERÖFFENTLICHUNGEN

BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

Amano, Kofi Owusu Ansah; Hahn, Sarah-K.; Butt, Noman; Vorwerk, Pascal; Gimadieva, Elena; Tschirschwitz, Rico; Rappsilber, Tim; Krause, Ulrich

Composition and explosibility of gas emissions from lithium-ion batteries undergoing thermal runaway
Batteries - Basel : MDPI, Bd. 9 (2023), Heft 6, Artikel 300
[Imp.fact.: 4.0]

Heilmann, V.; Zakel, S.; Gabel, Dieter; Krause, Ulrich

Influence of different ignition delay times on the pressure rise rate in hybrid mixture explosions in the 20-L sphere
Journal of loss prevention in the process industries - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 84 (2023), Artikel
105106
[Imp.fact.: 3.5]

Spitzer, Stefan H.; Askar, Enis; Hecht, Kristin J.; Gabel, Dieter; Georg, Paul; Krause, Ulrich; Dufaud, Olivier; Krietsch, Arne

The maximum rate of pressure rise of hybrid mixtures
Journal of loss prevention in the process industries - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 86 (2023), Artikel
105178
[Imp.fact.: 3.5]

Tschirschwitz, Rico; Bernardy, Christopher; Wagner, Patrick; Rappsilber, Tim; Liebner, Christian; Hahn, Sarah-K.; Krause, Ulrich

Harmful effects of lithium-ion battery thermal runaway - scale-up tests from cell to second-life modules
RSC Advances / Royal Society of Chemistry - London : RSC Publishing, Bd. 13 (2023), Heft 30, S. 20761-20779
[Imp.fact.: 3.9]

Vorwerk, Pascal; Kelleter, Jörg; Müller, Steffen; Krause, Ulrich

Distance-based analysis of early fire indicators on a new indoor laboratory dataset with distributed multi-sensor nodes
Fire - Basel : MDPI, Bd. 6 (2023), Heft 8, Artikel 323, insges. 16 S.
[Imp.fact.: 3.2]

Wu, Dejian; Zhao, Peng; Spitzer, Stefan H.; Krietsch, Arne; Amyotte, Paul; Krause, Ulrich

A review on hybrid mixture explosions: Safety parameters, explosion regimes and criteria, flame characteristics
Journal of loss prevention in the process industries - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 82 (2023), Artikel
104969
[Imp.fact.: 3.5]

BEGUTACHTETE BUCHBEITRäge

Klippel, Andrea; Hofmann-Böllinghaus, Anja; Piechnik, Kira

Development of toxicity assessment method for bus interior materials
Proceedings from the seventh International Proceedings from the Seventh International Conference on Fires in
Vehicles - Borås, Sweden : RISE Research Institutes of Sweden AB ; Willstrand, Ola . - 2023, S. 80-90

DISSERTATIONEN

Baumann, Florian; Specht, Eckehard [AkademischeR BetreuerIn]; Krause, Ulrich [AkademischeR BetreuerIn]; Beyer, Michael [AkademischeR BetreuerIn]; Blum, Carsten [AkademischeR BetreuerIn]

Über elektrostatische Zündgefahren beim Versprühen von Wasser in explosionsgefährdeten Bereichen
Braunschweig: Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Presse und Öffentlichkeitsarbeit, Dissertation Otto-
von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik 2023, XII, 157 Seiten -
(PTB-Bericht; Diss, Dissertationen; 1), ISBN: 978-3-944659-26-8 ;
[Literaturverzeichnis: Seite 125-130]

Haraldseid, Ingunn; Krause, Ulrich [AkademischeR BetreuerIn]; Schmidt, Martin [AkademischeR BetreuerIn]

Effects of changes in external conditios on smoldering in biomass pellets

Magdeburg: Universitätsbibliothek, Dissertation Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für
Verfahrens- und Systemtechnik 2023, 1 Online-Ressource (IX, 114, v Seiten, 12,6 MB) ;

[Literaturverzeichnis: Seite 111-114]

Köhler, Florian; Krause, Ulrich [AkademischeR BetreuerIn]

Einsatz von Response Surface Methoden für Sensitivitäts- und Unsicherheitsbetrachtungen bei numerischen
Brandsimulationen

Magdeburg: Universitätsbibliothek, Dissertation Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für
Verfahrens- und Systemtechnik 2023, 1 Online-Ressource (xv, 131 Seiten, 24,63 MB) ;

[Literaturverzeichnis: Seite 115 -122]

Schmidt, Natalie Kathleen; Krause, Ulrich [AkademischeR BetreuerIn]

Experimentelle Untersuchung und Modellierung von Atmungsphänomenen bei der Beregnung von Lagertanks

Magdeburg, Dissertation Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik
2023, XIX, 190 Seiten ;

[Literaturverzeichnis: Seite 144-152]

Spitzer, Stefan H.; Krause, Ulrich [AkademischeR BetreuerIn]

Influence of the ignition source on the safety characteristics of hybrid dust-gas mixtures

Magdeburg: Universitätsbibliothek, Dissertation Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für
Verfahrens- und Systemtechnik 2023, 1 Online-Ressource (verschiedene Seitenzählung, 11,56 MB) ;

[Literaturverzeichnis: Seite106-132]