Schlussbericht

zum Vorhaben

Optimierung der Brandbekämpfungsmethoden und -techniken für Gebäude in moderner Holzbauweise

HoBraTec

Zuwendungsempfänger:

Teilvorhaben 1:

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Inneres und Sport - Feuerwehr
FLSt34 - Forschungsprojekt HoBraTec
Westphalensweg 1
20099 Hamburg

Teilvorhaben 2:

Institut für Brand- und Katastrophenschutz
Heyrothsberge
Abteilung Forschung
Biederitzer Straße 5
39175 Biederitz

Teilvorhaben 3:

Hochschule Magdeburg-Stendal
Fachbereich Wasser, Umwelt, Bau und Sicherheit
Breitscheidstraße 2
39114 Magdeburg

Laufzeit: **01.07.2021 bis 31.03.2024**

Monat der Erstellung: **09/2024**

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 13N15746, 13N15747 und 13N15748 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorenschaft.

Autoren

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Inneres und Sport - Feuerwehr
FLSt34 Forschungsprojekt HoBraTec

M.Sc. Kevin Klein

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Wellisch (Verbundkoordinator)

Inhaltsverzeichnis

I. Kurzbericht 1

1. Aufgabenstellung 1

2. Wissenschaftlicher und technischer Stand 1

3. Planung und Ablauf des Vorhabens 2

4. Zusammenarbeit mit anderen Stellen 8

5. Wesentliche Ergebnisse 9

I. Kurzbericht

1. Aufgabenstellung

Ziel des Verbundprojektes HoBraTec war es, Erkenntnisse zur effizienten Bekämpfung von Bränden in Holzgebäuden zu erlangen. Dazu sollten Erfahrungen zur Entstehung und Fortpflanzung von Glimm- sowie Schwelbränden in Holzkonstruktionen im Allgemeinen und unter Berücksichtigung von brennbaren Dämmstoffen gewonnen werden.

Einen Schwerpunkt stellte dabei die Untersuchung des Einflusses von immobilen Brandlasten (brennbare Oberflächen) an der Forcierung des Brandgeschehens und deren Auswirkungen auf den Löschangriff dar. Des Weiteren sollten valide Kenntnisse erlangt werden, unter welchen Randbedingungen bereits unter Kontrolle geglaubte Brandereignisse erneut an Brisanz gewinnen, und möglicherweise zu nicht beherrschbaren Ereignissen führen.

Wesentlicher Untersuchungsgegenstand war hierbei die Überprüfung der derzeitig bei Feuerwehren verwendeten Wärmebildkameras hinsichtlich der Möglichkeiten zur Lokalisierung von Bränden in Hohlräumen und Konstruktionen. In Brandversuchen sollten die bei den initiierten Versuchsbränden in Hohlräumen auftretenden wärmephysikalischen Parameter sowohl mit geeigneter wissenschaftlicher Messtechnik (Thermoelemente, Wärmeflussaufnehmer, wissenschaftliche Wärmebildkameras) als auch mit den bei Feuerwehren standardmäßig eingesetzten Einsatzmitteln (z. B. einfach handhabbare Wärmebildkameras) erfasst und miteinander verglichen werden.

Darauf aufbauend galt es Vorschläge zur Anschaffung von geeigneten, auf solche Einsatzgeschehen angepasste, Einsatzmittel zu ermöglichen. Ebenfalls waren die Auswirkungen taktischer Einsatzmaßnahmen auf das Brandgeschehen in den Rahmen der Untersuchungen aufzunehmen. Im Fokus stand die Frage, ob und in welchem Umfang, die Herstellung von Öffnungen in Konstruktionen einen Einfluss auf die Beherrschbarkeit des Brandes (Brandforcierung vs. Wärmeabgabe) ausübt. Des Weiteren galt es die Wirksamkeit der aktuell verwendeten Löschtechnik, bei der Bekämpfung von Bränden in Hohlräumen, zu untersuchen und beim Vorliegen von Optimierungsbedarf Vorschläge für Neuanschaffungen zu unterbreiten. Die Ergebnisse sollten den Feuerwehren in Form von Richtlinien und Merkblättern der vfdb und des GDV zugänglich gemacht werden. Zusätzlich galt es den Landesfeuerwehrschulen ein Ausbildungskonzept zur Verfügung zu stellen. Dieses Konzept und die daraus hervorgehenden Handlungsanweisungen stellen sicher, dass die wissenschaftlichen Ergebnisse auch umgesetzt werden können.

2. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Von Seiten der Feuerwehren werden unkontrollierbare Hohlraumbrände als ein wesentliches Gefahrenpotential in Holzgebäuden gesehen. Daher sind umfangreiche Maßnahmen zu ergreifen, um solch ein Szenario zu verhindern (1). So muss die Hohlraumdämmung hochfeuerhemmender Bauteile zwingend nichtbrennbar aus mineralischen Baustoffen ausgeführt sein und das gesamte Gefach ausfüllen. Installationen dürfen nicht durch diese Bauteile geführt werden, für sie sind zusätzlichen Installationskanäle erforderlich.

Die Bedenken der Feuerwehren sind damit begründet, dass keine gesicherte Möglichkeit bekannt ist, um Hohlraumbrände zu detektieren. Wenn ein Brand nicht erkannt werden kann, kann er auch nicht beherrscht werden.

Ein weiterer Aspekt ist, dass wirksame Löscharbeiten nur möglich sind, wenn der Brandherd erreicht werden kann. Mit der bei deutschen Feuerwehren verbreiteten technischen Ausstattung können Brände in Hohlräumen nicht oder nur eingeschränkt bekämpft werden. Die Konsequenz ist, dass zur Bekämpfung von Hohlraumbränden große Löschwassermengen eingesetzt und Bauteile großflächig geöffnet werden, mit dem entsprechenden Schadensbild.

Ein dritter Aspekt ist, dass das Tragwerk von Gebäuden der Gebäudeklasse 5 bislang aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen musste, was die konstruktive Verwendung von Holz verhindert

hat. Durch die in mehreren Bundesländern, so auch in Hamburg, vollzogenen Lockerungen, kann das Tragwerk eines Objektes der Gebäudeklasse 5 nun zum Brandgeschehen beitragen. Konnten die Feuerwehren in der Vergangenheit davon ausgehen, dass eine Nutzungseinheit ausbrennen kann, ohne dass das Tragwerk nachhaltig geschädigt wird, ist dieser Grundsatz heute nicht mehr anwendbar.

Vielmehr muss die Taktik der Feuerwehr nun auf die aktive Bekämpfung von Konstruktionsbränden ausgelegt werden, was einen grundsätzlich anderen Ansatz darstellt. Auch hier trifft die Erkenntnis zu, dass ein Brand nur beherrscht werden kann, wenn er erkannt wurde. Entsprechende Erfahrungen fehlen den Feuerwehrwehren jedoch auch in Bezug auf diesen Aspekt.

Durch das Forschungsprojekt HoBraTec galt es diese Lücke zu schließen. Ziel war es, den Feuerwehren Handlungsempfehlungen zur Verfügung zu stellen, um Hohlraum- und Konstruktionsbrände sicher zu erkennen, verdeckte Brandherde zu erreichen und damit eine effiziente Brandbekämpfung gewährleisten zu können.

Im Zuge der Einführung der Muster-Holzbaurichtlinie als Technische Baubestimmung in Hamburg wurde eine Festlegung zu Holzfassaden an Gebäuden der Gebäudeklassen 4 und 5 getroffen. Demnach sind, die Einhaltung spezifischer Details vorausgesetzt, Holzfassaden zulässig, wenn sie auf einer nichtbrennbaren Bauteilebene montiert sind und jede Gebäudeseite mit einer Außenwandbekleidung aus Holz oder Holzwerkstoffen für wirksame Löscharbeiten erreicht werden kann.

Nach der Muster-Holzbaurichtlinie müssen zur Erreichbarkeit von Holzfassaden ggf. Zu- und Durchfahrten sowie Bewegungsflächen vorgesehen werden. Eine Forderung, welche, insbesondere im urbanen Raum, die Realisierbarkeit von Holzfassaden erheblich eingeschränkt. Durch die Erarbeitung innovativer Brandbekämpfungsstrategien, welche keine unmittelbare Erreichbarkeit der Fassade erfordert, besteht ein enormes Potential zur weiteren Verbreitung von Holzfassaden und den damit verbundenen CO2-Einsparpotentialen.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Ziel des **AP-Nr. 1** ist die Identifizierung von repräsentativen Holzbauelementen aus dem jüngeren Gebäudebestand in Hamburg sowie zukünftiger Bauweisen auf Grundlage der geänderten bauaufsichtlichen Rahmenbedingungen einschließlich Auflistung von geeigneten Einsatzmitteln zur Lokalisierung von Bränden, Öffnung von Bauelementen sowie zum Löschen von Bränden in Holzkonstruktionen und der Durchführung einer Recherche zu bisherigen Forschungsergebnissen hinsichtlich der Beschreibung der Brandentwicklung.

AP-Nr. 1	**Analyse der Brandbekämpfungsstrategien international und national, Übertragung der Erkenntnisse auf die Freie und Hansestadt Hamburg (10 PM)**			
Teil-AP-Nr. 1.1	**Recherche zu internationalen Brandbekämpfungsstrategien und Analyse der Anwendbarkeit in Hamburg**			
Teilnehmer	FW Hamburg	HMS	IBK	**Zeitraum** Projektmonat 1 bis Projektmonat 4
Ressourcen	4 PM			
Voraussetzungen des Teilarbeitspakets				
Zugang zu nationalen und internationalen Veröffentlichungen. Kontakt zu nationalen und internationalen Feuerwehren.				
Ziele des Teilarbeitspakets				
Identifikation bisher publizierter und nicht publizierter taktischer und technischer Brandbekämpfungsmethoden; Prüfung der Übertragbarkeit der Brandbekämpfungsmethoden auf Hamburg; Schaffung einer breiten Basis für die Akzeptanz des Forschungsprojektes in Feuerwehrkreisen.				

