© Lehrstuhl für Chemische Sicherheit und Abwehrenden Brandschutz

FABIAN LADZINSKI · ROLAND GOERTZ

Der Entstehungsbrand in Arbeitsstätten: Brandwissenschaftliche Charakterisierung im Kontext der ASR A2.2 und Schlussfolgerungen für die Feuerlöschgeräte

Im Rahmen des von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) geförderten Forschungsprojekts (FP-0405) „Schutz der Versicherten bei der Bekämpfung von Entstehungsbränden (SUVE)“ [1] wurden Maßnahmen im Rahmen der Entstehungsbrandbekämpfung zur Verbesserung des Schutzes von Versicherten näher betrachtet. Hierzu wurden verschiedenste Brand- und Löschversuche sowie umfangreiche Brandsimulationen durchgeführt, um eine umfassende Bewertung der Entstehungsbrandbekämpfung und der dabei auftretenden Gefährdungen im Sinne der ASR A2.2 [2] vornehmen zu können.

1. Einordnung

Der Maßstab war dabei die Definition der ASR A2.2, nach der Entstehungsbrände „Brände mit so geringer Rauch- und Wärmeentwicklung [sind], dass noch eine gefahrlose Annäherung von Personen bei freier Sicht auf den Brandherd möglich ist“. Die der ASR A2.2 zugrundeliegende „Regelnutzung“, die zur Einstufung in die normale Brandgefährdung führt, ist die Büronutzung bzw. eine damit vergleichbare Wahrscheinlichkeit der Brandentstehung, der Geschwindigkeit der Brandausbreitung, der dabei freiwerdenden Stoffe und der damit verbundenen Gefährdung für Personen, Umwelt und Sachwerte. Mit Blick darauf und auch vor dem Hintergrund, dass eine sehr große Zahl von Feuerlöschern in Büroräumen und büroähnlicher Nutzung vorgehalten werden, wurde die Untersuchung in einem Raum

durchgeführt, der bürotypische Dimensionen aufweist.

Ein Kerngedanke des Forschungsprojekts war, dass die Prüfung des Löschvermögens der Feuerlöscher nach DIN EN 3-7 in einem mindestens 8 m hohen Raum mit einem Freiraum von 3 m um das Prüfobjekt herum und in der Regel unter einem Abzug erfolgt, wodurch die Effekte des Brandes (Rauch, giftige Gase, Wärmestrahlung), die eine gefahrlose Annäherung verhindern, minimiert werden und nicht mehr in dem Maße auf die Versicherten einwirken, die den Löschversuch unternehmen. In der Wirklichkeit ist das anders.

Gerade in Büroräumen verursachen Deckenhöhen von z. B. 2,5 m in sehr kurzer Zeit Bedingungen, bei denen Personen bei der Erstbrandbekämpfung schädigenden Bedingungen ausgesetzt sein können. Es stellt sich die Frage, wie sich die Prüfobjekte nach DIN EN 3-7 in einer realen Umgebung verhalten und welche Bedingungen für die Brandbekämpfung entstehen.

In diesem Zusammenhang wurde neben der Eignung kleinvolumiger tragbarer Feuerlöscher auch die Eignung von Feuerlöschsprays zur Bekämpfung von Entstehungsbränden untersucht.

2. Methodik

2.1 Der Brandraum

Für die Beschreibung eines Entstehungsbrandes in einer mit einer Büronutzung vergleichbaren Umgebung wurden Versuche mit Holzkrippen durchgeführt. Für diesen Versuchsaufbau wurde ein Brandraum des Materialprüfungsamtes Nordrhein-Westfalen im Brandprüfzentrum Erwitte genutzt. Dieser Brandraum entspricht nahezu den in der ISO 9705-1 beschriebenen Anforderungen für einen Room-Corner-Test. Die Grundfläche dieses Brandraums entspricht mit 8,64 m² in etwa den in der ASR A1.2 [3] mindestens geforderten 8 m² Grundfläche für die Einrichtung eines Arbeitsraumes und dem dort ebenso aufgeführten Richtwert von 8 m² bis 10 m² Grundfläche für die Einrichtung eines Zellenbüros, weshalb von einer Vergleichbarkeit hinsichtlich der räumlichen Maße zu einem gewöhnlichen Büroraum ausgegangen werden kann.

