

EINSATZSTELLEN MIT FASERVERBUNDWERKSTOFFEN

Eine Handreichung zur Gefahrenabwehr



BUNDESWEHR

AMTSHILFE

Eine Unterstützung im Rahmen der Sofort- bzw. Amtshilfe (Art. 35 GG) können Sie über Ihre zuständige Leitstelle anfordern. Ihre Leitstelle kann über das zuständige Landeskommando der Bundeswehr (Bw) Unterstützung anfordern.

KONTAKTDATEN

nächstgelegene
Bundeswehr-
Feuerwehr*

Feldjäger

Feldjäger-Notruf: **0800 1 90 99 99**

nächstgelegene
ABC-Einheit*

*bitte eigenständig ergänzen

VORWORT

Die Verwendung von Faserverbundwerkstoffen, vor allem von kohlenstoff-faserverstärkten (Carbonfaser) Kunststoffen (CFK), gewinnt mit den immer anspruchsvolleren Produkthanforderungen stetig an Bedeutung. Sie werden aufgrund ihrer Leichtbaueigenschaften verstärkt in modernen Luftfahrzeugen, Automobilen, Windkraftanlagen, in der Baubranche sowie in Sportgeräten verbaut.

CFK-Bauteile können jedoch im Rahmen von Schadenslagen nachhaltig negative Auswirkungen auf die Einsatzkräfte der Gefahrenabwehr haben. Bedingt wird dies vor allem durch lungengängige Fasern.

Diese Broschüre soll Ihnen einen Überblick über mögliche Gefahren geben. Weiterhin enthält diese Broschüre Impulse für die Vorbereitung, Abwicklung und Nachbereitung von Einsätzen mit Beteiligung von Faserverbundwerkstoffen. Sie dient den erstein-treffenden sowie nachrückenden Einsatzkräften bei ihrer Tätigkeit als Handlungsempfehlung. Die Sensibilität der Einsatzkräfte für mögliche gesundheitliche Folgewirkungen soll hiermit gesteigert werden, um sie im Einsatz besser zu schützen.

Die Einsatzkräfte sollen auf die vielfältigen Gesundheitsgefahren, die z.B. bei einem Unfall, einem Absturz und/oder einem Brand eines (Luft-) Fahrzeuges entstehen können, bestmöglich informiert und vorbereitet sein.



ALLGEMEINES	7
KERNAUSSAGEN	7
ANWENDUNGSBEREICH UND GEFAHREN VON CFK	8
GEFAHRENPOTENTIAL	8
ANATOMIE	9
EINSATZTAKTISCHE INFORMATIONEN	10
MASSNAHMEN BEIM EINTREFFEN	11
ABSPERREN	12
MASSNAHMEN WÄHREND DES EINSATZES	13
BRANDEINSATZ	15
TECHNISCHE HILFELEISTUNG	15
MASSNAHMEN NACH DEM EINSATZ	16
KONTAMINATION UND/ODER INKORPORATION	17
EINSATZDOKUMENTATION	17
SCHUTZAUSRÜSTUNG	18
ENTSORGUNG	19
VORBEREITENDE MASSNAHMEN	20
CHECKLISTE MATERIAL FÜR "KALTE" EINSATZSTELLE	20
ERGÄNZENDE SCHUTZAUSRÜSTUNG	20
WEITERES MATERIAL	20
NACHSORGE	21
LITERATURVERZEICHNIS	22

KERNAUSSAGEN

- Die bei der Bundeswehr verwendeten CFK unterscheiden sich in Art und Gefahrenpotential nicht von denen aus der zivilen Industrie und Anwendung.
- Gefährdung bleibt an „kalten Brandstellen“ vorhanden – Vorsicht bei dem Umgang mit Wrackteilen ist geboten.
- Erst durch thermische Beaufschlagung von mehr als 5 Minuten mit Temperaturen von mehr als 650°C (Treibstoffabbrand) beschädigte oder zerstörte CFK stellen eine Gefahr bezüglich einer möglichen Faserfreisetzung dar – besonderes Vorgehen und Gefahrenbewusstsein sind erforderlich!
- Abgebrannte CFK haben eine hohe Isolationswirkung. Auch 30 Min nach Brand sind im Inneren noch über 600°C möglich – Gefahr der RÜCKZÜNDUNG im Inneren bei Kontakt mit Sauerstoff!
- Menge und Zusammensetzung der Stäube und Fasern, mit denen die Einsatzkräfte in Kontakt kommen können, ist unklar. Die Partikel breiten sich auch über den Brandrauch aus. Hautirritationen nach einem Kontakt sowie allergische Kontaktekzeme, Hautreizungen oder Juckreiz können nicht ausgeschlossen werden. [2] – Augenschutz!
- Ohne eine thermische Beaufschlagung / Aufbereitung des CFK entstehen typischerweise keine kritischen, lungengängigen Fasern. Eine mechanische Bearbeitung alleine ist meist nicht ausreichend, um kritische Fasern freizusetzen.