Beschreibung der konkreten Arbeiten/Tätigkeiten
Über Literaturrecherchen soll ein Überblick zu international praktizierten Strategien (taktisch und technisch) zur Bekämpfung von Hohlraum- und Konstruktionsbränden in Holzbauten generiert werden. Der Fokus liegt dabei auf den Ländern und Regionen, in denen der Holzbau bereits breite Anwendung findet (Skandinavien, Nordamerika, Schweiz, Österreich etc.). Durch Experteninterviews soll das bei den dortigen Feuerwehren vorhandene Wissen strukturiert erhoben werden. Hierbei stehen insbesondere Hintergrundinformationen, die Publikationen nicht entnommen werden können, im Fokus. Nach Aufbereitung der erhobenen Daten wird die Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf die bautechnischen und infrastrukturellen Gegebenheiten in Hamburg geprüft. Die als übertragbar bewerteten taktischen und technischen Strategien werden in einem Katalog zusammengestellt und dienen als Grundlage für die experimentellen Untersuchungen der Teil-Arbeitspakete 2.1 und 3.1. Im Rahmen des Teil-Arbeitspaktes 1.1 ist die Bildung eines nationalen Expertengremiums aus Vertretern von haupt- und ehrenamtlichen Feuerwehren geplant. Hierdurch sollen die Akzeptanz der in diesem Forschungsvorhaben generierten Ergebnisse gewährleistet und bereits existierende Erfahrungen der Teilnehmer berücksichtigt werden.
Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket
• Strategiekatalog nationaler und internationaler Brandbekämpfungsmethoden für den Holzbau • Etablierung eines nationalen Expertengremiums für die Brandbekämpfung im Holzbau

Ziel des **AP-Nr. 2** ist die Darstellung des Einflusses von Brandfläche, Ventilation, Konstruktionsweise (Massivholz/Holztafelbau/Dämmung) auf die Brandentstehung, den Brandverlauf und die Weiterleitung in Wand- und Deckenkonstruktionen und wie sich die jeweiligen Entwicklungsstufen in einer Wärmebildkamera der Feuerwehr abbilden, einschließlich der Entwicklung eines standardisierten Versuchsaufbaus mit repräsentativen Brandszenarien.

AP-Nr. 2	**Experimentelle und numerische Untersuchung des Einflusses von Brandfläche, Ventilation und Konstruktionsweise auf den Brandverlauf (14 PM)**			
Teil-AP-Nr. 2.1	**Experimentelle Untersuchung unterschiedlicher Öffnungstechniken an repräsentativen Wand- und Deckenkonstruktionen in Holzbauweise**			
Teilnehmer	FW Hamburg	HMS	IBK	**Zeitraum** Projektmonat 5 bis Projektmonat 7
Ressourcen	3 PM			
Voraussetzungen des Teilarbeitspakets				
• Erstellung eines Strategiekataloges mit nationalen und internationalen Methoden zur Brandbekämpfung im Holzbau • Erstellung eines Bauteilkatalogs mit praxisrelevanten Konstruktionsweisen				
Ziele des Teilarbeitspakets				
Überprüfung taktischer und technischer Strategien im Rahmen von Kaltversuchen an dem in AP 1.1 konzeptionierten Versuchscontainer; Erkenntnisgewinn zu effektiven				

Öffnungsmethoden als Grundlage für die experimentellen Untersuchungen im Rahmen des AP 3.1.
Beschreibung der konkreten Arbeiten/Tätigkeiten
Die im AP 1.1 erhobenen und bewerteten Öffnungstechniken sollen im Rahmen des AP 2.1 durch Einsatzkräfte der Feuerwehr Hamburg auf deren Praktikabilität überprüft und ggf. variiert werden. Dazu werden die vom Projektpartner HMS erarbeiteten repräsentativen Konstruktionen in einem speziell konzeptionierten Versuchscontainer im Rahmen von Kaltversuchen, also ohne Entzündung der brennbaren Materialien, mit unterschiedlichen Methoden bzw. Werkzeugen bearbeitet. Hierbei sollen Erkenntnisse gewonnen werden, wie Konstruktionen effizient geöffnet werden können. Die beteiligten Einsatzkräfte werden hierdurch in die Lage versetzt, bei den anschließenden Brandversuchen (AP 3) zielgerichtet zu agieren. Untersucht werden insbesondere Techniken zur Sondierung und zur minimalinvasiven Bauteilöffnung, die eine zielgerichtete Erkennung, Eindämmung und Beseitigung von Bränden ermöglicht, ohne eine unverhältnismäßige Schadenausweitung zu bewirken. Ein weiterer wesentlicher Beitrag ist die Beratung der Projektpartner HMS und IBK bei der Durchführung der Brandversuche in Bezug auf die Anwendung der Löschtechniken unter einsatztaktischen Aspekten der Feuerwehr.
Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket
• Konzeptionierung eines Versuchscontainers zur Durchführung von Bauteilversuchen im Kaltzustand, Brandversuche im AP 3 und als Basis für einen Einsatzsimulator in AP 5 • Übersicht praktikabler Sondierungs- und Öffnungswerkzeuge für unterschiedliche Konstruktionen • Übersicht effizienter Sondierungs- und Öffnungstechniken für unterschiedliche Konstruktionen • Erkenntnisse zur zielgerichteten und effizienten Sondierung und Bauteilöffnung im Rahmen der anschließenden Brandversuche (AP 3)

Ziel des **AP-Nr. 3** ist die Validierung der im AP 1 als geeignet bewerteten Löschmittel und Löschtechniken (z. B. Applikation in Form von Wassernebel, Löschwasser mit Netzmittel oder Schaum) für Brände in Wänden und den darin verwendeten Dämmmaterialien sowie des Einflusses der Löschmethoden auf die Daten der Wärmebildkamera und der anschließenden Öffnung der Konstruktion mittels Feuerwehreinsatzmitteln an einem standardisierten Versuchscontainer.

AP-Nr. 3	**Experimentelle Untersuchung und Optimierung geeigneter Löschtechnik und -taktik unter Zuhilfenahme von Einsatzmitteln, wie Wärmebildkameras (21 PM)**			
Teil-AP-Nr. 3.1	**Experimentelle Untersuchung von Detektions-, Eindämmungs- und Öffnungstechniken an Bauteilen nach Brandbeanspruchung**			
Teilnehmer	FW Hamburg	HMS	IBK	**Zeitraum** Projektmonat 8 bis Projektmonat 19
Ressourcen	12 PM			

Voraussetzungen des Teilarbeitspakets
• Konzeptionierung eines Versuchscontainers zur Durchführung von Bauteilversuchen im Kaltzustand • Übersicht praktikabler Sondierungs- und Öffnungswerkzeuge für unterschiedliche Konstruktionen • Übersicht effizienter Sondierungs- und Öffnungstechniken für unterschiedliche Konstruktionen • Erkenntnisse zur zielgerichteten und effizienten und zielgerichteten Sondierung und Bauteilöffnung
Ziele des Teilarbeitspakets
Überprüfung der im Rahmen der Vorversuche (AP 2.1) entwickelten taktischen und technischen Vorgehensweisen an brandbeanspruchten Bauteilen in realistischer geometrischer Lage. Erprobung alternativer Detektionsgeräte unter einsatznahen Bedingungen; Ableitung konkreter Handlungsempfehlungen für den Feuerwehreinsatz.
Beschreibung der konkreten Arbeiten/Tätigkeiten
Die in den vorhergehenden Arbeitspaketen identifizierten und im mittleren Versuchsmaßstab gewonnen Erkenntnisse zur Detektion von verdeckten Bränden und zu minimalinvasiven Bauteilöffnungen sollen im Rahmen großmaßstäblicher Versuche zusammengeführt und aufeinander abgestimmt werden. Hierdurch soll die Wirksamkeit der in den Vorversuchen entwickelten Strategien und Techniken belegt werden. Auf dieser Basis sollen konkrete Handlungsempfehlungen für den Feuerwehreinsatz abgeleitet werden, welche vier Schritte der Bekämpfung von Hohlraumbränden abdecken (zerstörungsfreie Erkundung, Lokalisierung mittels Sondierung, Eindämmung des Brandherdes durch minimalinvasive Eingriffe, Ausheben und Ablöschen des Brandherdes). Neben der wissenschaftlich ermittelten Wirksamkeit der Löschtechniken und -taktiken durch die Projektpartner HMS und IBK sollen ebenfalls die durch die Einsatzkräfte bei den Kaltversuchen gesammelten Erfahrungen berücksichtigt werden.
Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket
• Wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse zu Möglichkeiten und Grenzen der Erkennbarkeit, der Eindämmung und der Erreichbarkeit eines Brandherdes bei repräsentativen Holzbauteilen • Empirische Erkenntnisse zur effizienten und schadenarmen Brandbekämpfung im Holzbau • Grundlagen für die Erarbeitung von spezifischen Einsatz- und Ausbildungskonzepten sowie von Richtlinien für den Brandeinsatz bei Holzbauten (AP 4)

Ziel des **AP-Nr. 4** ist die Darstellung des Einflusses von charakteristischen Kenngrößen der Löschtechnik auf den Verlauf von Bränden in Hohlräumen einschließlich Erprobung der ermittelten operativ-taktischen Strategie durch Feuerwehreinsatzkräfte im Realmaßstab.

AP-Nr. 4	**Ermittlung von charakteristischen Kenngrößen bei der Anwendung geeigneter Löschmittel und -techniken im Realmaßstab (14 PM)**			
Teil-AP-Nr. 4.1	**Experimentelle Untersuchung von Detektions-, Eindämmungs- und Öffnungstechniken an Bauteilen nach Brandbeanspruchung unter Berücksichtigung der im Feuerwehreinsatz zu erwartenden Gegebenheiten.**			
Teilnehmer	FW Hamburg	HMS	IBK	**Zeitraum** Projektmonat 17 bis Projektmonat 23
Ressourcen	7 PM			

Voraussetzungen des Teilarbeitspakets

Wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse zu Möglichkeiten und Grenzen der Erkennbarkeit, der Eindämmung und der Erreichbarkeit eines Brandherdes bei repräsentativen Holzbauteilen.

Ziele des Teilarbeitspakets

Validierung der experimentell entwickelten Löschtechnik und -taktik und Identifizierung von Anforderungen an ein Ausbildungskonzept.

Beschreibung der konkreten Arbeiten/Tätigkeiten

In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern HMS und IBK werden Übungsszenarien für Belegversuche im Zentrum für Brandschutzforschung Braunschweig erarbeitet.

Die Wirksamkeit von Löscharbeiten hängt davon ab, wie gut Brandherde erkannt, eingedämmt und zur abschließenden Brandbekämpfung erreicht werden können. Diese Trias wird für Holzbauten in realmaßstäblichen Brandversuchen experimentell untersucht, um die im Rahmen der Vorversuche entwickelten Techniken zu validieren. Die realmaßstäblichen Versuche erlauben es, Möglichkeiten und Grenzen unterschiedlicher Angriffswege und Werkzeuge zu untersuchen. Insbesondere der Einsatz von schweren Werkzeugen setzt voraus, dass die Einsatzkräfte einen sicheren Stand haben. Tragbare Leitern kommen hier in der Regel nicht in Betracht und Hubarbeitsgeräte, die grundsätzlich eine sichere Arbeitsplattform darstellen, können nicht bei jedem Gebäude eingesetzt werden, da entsprechende Aufstellflächen für die Brandbekämpfung gesetzlich nicht gefordert sind und aus städtebaulichen Gesichtspunkten nicht realisiert werden können.