Generell interessant, vor allem im Vergleich zu üblichen Büroflächen, sind die Mindestanforderungen an Raumflächen für die normative Prüfung nach DIN EN 3-7. Mit einem Freiraum von 3 m um das Prüfobjekt herum liegt die Mindestraumfläche für das Prüfobjekt 5A bei 42,3 m² bzw. für das Prüfobjekt 55A bei bis zu 74,8 m².

2.2 Holzkrippenbrände

Zur Prüfung des Löschvermögens tragbarer Feuerlöscher kommen schon sehr lange Holzstöße bzw. Holzkrippen zum Einsatz (s. z. B. DIN 14406-2:1983). Sie lassen sich hinsichtlich ihrer Abbrandraten, Wärmefreisetzungsraten und der Branddauer in Grenzen gut steuern und leicht herstellen. [4-6] Es gibt nach DIN EN 3-7 acht Prüfobjekte für die Brandklasse A (5A, 8A, 13A, 21A, 27A, 34A, 43A und 55A). Für die Vorversuche wurde das zweitkleinste Prüfobjekt 8A eingesetzt. Holzkrippen bilden allerdings eine Art „worst case" ab, da Löschversuche bei normativer Prüfung erst nach einer Vorbrenndauer von 8 Minuten begonnen werden. Zu diesem Zeitpunkt befinden sich die brennenden Holzkrippen in einem quasistationären Zustand des Vollbrandes, der mit einer großen Wärmefreisetzungsrate und entsprechender Wärmestrahlung verbunden ist. Auf diese Weise entstehen in kleinen Räumen sehr schnell Bedingungen, unter denen eine gefahrlose Annäherung kaum mehr, und wenn, dann nur noch in einem sehr kurzen Zeitraum nach Brandbeginn möglich ist.

Das zeigte sich auch in einem Vorversuch im Modellbrandraum mit einer Holzkrippe 8A nach DIN EN 3-7, die aus 14 Holzstabschichten besteht mit einer insgesamt 0,8 m breiten und 0,5 m tiefen Grundfläche. Hier erreichten die Temperaturen im Brandraum bereits nach 80 Sekunden und damit zehn Sekunden vor dem Verlöschen des Zündinitials Werte über 600 °C in einer Höhe von 2,2 m im Raum. Nach DIN EN 3-7 wird der Löschversuch zum Zeitpunkt 8 min nach Zündung begonnen. Zu diesem Zeitpunkt herrschten im Brandraum Temperaturen von maximal > 500°C in 2,2 m Höhe, > 350°C in 1,3 m Höhe und > 120°C in einer Höhe von 0,3 m. Schon temperaturbedingt war eine gefahrlose Annäherung nicht mehr möglich.

Daher wurde eine andere, kleinere Holzkrippe entwickelt, die an die in der UL 1715 [7] beschriebene Holzkrippe angelehnt ist. Hierbei zeigte sich, dass auch bei diesen deutlich kleineren Holzkrippen eine gefahrlose Entstehungsbrandbekämpfung nicht möglich ist, da die bei den Löschversuchen aufgezeichneten Kohlenstoffmonoxid-Konzentrationen eine solche Bewertung nicht zulassen. Vielmehr kann auch bei diesen Holzkrippenbränden unter realen Bedingungen nur von einer gefahrenarmen Brandbekämpfung ausgegangen werden.