Bundeswehr/Torsten Kraatz

ANWENDUNGSBEREICHE UND GEFAHREN VON CFK

Bei CFK handelt es sich um einen weit verbreiteten Leichtbauwerkstoff. Neben der Luftfahrt-industrie nutzen auch der Fahrzeugbau, die Freizeit- sowie die Windkraftindustrie die positiven Eigenschaften des leichten und doch sehr stabilen Werkstoffs in immer größerem Umfang.

i GEFAHRENPOTENTIAL

BESCHÄDIGUNG, MECHANISCH / THERMISCH

- Staubbildung
 - lungengängige Fasern
 - Augen- und Hautreizung
- scharfe Bruchkanten
 - Schnitt-/ Rissverletzungen
- kleinste Splitter können Verletzungen mit Entzündungen hervorrufen

ANWENDUNGSBEREICHE

LUFTFAHRT

AUTOMOBIL-INDUSTRIE

SPORT

BAU

FREIZEIT

KUNST

BRAND

- Entstehung gefährlicher Zersetzungsprodukte
 - CO, CO₂, Essig-, Blausäure usw.
 - Reizung der Schleimhäute, Augen und Atemwege
 - Vergiftungsgefahr / Ersticken
- Entstehung „kritischer“, lungengängiger Fasern
- Verdacht auf Tumorbildung und Erbgutveränderung

WEITERE GEFAHREN

- schwebende Fasern können als elektrische Leiter agieren
- gute Wärmeisolierung großer Bauteile (= Wärmestau / Wiederentzündung)

Nase
5,8 µm - 9 µm

Kehlkopf
4,7 µm - 5,8 µm

Hauptbronchus
3,3 µm - 4,7 µm

Bronchien
2,1 µm - 3,3 µm

Bronchien
1,1 µm - 2,1 µm

Alveolen
0,65 µm - 1,1 µm

en.wikipedia.org/wiki/File:Respiratory_system_complete_en.svg / Bibi Saint-Pol, Jmarchn

i INFO

Bei Teilchen kleiner als 3 µm ist ein Eindringen bis in die Lungenbläschen möglich!

EINSATZTAKTISCHE INFORMATIONEN

Nach Einordnung der Weltgesundheitsorganisation (WHO) sind solche Fasern besonders kritisch, die eine Länge von mehr als 5 µm und einen Durchmesser von weniger als 3 µm aufweisen (Länge-Durchmesser-Verhältnis größer als 3/1) [3]. Durch Brandereignisse oder mechanische Bearbeitung mit großer Hitzeentwicklung am Material können Faserbruchstücke entstehen, die diese Bedingungen erfüllen. Nach derzeit gültigem Gefahrstoffrecht der Technischen Regel für Gefahrstoffe 905, werden diese Fasern als „krebserzeugend Kategorie 2, Verdacht auf karzinogene Wirkung beim Menschen“ eingestuft.

HINWEIS

Im Internet finden sich Informationen, dass die Gefahren und die Wirkungen von CFK mit denen von Asbestfasern gleichgesetzt werden können. Diese Informationen treffen jedoch

nicht zu. CFK-Materialien sind künstlich hergestellte Mineralfasern. Sie weisen ein anderes Bruchverhalten als Asbestfasern auf. Sie brechen im Gegensatz zu Asbest überwiegend in Dickenrichtung und nicht in Längsrichtung. Die Faserbruchstücke sind in der Regel größer! [4]

MASSNAHMEN BEIM EINTREFFEN

LAGE

- CFK-Bauteile als vorhanden annehmen

BRAND

- offene Flammen? erloschene Brandstelle?