Um allgemeingültige Empfehlungen für die Brandbekämpfung in Holzgebäuden zu entwickeln, soll ein Angriff der Feuerwehr vom Inneren eines Gebäudes untersucht werden, da dort grundsätzlich sichere Arbeitsbedingungen geschaffen werden können.

Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket

- Überprüfung der Wirksamkeit der Brandbekämpfungstechniken und –taktiken im Realmaßstab
- Katalog an praxistauglichen technisch-taktischen Methoden zur Bekämpfung von Bränden in modernen Holzgebäuden

Ziel des **AP-Nr. 5** ist die Untersuchung von Ausbildungserfordernissen, Ableitung von Lehr- und Lernzielen für die optimalen Schulungsmaßnahmen sowie Entwicklung eines Ausbildungskonzeptes und eines Modelllehrgangs.

AP-Nr. 5	Entwicklung von Übungsszenarien/ -konzepten für Feuerwehren und Landesfeuerwehrschulen (11 PM)			
Teil-AP-Nr. 5.1	Entwicklung und Erprobung des Einsatzsimulators und des Ausbildungskonzeptes mit haupt- und ehrenamtlichen Feuerwehrangehörigen			
Teilnehmer	FW Hamburg	HMS	IBK	Zeitraum Projektmonat 21 bis Projektmonat 25
Ressourcen	5 PM			

Voraussetzungen des Teilarbeitspakets

Entwicklung von Möglichkeiten zur praxisgerechten Weitergabe der Erkenntnisse aus den nummerischen und experimentellen Untersuchungen (AP 2, AP 3, AP 4) an den Anwender.

Ziele des Teilarbeitspakets

Aufbereitung der Brandversuche und Unterstützung der Projektpartner bei der Erstellung von Schulungsmaterialien.

Beschreibung der konkreten Arbeiten/Tätigkeiten

Effiziente Löscharbeiten in modernen Holzgebäuden erfordern ein fundiertes Basiswissen zum Holzbau, zu den spezifischen Brandphänomen und zum zielgerichteten Einsatz von Löschmitteln und Löschgeräten. Im Rahmen des Arbeitspaktes werden die für den Feuerwehreinsatz relevanten handwerklich-praktischen Aspekte evaluiert und in Ausbildungsunterlagen aufbereitet.

Im Vordergrund stehen hierbei die Schadensbegrenzung bzw. Schadensminimierung bei Brandeinsätzen in Holzbauten. Grundlegende Erkenntnisse aus den vorherigen Arbeitspaketen sollen hierbei praxistauglich aufbereitet werden. Durch die Entwicklung eines Einsatzsimulators soll die Möglichkeit geschaffen werden, wesentliche Brandphänomene darzustellen, um Erkennungs-, Eindämmungs- und Öffnungspraktiken trainieren zu können. Hierdurch sollen die Feuerwehren in die Lage versetzt werden, Brandereignisse in Holzbauten fachgerecht einzuschätzen und eine Taktik zu wählen, die Aspekte der Sicherheit und der Schadenbegrenzung vereint.

Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket

- Evaluierte, praxisnahe Ausbildungsinhalte für die Vermittlung von taktischen und technischen Methoden zur Brandbekämpfung in Holzbauten
- Prototyp eines durch ehren- und hauptamtlich erprobten Einsatzsimulators

Ziel des **AP-Nr. 6** ist die Präsentation und öffentliche respektive wissenschaftliche Diskussion der Projektfortschritte und Ergebnisse.

AP-Nr. 6	Publikation und Wissenstransfer (4 PM)			
Teil-AP-Nr. 6.1	Publikation in feuerwehrspezifischen Fachzeitschriften und Informationsweitergabe an Fachgremien und Fachverbände des Brandschutz- und Feuerwehrwesens.			
Teilnehmer	FW Hamburg	HMS	IBK	Zeitraum Projektmonat 26
Ressourcen	1 PM			

Voraussetzungen des Teilarbeitspakets

Ergebnisse aus den vorhergehenden Arbeitspaketen.

Ziele des Teilarbeitspakets
Erstellung und Verteilung zielgruppenorientierter Informationen für ehrenamtliche und hauptamtliche Feuerwehrkräfte sowie Brandschutzdienststellen. Durchführung von Impuls- und Fachvorträgen auf Fachtagungen und Sitzungen von Fachausschüssen.
Beschreibung der konkreten Arbeiten/Tätigkeiten
Bestehende Verbindungen der Feuerwehr Hamburg zu Fachverbänden, wie der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren (AGBF) und des Deutschen Feuerwehrverbandes (DFV), Vereinigungen, wie der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes (vfdb) und Fachgremien, wie der Projektgruppe Muster-Holzbaurichtlinie der Bauministerkonferenz, sollen gezielt genutzt werden, um die Erkenntnisse des Forschungsprojektes an den jeweiligen Anwender weiterzugeben. Hierzu soll neben Publikationen und Fachmedien der direkte Kontakt zu Anwendern aufgenommen werden, um fachliche Diskussionen und die Weitergabe von Hintergrundinformationen zu ermöglichen. Aufgrund der Relevanz des Forschungsgegenstandes für unterschiedliche Interessensgruppen, wie Feuerwehren, Bauaufsichtsbehörden, Forschungseinrichtungen und Hochschulen wird die Feuerwehr Hamburg Beiträge der Verbundpartner begleiten bzw. vertreten.
Ergebnisse aus dem Teilarbeitspaket
• Publikationen für unterschiedliche Zielgruppen • Beiträge zur Präsentation bei Verbänden, Vereinigungen und Gremien

4. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Zur anwenderorientierten Weiterentwicklung von Brandbekämpfungstechniken und -taktiken für Hohlraumbrände wurde der ganzheitliche Ansatz verfolgt, durch Vereinigung von Forschung und Anwender praxistaugliche Lösungen weiterzuentwickeln. Die Feuerwehr Hamburg entwickelte und erprobte als Endanwender neue Brandbekämpfungsstrategien. Durch das Institut für Brand- und Katastrophenschutz fand die wissenschaftliche Begleitung der Feuerwehr statt, damit praxistaugliche und wissenschaftlich fundierte Techniken und Taktiken das Endergebnis darstellen. Die Hochschule Magdeburg-Stendal ist mit ihrer Expertise im Bereich des baulichen konstruktiven Brandschutzes zur Untersuchung der Branddynamik von Hohlraumbränden verantwortlich gewesen.

Teilvorhaben 1 der Feuerwehr Hamburg: Entwicklung und Erprobung neuer Techniken und Taktiken zur Brandbekämpfung von Konstruktions- und Hohlraumbränden im Holzbau

Teilvorhaben 2 der Hochschule Magdeburg-Stendal: Grundlagen der Branddynamik von Konstruktions- und Hohlraumbränden im Holzbau

Teilvorhaben 3 des Institutes für Brand- und Katastrophenschutz: Validierung von Einsatzmitteln der Feuerwehr zur Brandbekämpfung von Konstruktions- und Hohlraumbränden im Holzbau

Die im AP 4 vorgesehenen Belegversuche im Realmaßstab fanden im Zentrum für Brandschutzforschung des Institutes für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB) der TU Braunschweig statt. Weder die Hochschule Magdeburg-Stendal noch das Institut für Brand- und Katastrophenschutz verfügen über eine vergleichbare Infrastruktur, um Brandversuche in dem

geplanten Maßstab durchzuführen. Durch die am iBMB durchgeführte Brandschutzforschung und die enge Zusammenarbeit mit der Materialprüfanstalt stand neben der erforderlichen Ausstattung auch die notwendige Expertise zur Durchführung der Belegversuche zur Verfügung.

Die Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb) stellte sich als eine wichtige Plattform heraus und bildete Netzwerk für die Verteilung der erarbeiteten Ergebnisse im Projekt an Ingenieure und Einsatzkräfte gleichermaßen. Hierfür können Veröffentlichungen auf der Fachtagung oder in der Fachzeitschrift des Vereins sowie eine gemeinsame Erarbeitung von Richtlinien bzw. Merkblätter genutzt werden. Die Zusammenarbeit mit der vfdb im Projekt findet dementsprechend hauptsächlich in den Arbeitspaket 5 und 6 statt.

Im Zuge des Projektgeschehens fand außerdem eine Zusammenarbeit mit der Industrie statt, um die gesetzten Projektziele zu erreichen. So wurden gezielt Industriepartner angesprochen, welche Leihgaben in Form von Werkzeugen für die Öffnungsversuche zur Verfügung stellten. Hierbei handelte es sich in Teilen um Arbeitsmittel, deren Anschaffung entgegen der monetären Projektziele stand. Insbesondere ist hier die Zusammenarbeit mit dem Entwickler eines Bohrlöschgerätes zu erwähnen. Der ursprüngliche Einsatzzweck des Gerätes galt der Brandbekämpfung im Bereich von Dachstühlen. Das Forschungsvorhaben HoBraTec konnte weitere Anwendungsbereiche, auch über den Holzbau hinaus, aufzeigen. Infolgedessen fand eine Weiterentwicklung des Gerätes statt, welche zu Einsatzmöglichkeiten bei der Brandbekämpfung von Bränden in Hohlräumen sowie in der Fassadenbrandbekämpfung führten. Diese technischen Weiterentwicklungen befinden sich in Teilen bereits in der Serienproduktion. Hieraus wird bereits ersichtlich, dass mittels HoBraTec eine Lücke zwischen Forschung und Wirtschaft geschlossen wurde.