2.3 Löschversuche

Neben der Charakterisierung der brandwissenschaftlichen Grenzen eines Brandes, die noch eine gefahrlose beziehungsweise gefahrenarme Annäherung ermöglichen, wurden zahlreiche Löschversuche mit Holzkrippen (in Anlehnung an UL 1715), Papierkörben und Adventskränzen durchgeführt. Die Brandversuche wurden mithilfe von CFD-Brandsimulationen ergänzt und verifiziert.

Die Löschversuche wurden mit Feuerwehrschutzkleidung nach DIN EN 469 einschließlich

DIE AUTOREN

Fabian Ladzinski, M.Sc.
Bergische Universität Wuppertal
Fakultät für Maschinenbau und Sicherheitstechnik
Lehrstuhl für Chemische Sicherheit und Abwehrenden Brandschutz
W 10.97
Gaußstraße 20
42119 Wuppertal

Roland Goertz, Univ.-Prof. Dr.
Bergische Universität Wuppertal
Fakultät für Maschinenbau und Sicherheitstechnik
Lehrstuhl für Chemische Sicherheit und Abwehrenden Brandschutz
W 10.97
Gaußstraße 20
42119 Wuppertal

Brandschutzhandschuhen und unter Verwendung eines Gebläsefiltersystems als Atemschutz durchgeführt. Bei der Durchführung der Löschversuche wurde an drei Stellen auf der Oberfläche der Schutzkleidung (Helmfront, Handrücken, Brusthöhe) jeweils ein Heatfluxsensor (Wärmestrahlungssensor) angebracht. Welchen Brandgaskonzentrationen die durchführende Person ausgesetzt war, wurde durch zwei mobile Gasmessgeräte erfasst. Ein Gerät befand sich an der linken Schulter, an der rechten Schulter war die Ansaugung für ein im Rucksack mitgeführtes Gasmessgerät positioniert. Gemessen wurden Kohlenstoffmonoxid (CO), Kohlenstoffdioxid (CO_2), Sauerstoff (O_2), Cyanwasserstoff (HCN) und Isobuten (C_4H_8).

3. Ergebnisse

3.1 Holzkrippenbrände

Holzkrippenbrände haben eine lange Tradition in der Quantifizierung von Löschleistungen und sind leicht zu handhaben. Andererseits verhalten sie sich -zwangsläufig- nicht wie ein sich natürlich entwickelnder Brand von Feststoffen. Es entsteht eine gewisse Künstlichkeit, insbesondere durch die Verwendung der Krippen im quasistationären Zustand, dem Vollbrand.

Der Krippenbrand 8A nach DIN EN 3-7 war bereits erheblich zu groß, um noch eine gefahrlose oder wenigstens gefahrarme Annäherung bei der Brandbekämpfung zu ermöglichen. Das zeigt sich bereits im Vergleich zwischen der normativ erforderlichen Raumfläche für die Prüfung im Vergleich zu üblichen Flächen von Büroräumen. Die Krippenbrände der DIN EN 3-7 bilden letztlich keine Entstehungsbrände im Sinne der ASR A2.2 ab. Die in Anlehnung an die UL 1715 konzipierte kleinere Holzkrippe ermöglicht zumindest noch eine gefahrarme Annäherung und erwies sich für die durchgeführten Untersuchungen als praktikabel.

3.2 Löschversuche

Es wurden Löschversuche in folgenden Kombinationen durchgeführt:

- Holzkrippenbrände in Anlehnung an UL 1715
  - Übungsfeuerlöscher 3 Liter
  - Feuerlöschspray 700 ml
- Papierkorbbrände
  - Feuerlöschspray 700 ml
- Adventskranzbrände
  - Feuerlöschspray 700 ml

Im Allgemeinen traten beim Löschen von Holzkrippenbränden (nach UL 1715) auf der Oberfläche der löschenden Person Wärmestromdichten zwischen 147 W/m² bis zu maximal 4.600 W/m² auf, je nach Experiment und Position des Heatfluxsensors am Körper. Die höchsten Werte traten beim Löschen von Holzkrippenbränden mit Feuerlöschsprays auf. Übliche Werte am Helm liegen beim Löschen der Holzkrippe mit Feuerlöscher bei 1.600 W/m², am Handrücken der Hand, in der sich der Feuerlöscher befindet, bei 1.500 W/m².