WETTER

- Windrichtung beachten!
- Kontamination durch Stäube möglich
- offenstehende Fenster, Türen, etc. am Fahrzeug schließen, Lüftungen abschalten [8]

ABSPERREN

- Gefahrenbereich 50 m
- Absperrbereich mind. 100 m

PERSONAL

- im Gefahrenbereich auf Minimum beschränken
- Persönliche Schutzausrüstung (PSA) anpassen

VERLETZUNG

- Schnittkanten beachten / abdecken
- Leitfähigkeit beachten





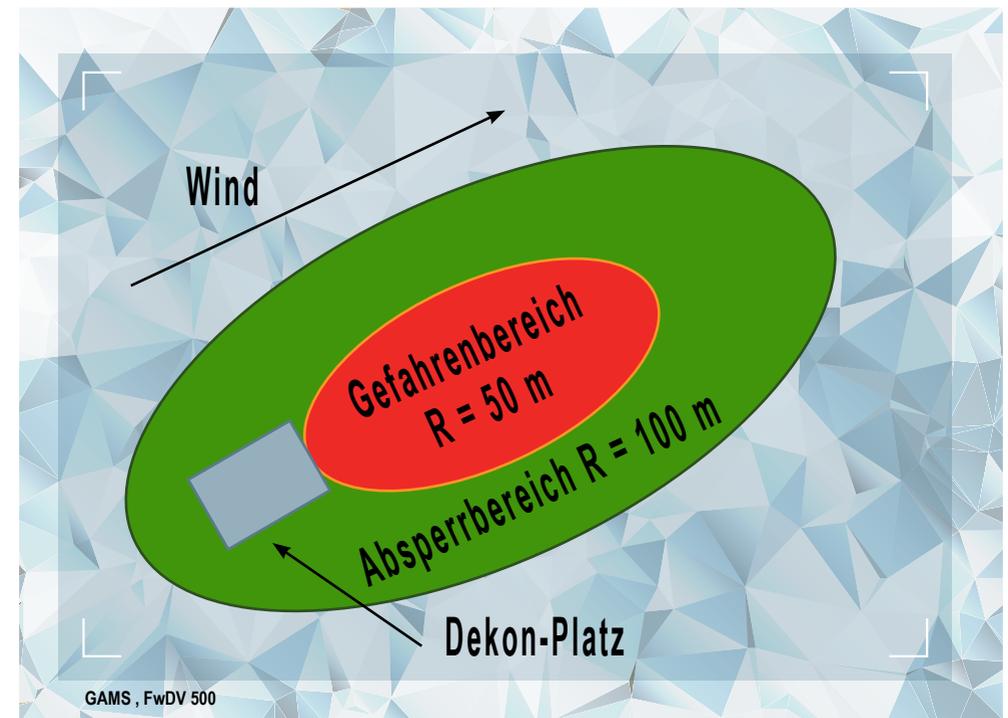
Bundeswehr/Norman Möller

ABSPERREN

Bei allen CFK-Einsätzen sind um das Schadenobjekt herum ein Gefahrenbereich und ein Absperrbereich zu bilden (GAMS Regel). Die meteorologischen und topographischen Verhältnisse sind bei der Ausbreitung zu berücksichtigen, insbesondere die Windrichtung ist von Bedeutung.

Der Gefahrenbereich umfasst mindestens einen Abstand von 50 m. Dort sollten sich nur die unbedingt erforderlichen Einsatzkräfte mit entsprechender Sonderausrüstung aufhalten bzw. vorgehen. Der Gefahrenbereich ist durch die Feuerwehr festzulegen, zu markieren und ggf. zu sichern.

Der Absperrbereich umfasst mindestens einen Abstand von 100 m. Innerhalb des Absperrbereiches halten sich nur die für den Einsatz erforderlichen Einsatz- und Unterstützungskräfte auf. Er ist im Regelfall durch die Polizei zu sichern. [5]



GAMS, FwDV 500

MASSNAHMEN WÄHREND DES EINSATZES

UNBEDINGT ZU BEACHTEN:

- Eine Inkorporation ist auszuschließen!
- Eine Kontamination ist zu vermeiden, zumindest ist sie so gering wie möglich zu halten!
- Eine Kontaminationsverschleppung ist zu verhindern. [5]

Die Bundeswehr hält für Unfälle mit militärischen Luftfahrzeugen spezielle Sätze an Schutzkleidung bereit. Diese können über die zuständige Leitstelle, oder über das jeweilige Landeskommando der Bundeswehr angefordert werden.