5. Wesentliche Ergebnisse

Arbeitspakete (AP)	Zielerreichung
AP 1 Analyse der Brandbekämpfungsstrategien international und national, Übertragung der Erkenntnisse auf die Freie und Hansestadt Hamburg	• Identifikation bisher publizierter und nicht publizierter taktischer und technischer Brandbekämpfungsmethoden • Prüfung der Übertragbarkeit der Brandbekämpfungsmethoden auf Hamburg • Entwicklung eines Strategiekataloges mit nationalen und internationalen Brandbekämpfungsmethoden für den Holzbau • Entwicklung einer Untersuchungsmatrix als Baustein zur Beschreibung und Auswahl der zu untersuchenden Bauteile für die nachfolgenden Arbeitspakete • Gründung eines projektbegleitenden Ausschusses bestehend aus nationalen sowie internationalen Vertretern von Feuerwehren und der Forschung

AP 2 Experimentelle und numerische Untersuchung des Einflusses von Brandfläche, Ventilation und Konstruktionsweise auf den Brandverlauf	• Konzeptionierung des Versuchscontainers zur Durchführung von Bauteilversuchen • Umbau des Containers zum Versuchsstand für Kaltversuche • Entwicklung einer Werkzeugmatrix zur Identifikation von untersuchungsrelevanten Arbeitsmitteln und Darstellung der Arbeitsschritte • Durchführung der Kaltversuche • Erprobung von Sonderlöschgeräten zur Brandbekämpfung im Holzbau
AP 3 Experimentelle Untersuchung und Optimierung geeigneter Löschtechnik und -taktik unter Zuhilfenahme von Einsatzmitteln, wie Wärmebildkameras	• Entwicklung einer standardisierten Vorgehensweise zur Detektion von Holraumbränden und Eröffnung von Wand- und Deckenkonstruktionen • Erprobung der standardisierten Vorgehensweise an von einem Brand beanspruchten Wand- und Deckenkonstruktionen • Erprobung von Sonderlöschtechnik • Durchführung von Belegversuchen im Rahmen der Projektverlängerung mit dem Ziel des Gewinns von Erkenntnissen hinsichtlich der Detektion von Hohlraumbränden unter Einwirkung von Störgrößen
AP 4 Ermittlung von charakteristischen Kenngrößen bei der Anwendung geeigneter Löschmittel und -techniken im Realmaßstab	• Weiterentwicklung der standardisierten Vorgehensweise zur Detektion von Holraumbränden und Eröffnung von Wand- und Deckenkonstruktionen auf Basis der Erkenntnisse des Arbeitspaketes 3 • Durchführung von Patternatorversuchen als Grundlage für die Belegversuche • Wirksamkeitsprüfung der standardisierten Vorgehensweise zur Detektion von Holraumbränden und Eröffnung von Wand- und Deckenkonstruktionen im Zuge der Belegversuche • Erprobung von Löschmaßnahmen zur Brandbekämpfung von Fassaden- und Konstruktionsbränden in Verbindung mit den Belegversuchen

AP 5 Entwicklung von Übungsszenarien/ -konzepten für Feuerwehren und Landesfeuerwehrschulen	• Unterstützung bei der Erprobung und Entwicklung des mobilen Einsatzsimulators • Evaluation des Ausbildungskonzeptes unter Einbeziehung des projektbegleitenden Ausschusses
AP 6 Publikation und Praxistransfer	• Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und Tagungsbänden • Präsentation des Projektes und der Ergebnisse bei Fachtagungen und Fachgremien

Schlussbericht

zum Vorhaben

Optimierung der Brandbekämpfungsmethoden und -techniken für Gebäude in moderner Holzbauweise

HoBraTec

Zuwendungsempfänger:

Teilvorhaben 1:

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Inneres und Sport - Feuerwehr
FLSt34 - Forschungsprojekt HoBraTec
Westphalensweg 1
20099 Hamburg

Teilvorhaben 2:

Institut für Brand- und Katastrophenschutz
Heyrothsberge
Abteilung Forschung
Biederitzer Straße 5
39175 Biederitz

Teilvorhaben 3:

Hochschule Magdeburg-Stendal
Fachbereich Wasser, Umwelt, Bau und Sicherheit
Breitscheidstraße 2
39114 Magdeburg

Laufzeit: **01.07.2021 bis 31.03.2024**

Monat der Erstellung: **09/2024**

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 13N15746, 13N15747 und 13N15748 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorenschaft.

Autoren

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Inneres und Sport - Feuerwehr
FLSt34 Forschungsprojekt HoBraTec

M.Sc. Kevin Klein

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Wellisch (Verbundkoordinator)

Inhaltsverzeichnis

II. Ausführliche Darstellung der Ergebnisse 1

1. Erzielte Ergebnisse 1

1.1. Arbeitspaket 1: Analyse der Brandbekämpfungsstrategien international und national, Übertragung der Erkenntnisse auf die Freie und Hansestadt Hamburg 1

1.2. Arbeitspaket 2: Experimentelle und numerische Untersuchung des Einflusses von Brandfläche, Ventilation und Konstruktionsweise auf den Brandverlauf 4

1.3. Arbeitspaket 3: Experimentelle Untersuchung und Optimierung geeigneter Löschtechnik und -taktik unter Zuhilfenahme von Einsatzmitteln, wie Wärmebildkameras 7

1.4. Arbeitspaket 4: Ermittlung von charakteristischen Kenngrößen bei der Anwendung geeigneter Löschmittel und -techniken im Realmaßstab 16

1.5. Arbeitspaket 5: Entwicklung von Übungsszenarien/ -konzepten für Feuerwehren und Landesfeuerwehrschulen 22

1.6. Arbeitspaket 6: Publikation und Praxistransfer 22

2. Wichtige Positionen des zahlenmäßigen Nachweises 23

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeit 23

4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse 23

5. Erkenntnisse von Dritten 24

6. Veröffentlichungen 24

Anlage 1 (Untersuchungsmatrix zur Entwicklung des Bauteilkataloges) 26

Anlage 2 (Werkzeuge im Zuge der Versuchsdurchführung des Arbeitspaketes 2) 27

Anlage 3 (Werkzeugmatrix für zerspanende Werkzeuge) 28

Anlage 4 (Werkzeugmatrix für brechende Werkzeuge) 30

Anlage 5 (Legende der Werkzeugmatrix) 32

Anlage 6 (Aufteilung der Innenwände in Sektoren) 32

Anlage 7 (Aufteilung der Außenwände in Sektoren) 32

Anlage 8 (Aufteilung der Unterseiten von Decken in Sektoren) 32

Anlage 9 (Aufteilung der Oberseiten von Decken in Sektoren) 33

Literaturverzeichnis 34

Abbildungsverzeichnis 35

Tabellenverzeichnis 36

Abkürzungsverzeichnis 37

II. Ausführliche Darstellung der Ergebnisse

1. Erzielte Ergebnisse

1.1. Arbeitspaket 1: Analyse der Brandbekämpfungsstrategien international und national, Übertragung der Erkenntnisse auf die Freie und Hansestadt Hamburg

In der Freien und Hansestadt Hamburg ist eine zunehmende Zahl von Objekten der Gebäudeklassen 4 und 5 zu verzeichnen, in denen Holz als konstruktiver Baustoff Verwendung findet. Diese Entwicklung ist im Zusammenhang mit der politischen Zielsetzung zu sehen, den modernen Holzbau im urbanen Raum zu etablieren. Die Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen forcierte 2017/2018 eine Lockerung der Hamburgischen Bauordnung, um die rechtliche Basis für den Holzbau in Gebäudeklasse 5 zu schaffen und den Holzbau in Gebäudeklasse 4 zu erleichtern.

Die Feuerwehr Hamburg (F), als Amt der Behörde für Inneres und Sport, steht traditionell im engen Austausch mit der Obersten Bauaufsicht des Landes Hamburg, dem Amt für Bauordnung und Hochbau (ABH) der Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen. Die Erleichterungen für den Holzbau wurden in einem intensiven Dialog zwischen der Obersten Bauaufsicht und der Feuerwehr Hamburg entwickelt. Im Rahmen des Dialogs wurde deutlich, dass zahlreiche Fakten, die im Brandfall unmittelbar die Sicherheit der Nutzer und der Einsatzkräfte beeinflussen, nur unzureichend erforscht sind. Die Freie und Hansestadt Hamburg engagierte sich seitdem, insbesondere mit den Ämtern ABH und F, in mehreren Forschungsprojekten.

Brandbekämpfungsmethoden und -techniken für Gebäude in moderner Holzbauweise sind bislang nicht Gegenstand der Forschung gewesen. Auch Erfahrungswissen ist hier nicht vorhanden, da der Holzbau in den Gebäudeklassen 4 und 5 ein verhältnismäßig neues Feld ist. Aus Perspektive der Feuerwehr Hamburg sind effiziente Methoden und Techniken zur Brandbekämpfung im Holzbau jedoch grundlegend, um die spezifischen Brandgefahren für Gebäudenutzer und Einsatzkräfte zu minimieren, eine unverhältnismäßige Schadenausweitung zu vermeiden und letztlich eine sichere und nachhaltige Nutzung von Holzgebäuden gewährleisten zu können. Daraus ergibt sich eine erhebliche Beeinflussung der Lebensqualität und Wertschöpfung.

Durch die Recherche im Zuge des Arbeitspakets 1 sollte ein Überblick geschaffen werden, welche Brandbekämpfungstechniken international im mehrgeschossigen Holzbau praktiziert werden. Hierbei lagen insbesondere Länder im Fokus, deren Städte einen hohen Anteil an Holzbauten aufweisen. Nationale Unterschiede in Bezug auf Bauweisen und Feuerwehrsysteme standen ebenfalls im Mittelpunkt der Analyse. Im Detail wurden Brandbekämpfungsmethoden untersucht, die eine Übertragbarkeit auf Hamburg zulassen. Als Ergebnis sollte ein Katalog möglicher Brandbekämpfungsmethoden entstehen, welcher für die Planung der experimentellen Untersuchungen herangezogen werden sollten.

Als Ergebnis des Arbeitspaketes geht hervor, dass keine standardisierten Vorgehensweisen oder Einsatzregeln für den Umgang mit Bränden in Gebäuden des modernen Holzbaus festgestellt werden konnten. Dennoch lassen sich einsatztaktische Vorgehensweisen bei vergleichbaren Einsatzsituationen auf das Projekt HoBraTec adaptieren, was wiederum zu einem Erkenntnisgewinn führt und als Grundlage für die praktischen Versuche in den nachfolgenden Arbeitspaketen zu bewerten ist.

Bezieht man sich beispielsweise auf den nordamerikanischen Raum, so lässt sich feststellen, dass die baurechtliche Ausgangssituation von der hiesigen abweicht. Die baurechtliche Anforderung an Bauteile oder die brandschutztechnische Einstufung von Gebäuden unterscheidet sich somit bereits im Ursprung.

Losgelöst von den normativen Anforderungen handelt es sich bei den verwendeten Bauteilen häufig um Wand- und Deckenaufbauten in Form einer Holzrahmenkonstruktion. Die daraus resultierenden Herausforderungen für die Einsatzkräfte der Feuerwehr, bezogen auf den Einbrand und den Brand in Hohlräumen, sind folglich auf die Feuerwehr Hamburg übertragbar.