3.2.1 Adventskränze

Auch beim Ablöschen der Adventskranzbrände mit einem Durchmesser von ca. 0,4 m sowie einem Gewicht zwischen 1,1 kg und 1,7 kg zeigte der Einsatz eines Feuerlöschsprays einen vollständigen Löscherfolg. Die relevanten Gaskonzentrationen sowie der Wärmestrom zeigten keine auffälligen Werte. Da keine Zweifel bestanden, dass auch der 3-Liter-Feuerlöscher zu einem vollständigen Löscherfolg führen würde, wurde auf das Experiment verzichtet.

3.2.2 Papierkörbe

In allen drei Experimenten ließ sich der brennende Papierkorb mit Hilfe eines Feuerlöschsprays nach 11 Sekunden bis 12 Sekunden vollständig ablöschen. In allen Fällen war im Aerosolbehälter noch ein ausreichendes Restvolumen an Löschmittel vorhanden, um im Bedarfsfall noch weitere Löschmaßnahmen durchführen zu können. Die Gaskonzentrationen sowie die gemessenen Wärmeströme nahmen keine bedeutungsvollen Werte an. Auch hier bestanden keine Zweifel daran, dass auch der 3-Liter-Feuerlöscher zu einem vollständigen Löscherfolg führen würde, insofern wurde auf das Experiment verzichtet.

3.2.3 Holzkrippen

Die Feuerlöscher mit 3 Litern Wasser als Löschmittel konnten die Holzkrippen mit 1,3 Litern bis 2 Litern Löschmittel innerhalb von ca. 13 Sekunden bis 16 Sekunden ablöschen. Während zu Beginn des Löschversuchs die CO-Konzentration noch sehr gering war, zeigte sich durch den Löschvorgang ein starker Anstieg der CO-Freisetzung, die vermutlich durch die Reaktion des Wassers mit dem glühenden Kohlenstoff hervorgerufen wird.

$$C + H_2O \square CO + H_2.$$

Der Wärmestrom, der auf die löschende Person einwirkt, liegt im Bereich von ca. 1.500 W/m² bis 1.600 W/m².

Der Einsatz eines Feuerlöschsprays zeigt bei den Holzkrippenbränden keinen vollständigen Löscherfolg. Während die CO-Konzentrationen den Werten der Feuerlöscher gleichen, treten mit bis zu 4.600 W/m² deutlich höhere Werte für den Wärmestrom auf der Oberfläche der löschenden Person auf. Werden zwei Feuerlöschsprays nacheinander eingesetzt, tritt in einem Versuch ein vollständiger Löscherfolg unmittelbar, in zwei weiteren Versuchen mittelbar, also nach ca. 30 Sekunden bis 5 Minuten, ein. In zwei Experi-

menten ließ sich auch mit zwei nacheinander eingesetzten Feuerlöschsprays kein Löscherfolg erzielen.

4. Zusammenfassung und Fazit

Die Holzkrippen nach DIN EN 3-7 bilden keinen Entstehungsbrand im Sinne der ASR A2.2 ab. Sie sind hinsichtlich der Wärmefreisetzungsrate und des Abbrandverhaltens deutlich zu groß. Die Löschleistungsfähigkeit der tragbaren Feuerlöscher nach DIN EN 3-7 ist dementsprechend sehr groß.