Bundeswehr/Marcus Rott



Das Tragen der entsprechenden PSA ist zwingend erforderlich!
Eine Inkorporation ist auszuschließen!



Wasser ist ein geeignetes Löschmittel zur Brandbekämpfung von CFK-Bauteilen. Ist der Brand gelöscht, hilft es den Brandschutt feucht zu halten oder mit Schaum abzudecken. Partikel werden dadurch gebunden.

Faserbindelack bindet Partikel an den Oberflächen und ein zusätzlicher Schutz gegen Kontaminationsverschleppung sein.



Gefährliche, lungengängige Fasern entstehen durch **Verbrennung**.
Umluft unabhängigen Atemschutz tragen!



Bei der Brandbekämpfung ist **mit dem Wind vorzugehen**, um die Kontamination geringer zu halten. Gefahrenbereich entsprechend FwDV 500 (zunächst mind. 50 m)

BRANDEINSATZ

Untersuchungen des Wehrwissenschaftlichen Instituts für Werk- und Betriebsstoffe (WIWeB) der Bundeswehr haben gezeigt, dass bei Brandtemperaturen über 650°C und mindestens 5 Minuten Branddauer (Carbon-) Fasern abgebaut werden. Dabei entstehen vermehrt Fasern, die nach Einstufung der WHO lungengängig sind. Aus den Untersuchungen der Bundeswehr geht hervor, dass sich diese kritischen Fasern nur an der dem Rauch / den Partikeln zugewandten Seite oder in Windrichtung ablagern. [6] [7]

TECHNISCHE HILFELEISTUNG

Im Rahmen der Technischen Hilfeleistung (TH) führen die Einsatzkräfte häufig trennende und nicht trennende Tätigkeiten aus. In der Regel erfolgt dies ohne Schmierung. Dabei sind die Einsatzkräfte direkt den entstehenden Stäuben und Partikeln ausgesetzt. Diese Tätigkeiten können mit den Verfahren zur Bearbeitung

von Faserverbundwerkstoffen im Herstellungs- oder Weiterverarbeitungsprozess verglichen werden. [2] Der Einsatz von Trennschleifern oder ähnlichen Werkzeugen kann eine thermische Belastung verursachen, die zum Entstehen von kritischen Fasern führen kann. Der Einsatz von solchen Geräten hat ausschließlich unter entsprechender PSA zu erfolgen.



MASSNAHMEN NACH DEM EINSATZ

Verwirbelung von Staub vermeiden! Einsatzkleidung und sonstige Gegenstände nicht ausschütteln oder mit Druckluft behandeln. [8]

Kontaminierte (verunreinigte) PSA ist nach dem Brandeinsatz abzulegen. Anschließend ist die Kleidung abzusaugen, luftdicht zu verpacken und nach Herstellerangaben – als separate Wäsche – zu reinigen.

Für das Absaugen bedarf es eines geeigneten Staubsaugers (min. Schutzklasse H). Die Entsorgung des Staubsaugerfilters hat staubfrei zu erfolgen. Der handelsübliche Nasssauger aus dem Bestand der Feuerwehren erfüllt diese Anforderung häufig nicht.

Sollte Unsicherheit über den Gebrauchszustand der PSA bestehen, so ist eine erneute Wäsche, ggf. durch eine Spezialwäscherei, einer Entsorgung vorzuziehen.

Einwegschutzausrüstung und -material sind luftdicht zu verpacken, zu kennzeichnen und einer geeigneten Entsorgung zuzuführen.

Einsatzgerät und Fahrzeuge: glatte Oberflächen mit Wasser / Reinigungsmittel reinigen. Während der Reinigung sollte Körper- und Atemschutzausrüstung getragen werden.

Weitere Bereiche (z.B. Fahrzeuginnenraum): Reinigung mittels Industriestaubsauger (Schutzklasse H nach DIN EN 60335-2-69, Anhang AA).

Bei der Verwendung des Industriestaubsaugers ist Atemschutz (mindestens FFP3) zu tragen.

Die Reinigung an der Einsatzstelle ist als Grob-

reinigung zu verstehen. Eine Feinreinigung erfolgt – wenn infrastrukturell möglich – in der Feuerwache / dem Feuerwehrgerätehaus bzw. durch eine Fachfirma. Auch bei diesen Reinigungsarbeiten ist das Tragen geeigneter PSA erforderlich.