In dem Artikel „Overhaul and Extension“ (1) beschreibt Daniel Sheridan (Battalion Chief, Fire Department of New York) das Vorgehen zur Branddetektion und Bauteilöffnung bei verdeckten Bränden. Das hier verwendete Verfahren zur Branddetektion sieht eine Vielzahl kleiner Sondierungsöffnungen vor, welche vom unverbrannten Bereich hin zu dem vom Brand betroffenen Sektor eines Bauteils führen. Sobald ein Brand lokalisiert wurde, erfolgt eine großflächige Bauteilöffnung, um eine qualifizierte Brandbekämpfung durchführen zu können.

Eine Alternative stellt die Branddetektion mittels einer Wärmebildkamera oder das Abtasten von Wänden und Decken dar. Bei beiden Verfahren darf es sich eingangs jedoch um keinen vollentwickelten Raumbrand gehandelt haben, da die Temperaturen im Brandraum zu einer erschwerten oder zu keiner Detektion des Hohlraumbrandes führen würden.

Um zusätzliches Wissen über die Vorgehensweise von Feuerwehren und um einen aktuellen Stand auf dem Gebiet der Wissenschaft und Technik zu erlangen, gründete die Feuerwehr Hamburg einen projektbegleitenden Ausschuss. Dieser bestand aus nationalen sowie internationalen Mitgliedern des abwehrenden Brandschutzes und der Brandschutzforschung. Zu benennen sind hier die Berliner Feuerwehr, die Feuerwehren Wien, Pforzheim, Freiburg und Nürnberg, Schutz und Rettung Zürich sowie die Freiwillige Feuerwehr der TU-Graz.

Im Zuge von 8 Sitzungen wurde der projektbegleitende Ausschuss über die aktuellen Arbeitsschritte informiert und an der Planung sowie an der Durchführung der praktischen Versuchsreihen beteiligt. Durch den intensiven Erfahrungsaustausch unter der Leitung der Feuerwehr Hamburg fand ein Wissenstransfer über die Landesgrenzen hinweg statt, welcher maßgeblichen Einfluss auf den Projekterfolg nahm. Als Meilenstein für die nationale und internationale Zusammenarbeit ist die Beteilung des projektbegleitenden Ausschusses an der Erstellung des Schulungskonzeptes im Zusammenhang mit dem Arbeitspaket 5 zu benennen.

Für die Durchführung der praktischen Versuche im AP 2, AP 3 und AP 4 wurden im Zuge der Literaturrecherche unterschiedliche Vorgehensweisen und Techniken zur Detektion- und Bekämpfung von Bränden in Hohlräumen gesammelt. Anschließend erfolgte die Bewertung hinsichtlich ihrer Eignung für eine praktische Prüfung im Rahmen der Versuchsdurchführung. Als Ergebnis daraus entstand der im Arbeitspaket 3 erprobte und mit dem Arbeitspaket 4 verifizierte Ablauf zur Detektion und Bekämpfung von Hohlraumbränden und Fassadenbränden.

Nebst der Literaturrecherche erfolgte eine maßgebliche Mitwirkung am Bauteilkatalog mit den Probekörpern für die nachfolgenden praktischen Versuche. In diesem Zuge kam es durch die Feuerwehr Hamburg zur Entwicklung der Untersuchungsmatrix, welche den elementaren Baustein zur Beschreibung und Auswahl der zu untersuchenden Bauteile darstellte und der Anlage 1 (Untersuchungsmatrix zur Entwicklung des Bauteilkataloges) dieses Dokuments zu entnehmen ist. In den folgenden Abschnitten wird auf die Systematik der Untersuchungsmatrix eingegangen.

Am Ausgangspunkt stand die Frage, welche Gebäudetypen bzw. welche Arten von Bauteilen im Zuge der praktischen Versuchsdurchführungen untersucht werden sollen. Da es im Rahmen von HoBraTec Untersuchungen an Wänden und Decken in Holztafelbauweise sowie in Massivholzbauweise durchzuführen galt, waren bereits an dieser Stelle baurechtliche Zwänge gegeben.

Den Ausführungen der aktuellen Fassung (Oktober 2020) der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL) folgend, sind Bauteile in Holzrahmen- und Holztafelbauweise ausschließlich für Regelbauten der Gebäudeklasse IV zulässig.

Hiervon losgelöst können Gebäude der Gebäudeklasse I bis III ebenfalls mit Bauteilen in Holzrahmen- und Holztafelbauweise gefertigt werden. Die baurechtlichen Anforderungen finden sich in jedoch nicht in der MHolzBauRL, sondern in der jeweils gültigen Fassung der Landesbauordnung des entsprechenden Bundeslandes (LBO).

Aufgrund der Relevanz der MHolzBauRL für das Projekt und der darin erfolgten eindeutigen Zuordnung von Bauteilen in Holzrahmen- und Holztafelbauweise zur Gebäudeklasse IV, wurde die Gebäudeklasse IV als Ausgangspunkt für die Untersuchungsmatrix zur Entwicklung des Bauteilkataloges gewählt.

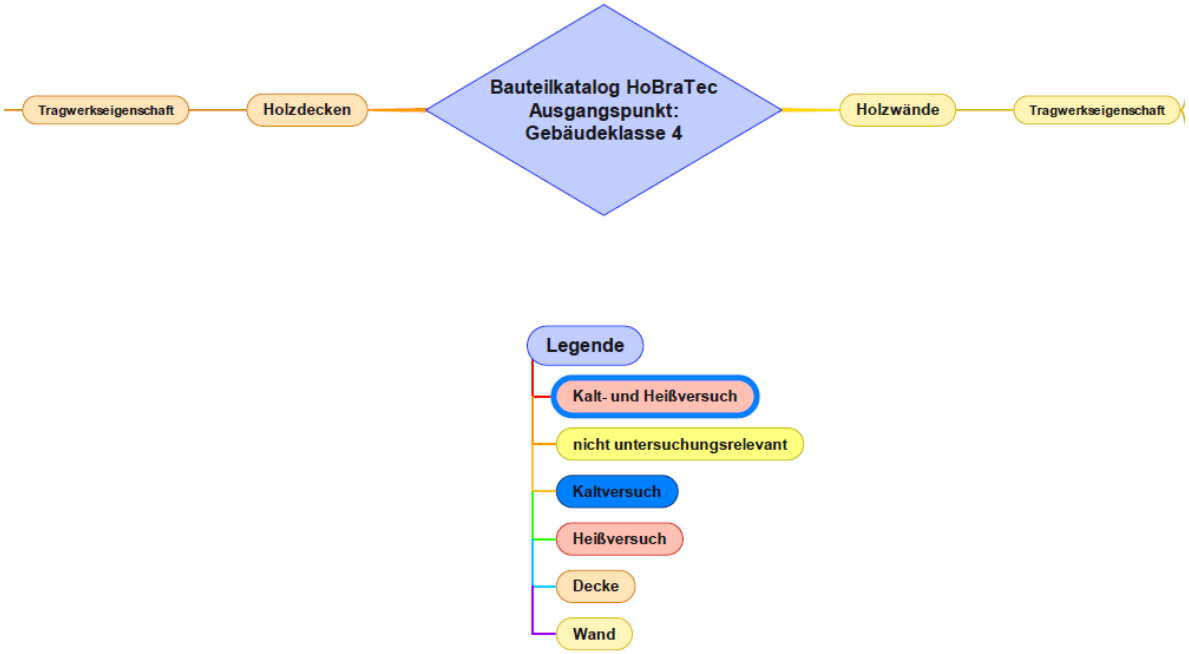


Abbildung 1: Untersuchungsmatrix zur Entwicklung des Bauteilkataloges, Ausgangssituation

Von der Ausgangssituation ausgehend, entwickelt sich die Untersuchungsmatrix in Richtung der beiden Untersuchungsrelevanten Bauteilarten (Holzdecken und Holzwände), bevor sie sich weiter in die Tragwerkseigenschaften der Bauteile auffächert.

Die Unterteilung in tragende und nicht tragende Bauteile ist von Relevanz, da sich aus den Tragwerkseigenschaften Anforderungen in Hinsicht auf den baurechtlich zu erfüllenden Feuerwiderstand ergeben.

Anschließend erfolgte die Betrachtung, welche baurechtliche Funktion das Bauteil in Abhängigkeit von seiner Tragwerkseigenschaft ausüben kann. Bezogen auf die Wände, ergibt sich für tragende Wände somit eine mögliche Funktion als Außenwand, Innenwand oder Trennwand.

Im nächsten Schritt werden die Bauarten aufgegliedert, wobei zwischen Holztafelbauweise und Massivholzbauweise unterschieden wird. Dies ermöglicht eine Variation der Bauteile in Hinsicht auf die wissenschaftlich zu untersuchenden Bauteilausführungen und somit letztlich auch auf die Ausstattungsmerkmale.

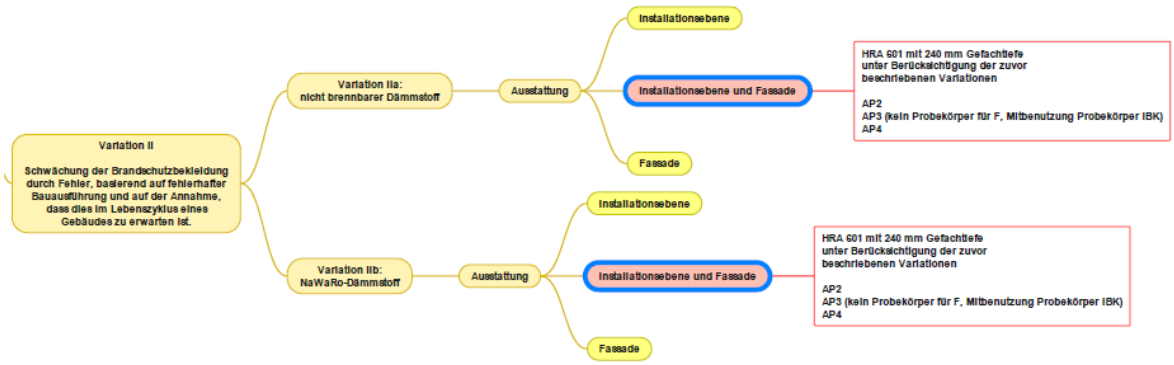


Abbildung 2: Untersuchungsmatrix zur Entwicklung des Bauteilkataloges, Ausgangssituation

Nach erfolgter Identifikation der wesentlichen Ausstattungsmerkmale wurde die Festlegung getroffen, welche Bauteile letztlich für die einzelnen praxistechnischen Versuchsreihen von Bedeutung sind.