Als Fazit dieser Untersuchungen ergab sich insbesondere, dass bei idealen Bedingungen und schneller Einleitung des Löschangriffs bereits ein Löschvermögen von 5A (kleinste mögliche Feuerlöscherklassifizierung hinsichtlich Feststoffbränden) beziehungsweise eine Löscheinheit (LE) nach ASR A2.2, ausreichten, um einen Entstehungsbrand zu löschen. Demnach eignen sich auch Feuerlöschsprays nach DIN EN 16856-2020 für eine Bekämpfung eines Entstehungsbrandes, sofern eine kurze Eingreifzeit zugrunde liegt.

Insgesamt zeigt sich das Konzept der ASR A2.2 als tragfähig. Bei der Nutzung von Feuerlöschsprays zur Verkürzung der Eingreifzeit bei gleichzeitig vorhandener praktischer Erfahrung („Spraydose“) auch bei Ungeübten lassen sich die Zeitvorteile bei der Entstehungsbrandbekämpfung gut nutzen. Wird der Brand erst später erkannt und die Brandbekämpfung daher erst zu einem späteren Zeitpunkt eingeleitet, bedarf es der Feuerlöscher, um mit einer größeren Löschleistungsfähigkeit die Maßnahmen durchzuführen. Hierbei kann jedoch bei Räumlichkeiten, die mit einer Büronutzung vergleichbar sind, möglicherweise keine gefahrlose Annäherung mehr sichergestellt werden.

Damit bestätigt sich letztlich auch im Wesentlichen die „Empfehlung zu den Bedingungen für den Einsatz von Feuerlöschsprays mit mindestens 2 Löschmitteleinheiten (LE) für die Grundausstattung in Arbeitsstätten mit normaler Brandgefährdung“ [8], wonach je angefangene 400 m² Grundfläche mindestens ein Feuerlöscher mit 6 Löschmitteleinheiten (LE) auf kurzem Wege erreichbar sein soll und die übrigen Löschmitteleinheiten durch Feuerlöschsprays mit mindestens 2 LE gleichmäßig im Anwendungsbereich verteilt werden. ■

Der vollständige Abschlussbericht zum DGUV-Forschungsprojekt FP 0405 ist bei der DGUV als Download erhältlich.
https://dguv.de/projektdatenbank/0405/abschlussbericht_fp_0405.pdf

LITERATUR

[1] *F. Landzinski, R. Goertz, Abschlussbericht zum Forschungsprojekt „Schutz der Versicherten bei der Bekämpfung von Entstehungsbränden“ (SUVE): DGUV FP-0405 2022.*

[2] *ASR A2.2 Maßnahmen gegen Brände, Technische Regeln für Arbeitsstätten (Eds: Ausschuss für Arbeitsstätten), GMBl 2022, S. 247 2018, Ausgabe 2022.*

[3] *ASR A1.2 Raumabmessungen und Bewegungsflächen, 2022nd ed., Technische Regeln für Arbeitsstätten (Eds: Ausschuss für Arbeitsstätten) 2013.*

[4] *V. Gupta, J. L. Torero, J. P. Hidalgo, Combustion and Flame 2021, 228, 42 – 56. DOI: 10.1016/j.combustflame.2021.01.031.*

[5] *The burning of wood and plastic cribs in an enclosure: Volume I: Final Report, Vol. 1980 (Eds: J. G. Quintere, B. J. McCaffrey), Washington D.C. 1980.*

[6] *The burning of wood and plastic cribs in an enclosure: Volume II: Final Report (Eds: J. G. Quintere, B. J. McCaffrey, M. Harkleroad), Washington D.C. 1980.*

[7] *UL 1715 – 1997-09-09 – Beuth.de, https://www.beuth.de/de/norm/ul-1715/37096053 2024.*

[8] *Empfehlung zu den Bedingungen für den Einsatz von Feuerlöschsprays mit mindestens 2 Löschmitteleinheiten (LE) für die Grundausstattung in Arbeitsstätten mit normaler Brandgefährdung, abweichend von der ASR A2.2 „Maßnahmen gegen Brände“ (Eds: Ausschuss für Arbeitsstätten) 202*