Bei der manuellen Reinigung von Ausrüstungsgegenständen sind nach Möglichkeit alle abnehmbaren Teile zu entfernen und einzeln zu reinigen (geeignete PSA beachten).

Weitere allgemeine und nicht nur auf CFK bezogene Hinweise enthält die Broschüre der DGUV 205-035 „Hygiene und Kontaminationsvermeidung bei der Feuerwehr“.

KONTAMINATION UND/ODER INKORPORATION

Besteht der Verdacht auf Inkorporation oder Kontamination ist die betroffene Person dringend und zeitnah einer Ärztin bzw. einem Arzt vorzustellen.

Von einer Fasereexposition ist bei einem Aufenthalt ohne PSA in einem Abstand von weniger

als 20 m von abgebranntem CFK auszugehen.

- Zuführung zu geeigneter ärztlicher Versorgung.
- Aufnahme in die arbeitsmedizinische Vorsorgekartei zwingend (ArbMedVV Grundsatz G1.2)!



EINSATZDOKUMENTATION

DIE DOKUMENTATION UMFASST:

- Eingesetztes Personal
- Einsatzzeiten
- Tätigkeiten
- Aufenthaltsort
- mögliche CFK-Belastung
- mögliche Kontamination von Einsatzkräften
- mögliche Inkorporation durch Einsatzkräfte

Nach Beendigung des Einsatzes ist die Dokumentation abzuschließen. Die Einsatzdokumentation ist aufzubewahren (in der Regel 10 Jahre).



SCHUTZAUSRÜSTUNG

! BRANDEINSATZ

- PSA Brandeinsatz (HuPF)
- umluftunabhängiger Atemschutz
- → **Körperschutzform1**

! ERLOSCHENER BRAND – “KALTE“ EINSATZSTELLE

- “leichte“ PSA
- mindestens Filtermaske FFP3
- staubdichte Schutzbrille
- Einwegschutzanzug

! TECHNISCHE HILFELEISTUNG – MENSCHENRETTUNG

- vorgehen mit PSA
- mindestens Filtermaske FFP3
- staubdichte Schutzbrille

! SONSTIGE TECHNISCHE HILFELEISTUNG

- “leichte“ PSA
- mindestens Filtermaske FFP3
- staubdichte Schutzbrille
- Einwegschutzanzug

ENTSORGUNG

Das Aufräumen von Einsatzstellen bzw. die Entsorgung von Brandschutt, Wracks oder sonstigen Rückständen sind keine klassischen Aufgaben der Feuerwehr. Dennoch unterstützt die Feuerwehr hier häufig in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten.

Es ist unbedingt zu beachten, dass die Einsatzkräfte hier mitunter unklaren Schadstoffeinflüssen ausgesetzt werden.

Es kann zudem erforderlich werden (gerade bei Einsatzstellen der technischen Hilfeleistung) die Einsatzstelle feucht bzw. benetzt zu halten, um die Ausbreitung von Stäuben zu verhindern bzw. zu reduzieren.

Wichtig ist in allen Fällen das Tragen der geeigneten Schutzausrüstung.

SICHERUNG

- zur Sicherung der Einsatzstelle ist Faserbindemittel in den Einsatz zu bringen (wenn nicht vorhanden - einschäumen)
- große Wrackteile sind mit Folien abzudecken
- kleine Wrackteile in entsprechenden Behältern abzulegen oder in Folie zu verpacken

ABLEGEN

- Schutzausrüstung und Einsatzmittel sind am Dekonplatz abzulegen und luftdicht zu verpacken
- Verbrauchs- und Einwegmaterial ist staubdicht zu verpacken

ENTSORGEN

- Verbrauchs- und Einwegmaterial ist fachgerecht zu entsorgen*
- Wrackteile verbleiben an der Einsatzstelle und werden übergeben

REINIGUNG

- kontaminierte Schutzbekleidung ist durch Fachbetrieb zu reinigen
- Einsatzgerät ist einer Reinigung zuzuführen

*kann ggf. durch das örtliche Bundeswehr-Dienstleistungszentrum erfolgen



CHECKLISTE MATERIAL FÜR „KALTE“ EINSATZSTELLE

Ergänzende Schutzausstattung

Ausstattung	vorhanden
Schutzbrille, dichtschießend	<input type="checkbox"/>
Atenschutzhalbmasken FFP3	<input type="checkbox"/>
Schutzanzug Overall (KSF 2)	<input type="checkbox"/>
Gewebeklebeband	<input type="checkbox"/>
Fingerhandschuhe (Einweg)	<input type="checkbox"/>
Einmalanzug	<input type="checkbox"/>