Als Ergebnis der Matrix konnten Erkenntnisse über die baurechtlichen und wissenschaftlichen Anforderungen gewonnen werden, welche an die untersuchungsrelevanten Bauteile zu stellen sind. Diese Erkenntnisse bildeten die Grundlage für den durch die Hochschule Magdeburg-Stendal erstellten Bauteilkatalog. Der Bauteilkatalog kann dem Abschlussbericht der Hochschule Magdeburg-Stendal entnommen werden.

1.2. Arbeitspaket 2: Experimentelle und numerische Untersuchung des Einflusses von Brandfläche, Ventilation und Konstruktionsweise auf den Brandverlauf

Auf Grundlage der bis zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Erkenntnisse der Verbundpartner sollten die erhobenen bzw. theoretisch entwickelten Brandbekämpfungsmethoden an repräsentativen Wand- und Deckenkonstruktionen experimentell untersucht werden. Im Fokus standen Sondierungs- und Öffnungstechniken. Die Untersuchungen waren an Bauteilen durchzuführen, welche intakt sind, d.h. keine Brandbeanspruchung erfahren haben. Dies war erforderlich, um Fertigkeiten und Techniken zu entwickeln, die im weiteren Verlauf des Forschungsprojektes an brandbeanspruchten Bauteilen Anwendung finden sollten. Die Nutzung intakter Probekörper ermöglichte ein breites Untersuchungsspektrum, ohne den mit Brandversuchen verbundenen Aufwand.

Für die experimentellen Untersuchungen galt es einen Versuchscontainer zu entwickeln, der eine möglichst flexible Erprobung unterschiedlicher Konstruktionen und Angriffswege erlaubt. Dieser diente als Basis für einen im weiteren Verlauf des Forschungsprojektes zu entwickelnden Brandcontainer (AP3) und schließlich für den Übungssimulator.

Eine Teilaufgabe des Forschungsvorhabens HoBraTec bestand in der Ermittlung und Eignungsprüfung von Werkzeugen, für die Öffnung von Wand- und Deckenbauteilen durch die Einsatzkräfte der Feuerwehr Hamburg. Wie bereits im vorhergehenden Arbeitspaket beschrieben, wurden hierfür zunächst repräsentative Wand- und Deckenaufbauten identifiziert.

Für die Versuchsdurchführung des Arbeitspaketes 2 wählte man die Probekörper vom Typ HRD 60 und HRA 60 des Bauteilkataloges aus. Hierbei handelte es sich um Probekörper mit einer zweilagigen Brandschutzbekleidung entsprechend der vorhergehenden Ausführungen. Begründet wird dies durch die Erschwernis der Bearbeitung gegenüber den einfach bekleideten Bauteilen des Typs HRD 30 sowie HRA 30. Um auch die Einflüsse von unterschiedlichen Dämmstoffarten auf die Öffnungsversuche bewerten zu können, fanden die Untersuchungen an Bauteilen mit Mineralwolle sowie an Probekörpern mit Holzfaserdämmstoff statt.

Um die Öffnungsversuche an den Wänden und Decken durchzuführen, war ein Versuchsstand erforderlich. Dieser bestand aus einem einseitig öffenbaren 20 Fuß ISO-Container, welcher im Innenraum zur Aufnahme von Probekörpern hergerichtet wurde. Dazu fertigte man eine Rahmenkonstruktion für Wandelemente, die fest mit dem Container verbunden war. Weil neben den Wandbauteilen auch Deckenbauteile zu untersuchen waren, musste eine Hebevorrichtung für die Deckenelemente entwickelt werden. Diese bestand aus zwei Querträgern im Dachbereich, welche auf den tragenden Teilen des Containers auflagen. An zwei darauf montierten Stützböcken wurden anschließend Kettenzüge befestigt, um die Probekörper zu heben. Gesichert wurde die schwebende Last durch vier Drehsteifen, welche als Abstützung dienten. Neben der Funktion des Versuchsstandes nahm der Container die Funktion des Material- und Werkzeuglagers ein.

Die Werkzeugauswahl für die Öffnungsversuche bezog sich auf übliche Einsatzgerätschaften der Feuerwehr und darüber hinaus auf spezielle Geräte, wie ein akkubetriebenes Schneid- und Spreizgerät und akkubetriebene Handwerkzeuge. Grundsätzlich lassen sich die verwendeten Werkzeuge in zwei Kategorien unterteilen. Kategorie 1 stellte einen Zusammenschluss aus handgeführten, brechenden Werkzeugen (Feuerwehr-Axt, Nageleisen, TNT-Tool, Halligan-Tool, usw.) dar. In der Kategorie 2 befanden sich hingegen die zerspanenden Werkzeuge. Hier wurde insbesondere auf akkubetriebene Geräte gesetzt, welche sich auf Grund ihrer Bauart besonders für Arbeiten im Innenbereich eignen. Losgelöst von diesem Ansatz, fanden ebenfalls Untersuchungen mit einer benzinbetriebenen Motorsäge und einem benzinbetriebenen Trennschleifer statt, welche auf Grund ihrer Bauart über eine höhere Leistung verfügen. Innerhalb der Gerätschaften erzeugte man eine zusätzliche Varietät, indem diverse zerspanende Arbeitsmittel zum Einsatz kamen. So

untersuchte man Kettensägen mit konventionellen Ketten sowie mit Spezialketten, die auf die spezifischen Anforderungen des Feuerwehreinsatzes ausgelegt sind. Analog hierzu kamen bei der Säbelsäge nicht nur die Blätter für Holzwerkstoffe, sondern auch die so genannten Multi-Cut Sägeblätter zum Einsatz, welche eine Eignung für Holz und zugleich für Metallwerkstoffe aufweisen.

Mit der Anlage 2 (Werkzeuge im Zuge der Versuchsdurchführung des Arbeitspaketes 2) soll ein Überblick über die zerspanenden Werkzeuge und die Brechwerkzeuge vermittelt werden, welche im Zuge der Versuchsdurchführung des Arbeitspaketes 2 betrachtet wurden.

Zur Formulierung der einzelnen Arbeitsschritte diente die Werkzeugmatrix aus der Anlage 3 (Werkzeugmatrix für zerspanende Werkzeuge). Damit ließ sich eine Reihenfolge der Arbeiten und die zu verwendenden Werkzeuge an jedem Sektor eines Bauteils darstellen. Dies soll exemplarisch anhand des Sektors IA verdeutlicht werden. An dem betreffenden Sektor galt es den Akku-Bohrschrauber, die Akku-Säbelsäge, die Akku-Stichsäge und die Akku-Tauchsäge zu erproben. Die Anwendung der Säbelsäge und der Stichsäge ist nur nach einem vorhergehenden Arbeitsschritt möglich, weshalb sie mit dem Index a versehen wurden. Um die Geräte im Mittelpunkt des Sektors bestimmungsgemäß verwenden zu können, benötigen sie einen Angriffspunkt. Hierfür finden die Gerätschaften Anwendung, für die keine Vorarbeiten notwendig sind und welche somit über den Index k verfügen. Außerdem floss das zu erwartende Schadensausmaß des Gerätes in die Bewertung ein. Von der Stichsäge geht eine geringere Beschädigung des Probekörpers als von der Tauchsäge aus. Um alle Geräte erproben zu können, ist erst die Stichsäge und dann die Tauchsäge zu verwenden. Zur Verdeutlichung wurden die Ergebnisse der Werkzeugmatrix in Anlage 6 (Aufteilung der Innenwände in Sektoren) bis Anlage 9 (Aufteilung der Oberseiten von Decken in Sektoren) vereinfacht dargestellt.

Für die Versuchsdurchführung wurde die Bezeichnung der Sektoren an die Bauteile angetragen. Daraufhin fand eine Bearbeitung der Sektoren entsprechend den Vorgaben der Werkzeugmatrix statt. Die Ausführung der Arbeiten erfolgte durch Einsatzkräfte der Feuerwehr Hamburg. Auf Grund der Strukturen des abwehrenden Brandschutzes in Deutschland, kann nicht immer von ausgebildeten Berufsfeuerwehrleuten an einer Einsatzstelle ausgegangen werden. Deshalb sind die Versuchsreihen von Kräften der Berufsfeuerwehr sowie von Kräften der Freiwilligen Feuerwehr durchgeführt worden. Unter den Einsatzkräften befanden sich auch Personen, welche über keinerlei handwerklichen Hintergrund verfügen.

Eine wesentliche Erkenntnis der Versuchsreihen ist, dass der Einsatzerfolg maßgeblich von den handwerklichen Fähigkeiten des Maschinenführers bestimmt wird. Die abschließende Dokumentation der Öffnungsversuche versteht sich als qualitative Bewertung, da hier ausschließlich die subjektive Wahrnehmung der Versuchsteilnehmer als auch der Beobachter herangezogen werden konnte.

Die Untersuchungen ergaben über alle Bauteile hinweg ein einheitliches Bild. Der Einsatz von brechenden Werkzeugen ist nur unter hohem Kraft- und Zeitaufwand umsetzbar. Ein Durchdringen von mehrlagigen Schichten aus Gips- oder Gipsfaserwerkstoffen ist unter Berücksichtigung des zeitbegrenzenden Faktors bei einem Atemschutzeinsatz nicht praxistauglich. Zudem entstehen beim Arbeiten mit brechenden Werkzeugen unter Umständen Gefährdungen für Einsatzkräfte. So weist eine Stülpschalung bereits ab einer durchgehenden Länge von 2,0 m stark federnde Eigenschaften auf. Es besteht die konkrete Gefahr eines unkontrollierten Rückstoßes.

Zwischen der Feuerwehraxt und dem TNT-Tool konnte ein unmittelbarer Vergleich vorgenommen werden. Bei der Feuerwehraxt handelt es sich um ein klassisches und nach DIN 140900 genormtes Einsatzmittel, welches den Feuerwehren in Deutschland bereits zur Verfügung steht. Sie besteht aus einem Griff und einem Kopf mit Doppelfunktion. Eine Seite des Kopfes bildet die Holzaxt, die andere Seite ist eine schmale Spitze (Dechsel). Dem gegenüber ist das TNT-Tool nicht für das Feuerwehrwesen normiert und müsste vielerorts als Sondermaterial beschafft werden. Das TNT-Tool besteht ebenfalls aus einem Griff und einem Kopf mit Doppelfunktion. Auch hier gibt es eine Seite mit Holzaxt, die andere Seite besteht jedoch aus einem Hammerkopf. Hinsichtlich der Ergonomie überzeugen beide Gerätschaften durch eine positive Gewichtsverteilung und Griffigkeit. Für die Anwendung ergeben sich im Grunde zwei unterschiedliche Funktionsweisen. Während die Seite der Holzaxt bei beiden Geräten gleiche Ergebnisse lieferte, stellte sich der Hammerkopf des TNT-Tools als nicht geeignet heraus. Ein Einschlagen der Beplankung war praktisch nicht möglich. Die Dechsel der Feuerwehraxt ließ sich auf Grund der geringen breite in Öffnungen einbringen und wirkte somit unterstützend beim Herausbrechen. Außerdem ließ sich die Dechsel in die obere Bauteilbekleidung einschlagen. Als Fazit ist festzuhalten, dass sich für diesen Anwendungsbereich keine gesonderte Anschaffung eines TNT-Tools empfiehlt.