Weiteres Material

Ausstattung	vorhanden
Kunststoffolie	<input type="checkbox"/>
Absperrband	<input type="checkbox"/>
Beschriftungsmaterial	<input type="checkbox"/>
Formstabile, verschließbare Behälter	<input type="checkbox"/>
Rückentragespritze	<input type="checkbox"/>
Industriestaubsauger Schutzklasse H	<input type="checkbox"/>



Bilder: Bundeswehr/Marcus Rott

NACHSORGE

Unglücksfälle, bei denen Menschen zu Schaden gekommen sind, stellen nicht nur für die Angehörigen eine Ausnahmesituation dar, sondern auch für die eingesetzten Rettungskräfte.

Insbesondere bei Einsätzen, die nicht alltäglich sind und die Einsatzkräfte über ein besonderes Maß hinaus fordern, kann eine umfassende Nachsorge erforderlich werden.

Die frühzeitige Einbeziehung von Einsatzkräftenachsorgeteams bzw. Notfallseelsorgern ist empfehlenswert.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] BMVg, A-2110/10 Hilfeleistung der Bundeswehr im Rahmen des Artikels 35 des Grundgesetzes.
- [2] F. H. u. M. Deutsche gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Bearbeitung von CFK Material, Mainz, 2014.
- [3] D. Max, „CFK – Gefährdungspotenzial bei mechanischer Überbeanspruchung und bei Brand,“ BRANDSchutz - Deutsche Feuerwehr-Zeitung, pp. 428-429, 2014.
- [4] H. Spanner, Einsätze mit Faserverbundwerkstoffen, Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH, 2018.
- [5] AFKzV, FwDV 500 „Einheiten im ABC - Einsatz“, 2012.
- [6] LufABw AbtGenFISichhBw, Flugsicherheit Sonderausgabe 2019, Köln, 2019.
- [7] Norbert Scholz, Sebastian Eibl, Besondere Gefährdung beim Abbrand von Carbon-Kunststoffen, Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH, 2014.
- [8] DGUV, „205-035 „Hygiene und Kontaminationsvermeidung bei der Feuerwehr“, DGUV, 2020.
- [9] B. G. I. 3, C1-2042/1-6036, BAIUDBw GS III 3 , 2017.
- [10] L. S. d. B. H. Becher, Info-Brief 08/2014, Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr , 2014.
- [11] S. Börner, A. Kern und J. Kloss, „Fiese Fasern“, BRANDSchutz, pp. 431-433, 2014.
- [12] S. Eibl, J. Ortner, N. Scholz „Bewertung und Eindämmung von Gefahren durch lungengängige Kohlenstofffasern nach Luftfahrzeugabsturz“ Zeitschrift Flugsicherheit 2019, LuFABw
- [13] Dipl.-Ing. D. Max, „Eigenschaften und Abbrandverhalten von Faserverbundwerkstoffen, speziell Kohlefaserverbundwerkstoffe (CFK) sowie erforderliche Maßnahmen, Teil I,“ Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Forschungsstelle für Brandschutztechnik, Karlsruhe, 2015.
- [14] Dipl.-Ing. D. Max, „Faserverbundwerkstoffe-Eigenschaften und Abbrandverhalten von Faserverbundwerkstoffen, speziell Kohlefaserverbundwerkstoffe (CFK) sowie erforderliche Maßnahmen, Teil II,“ Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Forschungsstelle für Brandschutztechnik, Karlsruhe, 2018.
- [15] H. Spanner, „Symposium Stadtfeuerwehrverband München,“ 2015.



IMPRESSUM

Herausgeber:

Zentrum Brandschutz der Bundeswehr -
Fähigkeitsentwicklung
Generaloberst-Beck-Kaserne
Hofener Straße 16 • 87528 Sonthofen

E-Mail:

ZBrdSchBwPosteingang@bundeswehr.org

Telefon:

+49 (0) 8321 - 6755 -3333

Internet:

www.iud.bundeswehr.de

Titelbild:

Bundeswehr/Jane Schmidt

Gestaltung:

Presse- und Informationszentrum
Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen
der Bundeswehr (PIZ IUD)

Druck:

Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz
und Dienstleistungen der Bundeswehr
DL I 4 - Zentraldruckerei BAIUDBw