Auf Grund der hebelnden sowie brechenden Funktion können Blechaufreißer, Halligan-Tool sowie das Fatmax-Fubar III ebenfalls miteinander verglichen werden. Der Blechaufreißer gilt als ein für die Feuerwehr normiertes Einsatzmittel und zählt somit zur Normbeladung von Feuerwehrfahrzeugen. Auch das Halligan-Tool ist auf Grund seiner Anwendungsbreite bereits bei einer Vielzahl von Feuerwehren verfügbar, obwohl es sich hierbei um kein normativ geregeltes Einsatzmittel handelt. Das Fatmax-Fubar III ist ein Werkzeug aus dem Baubereich. Es wurde innerhalb der Versuchsreihen betrachtet, weil es sich durch einen geringen Anschaffungspreis bei vergleichbarem Leistungsspektrum auszeichnet. Im direkten Vergleich ist der Blechaufreißer nicht praxistauglich, da mit ihm nur geringe Materialstärken bearbeitet werden können. Ebenfalls ist der Arbeitserfolg, gemessen an dem ausgebrochen Material, nicht auskömmlich. Demgegenüber ließen sich mit dem Halligan-Tool und dem Fatmax-Fubar III größere Materialabträge erzielen. Die ergonomischen Eigenschaften der beiden Geräte bieten einen festen Griff, außerdem konnten sie durch ihr geringes Gewicht überzeugen. Neben dem Effekt des Hebelns ließen sich mit beiden Gerätschaften Erstöffnungen in die untersuchten Bauteile einbringen. Da sich dies mit dem Fatmax-Fubar III jedoch schwerer umsetzen ließ, ist an dieser Stelle das Halligan-Tool im Vorteil. Außerdem ist das Halligan-Tool für diverse Einsatzbereiche, wie beispielsweise die Notfalltüröffnung, geeignet. Abschließend ist die Anschaffung eines Halligan-Tools zu empfehlen.

Der Dry-Wall Hook sowie der Arson-Trash Hook sind Sonderformen des hier zu Lande bekannten Einreißhakens. Sie eignen sich, um Material aus dem Deckenbereich abzunehmen, ohne als Einsatzkraft gefährdet zu werden. Bis auf den Gewichtsvorteil dieser Gerätschaften, gegenüber dem für das Feuerwehrwesen normierten Einreißhaken, sind keine signifikanten Vorteile erkennbar. Da der normierte Einreißhaken zur Standardbeladung zählt und somit bei vielen Feuerwehren verfügbar ist, kann keine Empfehlung für die Anschaffung von einem Dry-Wall Hook oder Arson-Trash Hook ausgesprochen werden.

Das akkubetriebene Schneid- und Spreizgerät eignet sich auf Grund des Gewichtes nur bedingt. Für das akkubetriebene Schneid- und Spreizgerät ist zu erwähnen, dass es im Bereich der Schichten aus Gips- oder Gipsfaserwerkstoffen ausschließlich zu einem kleinteiligen Ausbrechen des Materials kam. Dies verlangte nach einem häufigen umsetzen des Gerätes und bedingte nur einen geringen Arbeitsfortschritt. Folglich ist auch hier festzuhalten, dass dieses Gerät nicht zum gewünschten Einsatzerfolg führt.

Zerspanende Werkzeuge bieten eine höhere Präzision, einen schnelleren Arbeitserfolg und eine bessere Ergonomie als die brechenden Werkzeuge. Eine wesentliche Erkenntnis bezieht sich auf die praktischen Fähigkeiten des Anwenders. So wurde aufgezeigt, dass Einsatzkräfte mit handwerklichem Hintergrund häufig ein besseres und werkzeug- / materialschonendes Arbeitsergebnis erzielten. Der motorbetriebene Trennschleifer sowie das akkubetriebene Schneid- und Spreizgerät eignet sich auf Grund des Gewichtes nur bedingt. Die Öffnungsversuche mit Handkreissäge, Säbelsäge sowie Stichsäge waren hingegen erfolgreicher. Herausfordernd sind jedoch die zum Teil sehr geringen Eindringtiefen der Gerätschaften und die vom Bauteil übertragenen Vibrationen auf das Gerät. Insbesondere die Arbeitserfahrung des Maschinenführers spielt hierbei eine entscheidende Rolle. Verletzungsgefahr und übermäßiger Verschleiß von Sägeblättern sind andernfalls nicht auszuschließen.

Als favorisiertes Arbeitsmittel ist die Motorsäge identifiziert worden. Es ließen sich sowohl mit der benzinbetriebenen Motorsäge als auch mit der akkubetriebenen Motorsäge moderate Arbeitsergebnisse erzielen. Ein wesentlicher Vorteil ist die Arbeitsleistung des Gerätes in Verbindung mit der Anwendersicherheit der Nutzer. Da die Nutzer über eine Bescheinigung zur Führung von Motorsägen verfügen müssen, fand diesbezüglich bereits eine praktische Schulung sowie fortlaufendes Praxistraining statt. Dies ist ein maßgeblicher Baustein für den Arbeitserfolg. Aus technischer Sicht konnte kein Vorteil von speziellen, auf den Feuerweheinsatz abgestimmten, Ketten in Verbindung mit Holzwerkstoffen und Bauplatten aus Gips oder Faserzement festgestellt werden. Es war jedoch deutlich zu sehen, dass diese Ketten gegenüber konventionellen Ketten zu einem größeren Verschleiß bei Holzwerkstoffen neigen.

Im Zuge von HoBraTec untersuchte man zudem die Wirksamkeit von Löschgeräten an Wänden und Decken in Holzbauweise. Betrachtet wurden in diesem Zusammenhang Konstruktionen in Holztafelbauweise und Massivholzbauweise vom Typ HRA 30 I M, HRD 30 M gemäß des Bauteilkataloges sowie eine Wand in Massivholzbauweise. Ziel der Untersuchungen an den thermisch unbelasteten Probekörpern war es, Löschgeräte zu identifizieren, welche für die Brandbekämpfung der Feuerwehr in den anschließenden Belegversuchen des Forschungsvorhabens geeignet sind. Hierfür wurden zwei Ausgangsszenarien herangezogen. Szenario 1 galt der Erreichbarkeit eines Brandes, durch Wände und Decken, in einem angrenzenden

Raum. Das Szenario 2 bezog sich hingegen auf den Brand innerhalb einer Konstruktion und somit auf die Erreichbarkeit einzelner Bauteilschichten.

Als Untersuchungsgegenstand entschied man sich für zwei Sonderlöschgeräte, welche sich in Ihrer Funktionsweise maßgeblich unterscheiden. Zum einen wurde ein Schneidlöschgerät, zum anderen ein Bohrlöschgerät ausgewählt. Bei einem Schneidlöschgerät handelt es sich um eine Löschlanze, welche Wasser mit Hochdruck abgibt und somit ein Loch in ein Bauteil schneidet. Eine Verstärkung des Effektes lässt sich über die Zumischung von speziellem Schneidmittel (Abrasiv) herbeiführen. Für die Funktion des Löschgerätes sind ein eigenes Aggregat zur Erzeugung des Druckes sowie eigene Leitungen zum Transport des Löschmittels erforderlich.

Das Bohrlöschgerät zeichnet sich dadurch aus, dass der Betrieb über eine herkömmliche Feuerlöschkreiselpumpe und mittels der konventionell verwendeten Feuerwehrschläuche erfolgen kann. Der Anschluss des Gerätes erfolgt unmittelbar an die Schlauchleitung der Feuerwehr. Mit Hilfe des Löschwassers wird schließlich ein Bohrkopf betrieben, welcher die Bauteilöffnung erzeugt. Da die Bedienung durch 2 Einsatzkräfte erfolgt, ist benötigte Personalkörper bei der Anwendung des Bohrlöschgerätes wesentlich geringer.

Das Löschbild von Schneidlöschgeräten lässt sich über einen charakteristischen Hochdruckwasserstrahl beschreiben. Auf Grund dieses Effektes ist es nicht möglich gewesen, mittels des Schneidlöschgerätes in die einzelnen Bauteilebenen der Konstruktionen zu gelangen und dort gezielt Löschmittel abzugeben.

Bei dem Bohrlöschgerät stellt sich hingegen ein konisch zulaufendes Löschbild aus zerstäubtem Wasser ein. Die Art des Bohrens in Verbindung mit der Löschmittelabgabe führte zur Erreichbarkeit der einzelnen Bauteilsektionen.

Während der Untersuchungen wurde festgestellt, dass Schneidlöschgeräte nicht für die Verwendung an Konstruktionen in Massivholzbauweise geeignet sind. Nur in einem von fünf Versuchen war es möglich, ein Loch in eine Massivholzwand zu schneiden. In den übrigen Versuchsreihen nahm die massive Konstruktion die Energie aus dem Hochdruckstrahl. Es war zu beobachten, dass sich Wasser sowie Abrasiv über natürliche Unregelmäßigen des Holzes (Jahrringe, Astlöcher, Harzgallen etc.) im Bauteil ausbreitete und nach außen drang.

Anhand der gewonnenen Erkenntnisse verfolgte man den Ansatz der Schneidlöschgeräte in den Großbrandversuchen des Arbeitspaketes 4, welche als Belegbrandversuche dienten, nicht weiter.

1.3. Arbeitspaket 3: Experimentelle Untersuchung und Optimierung geeigneter Löschtechnik und -taktik unter Zuhilfenahme von Einsatzmitteln, wie Wärmebildkameras

Im Arbeitspaket 3 sollten die bereits gewonnenen Erkenntnisse zu geeigneten Öffnungstechniken an Bauteilen untersucht werden, welche im Vorfeld einer Brandbeanspruchung unterzogen wurden. Neben der Untersuchung von Öffnungstechniken galt es praxisnahe Möglichkeiten zur Detektion sowie zur Eindämmung von Bränden experimentell zu untersuchen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse bildeten die Grundlage der im Arbeitspaket 4 erfolgten Belegversuche und der zusätzlichen Detektionsversuche in der Erweiterung des Arbeitspaketes 3.

Grundlage des Arbeitspaketes 3 bildete der 20 Fuß ISO-Container aus dem Arbeitspaket 2, welcher für die weiterführenden Projektschritte von Hamburg nach Heyrothsberge zu verbringen war. Dieser wurde so hergerichtet, dass im Deckenbereich sowie im Bereich einer Außenwand Probekörper aufgenommen werden konnten. Zudem versah man das Dach mit einer Absturzsicherung, um Öffnungs- und Detektionsversuche auch von oben durchzuführen. Da es sich bei dem ISO-Container um eine ungeschützte Stahlkonstruktion handelt, kam eine raumseitige brandschutztechnisch wirksame Bekleidung zur Anwendung. Somit war die Möglichkeit geschaffen, einen Raumbrand im inneren des Containers zu simulieren.

Die Durchführung des Arbeitspaketes 3 erfolgte in zwei Versuchsreihen, eine Versuchsreihe je Versuchstag, mit jeweils einem Wandbauteil und einem Deckenelement. Am Versuchstag 1 wurde eine Decke vom Typ HRD 60 H mit einer zusätzlichen Holzwerkstoffplatte zwischen der Federschiene und dem Gefach verwendet. Der Aufbau dieses Deckentyps kann dem Bauteilkatalog entnommen werden. Bezüglich der Wand entschieden sich die Verbundpartner für eine Außenwand mit Stülpschalung in Holzrahmenbauweise gemäß des Typs HRA 60 H aus dem Bauteilkatalog. Um

ein Brandereignis innerhalb der Konstruktion sicherstellen zu können, wurden innerhalb der Gefache der Probekörper zusätzliche Zündkapseln für die Zündung des Holzfaserdämmstoffs installiert. Zur Ermöglichung des raumseitigen Einbrandes versah man die Bauteile mit üblichen nutzungsbedingten Fehlstellen in Form von Bohrungen (u.a. für Hohlwanddosen).

Das Brandereignis bildete eine in Raummitte befindliche Holzkrippe ab. Nach der Zündung entwickelte sich der Brand über einen Zeitraum von 30 Minuten. Im Anschluss kam es zur Löschung des Krippenbrandes durch die Einsatzkräfte der Feuerwehr Hamburg unter Verwendung eines C-Hohlstrahlrohres. Nach dem Ablöschen des Raumbrandes bestand die Aufgabe der Einsatzkräfte zunächst in der Detektion von weiteren Brandherden innerhalb der Bauteile. Hierfür fanden die nachfolgend aufgelisteten Einsatzmittel Verwendung.

Einsatzmittel zur Branddetektion:

1. Bimetall-Zeigerthermometer
2. Akku-Inspektionskamera (Bosch-Professional GIC 120)
3. Wärmebildkamera (FLIR K2)
4. Gasmessgerät (Dräger X-am 5600)

Im ersten Schritt wurden die Bauteile auf sichtbare Beschädigungen wie Risse, Abplatzungen und Fehlstellen in der oberen Beplankung untersucht, welche Anzeichen für einen Einbrand in die Konstruktion darstellt. Nachfolgend fand eine Begutachtung der Bauteiloberflächen mittels der Wärmebildkamera (FLIR K2) statt. Die Nachwirkungen des vorhergehenden Raumbrandes waren als Wärmequellen (heiße Bauteiloberflächen) auf der Wärmebildkamera sichtbar. Ebenfalls erfasste man im Bereich der Risse und Fehlstellen höhere Temperaturen. Die Temperaturverteilung innerhalb der Bauteilschichten und verdeckte niederenergetische Brände in der Konstruktion ließen sich mittels der Wärmebildkamera nicht aufzeigen. Die Erfahrungen aus den Vorversuchen zeigen jedoch, dass durchaus mit niederenergetischen Bränden zu rechnen ist, welche erst nach etlichen Stunden an Brisanz gewinnen und sichtbare Anzeichen eines Brandes aufweisen. Eine innere Kontrolle der Bauteile auf das Vorhandensein eines Brandes ist demnach unabdingbar.

Zur inneren Begutachtung und Bestimmung des Wandaufbaus diente die Akku-Inspektionskamera (Bosch-Professional GIC 120), welche Schlussfolgerungen über das Vorhandensein einer Installationsebene und die Bauteilschichten ermöglichte. Mittels der Inspektionskamera ließ sich zudem die Farbe und Struktur der verwendeten Dämmstoffe erkennen, was wiederum Rückschlüsse auf die Art und damit die Brennbarkeit der eingesetzten Dämmung zuließ. Um Aussagen hinsichtlich der Temperaturen in den Bauteilen treffen zu können, fand ein handelsübliches Bimetall-Zeigerthermometer Verwendung. Die natürliche Reaktionsträge des Gerätes und die grobe Darstellung der Anzeige führten jedoch zur Einschätzung, dass keine Gebrauchstauglichkeit gegeben ist. Mit der Feststellung von brennbareren Dämmstoffen war eine Beteiligung der Bauteile am Brandgeschehen nicht mehr auszuschließen. Folglich galt es eine klare Aussage darüber zu treffen, ob es zu einem Brandeintrag in die Konstruktion kam. Ziel der Einsatzkräfte war es, eine weitestgehend zerstörungsfreie Prüfung der Bauteile vorzunehmen. Deshalb wurde zunächst die Installationsebene des Wandbauteils eröffnet.

Hierfür bezog man sich auf die gewonnenen Erkenntnisse des Arbeitspaketes 2. In diesem Zusammenhang galt es zu überprüfen, ob sich die bereits in den Kaltversuchen als tauglich erwiesenen Werkzeuge auch für den Einsatz an brandbeanspruchten Bauteilen eignen. Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt die verwendeten Einsatzmittel auf.

Werkzeuge im Zuge der Bauteilöffnung vom AP 3	
Zerspanende Werkzeuge	
Akku-Säbelsäge (Blatt: Multicut)	Makita Akku-Reciprosäge 18V DJR183Z
Akku-Stichsäge	Makita Akku-Pendelhub-Stichsäge DJV182ZJ
Akku-Tauchsäge	Makita Akku-Tauchsäge 56 mm 2x18V DSP600ZJ
Benzin Motorsäge	Dolmar 3,8 PS Benzin Motorsäge mit konventioneller Kette
Akku- Motorsäge	Makita Akku-Motorsäge DUC353Z, 2x18V, 35 cm
Brechwerkzeuge	
Feuerwehr-Axt	
TNT-Axt	
Halligan-Tool	
Fatmax Fubar III	

Tabelle 1: Werkzeuge im Zuge der Bauteilöffnung des Arbeitspaketes 3

Begonnen wurde die Versuchsreihe mit den Brechwerkzeugen. Im ersten Schritt erzeugte man eine Zugangsöffnung von der die obere Beplankung des Bauteils herausgebrochen werden sollte. Für das Halligan-Tool und das Fatmax-Fubar III nutzte man die bereits vorhandenen Fehlstellen. Schon in den ersten Arbeitsschritten stellten sich die bereits in den Kaltversuchen gewonnenen Erkenntnisse ein. Die Verwendung von Brechwerkzeugen ging mit einer hohen körperlichen Beanspruchung einher.

Insbesondere bei Arbeiten unter umluftunabhängigem Atemschutz verkürzt dies die Verweildauer des arbeitenden Trupps im Brandraum und führt zur raschen körperlichen Erschöpfung. In Folge der Erschöpfung war ein veränderter Bewegungsablauf der Arbeitsausführung feststellbar, was wiederum zu einer Steigerung des Verletzungsrisikos der Einsatzkräfte führt. Zudem ist der messbare Arbeitserfolg gering, da sich die Beplankung aus Gips nur kleinteilig und stückweise herausbrechen ließ. Der Einfluss der Brandbeanspruchung war im direkten Vergleich, gegenüber unbeanspruchten Bauteilen, vernachlässigbar. Zur vollständigen Öffnung der Installationsebene mit Brechwerkzeugen wäre ein hohes Personalaufgebot erforderlich gewesen, weshalb man die Versuchsreihe abbrach. Abschließend lässt sich festhalten, dass Brechwerkzeuge nicht für die großflächige Öffnung von Bauteilen geeignet sind.

Auch bei den zerspanenden Werkzeugen führte die Bearbeitung von brandbeanspruchten Bauteilen zu keinem maßgeblichen Erkenntnisgewinn. Das Arbeitsergebnis, die Handhabung und Leistungsgrenze der Werkzeuge bildete sich analog zu den Kaltversuchen des Arbeitspaketes 2 ab. Hinsichtlich der Anwendung der Arbeitsmittel war erkennbar, dass der Umgang mit den Gerätschaften innerhalb der vorhergehenden Kaltversuche schulte. Die Werkzeuge wurden von einzelnen Anwendern sicherer geführt, sodass diese weniger häufig verkanteten oder Beschädigungen an Sägeblättern auftraten. Aus dem Arbeitsumfeld heraus lassen sich jedoch neue Schlussfolgerungen ziehen. Das Arbeiten mit zerspanenden Werkzeugen reichert die Umgebungsluft, insbesondere im Innenraum, stark mit Staub an. Zudem ist nicht auszuschließen, dass bei der Bauteilöffnung eine Rauchfreisetzung auftritt. Unter Umständen kann die schlagartige Zuführung von Sauerstoff einen bisher verdeckten Glimmbrand begünstigen und zu einer Verbrennung mit sichtbarer Flammenerscheinung führen. In diesen Fällen ist der Arbeitsschutz der Einsatzkräfte besonders zu würdigen. In der Regel werden die Arbeiten nur unter umluftunabhängigem Atemschutz sicher durchführbar sein. Auch die Wahl der Einsatzbekleidung ist situativ zu beurteilen. Stellt das Brandereignis eine maßgebliche Gefährdung dar, ist vor Arbeiten mit Motorsägen zu klären, ob die Einsatzkräfte Schnittschutzbekleidung oder Brandschutzbekleidung zu tragen haben.

Als effektivstes Arbeitsmittel wurde abermals die Motorsäge identifiziert. Die Anwendungsbreite, Eindringtiefe, Leistung und Arbeitsgeschwindigkeit von Motorsägen sind hier als Alleinstellungsmerkmal anzuführen. Die Wahl zwischen Akku-Säge oder benzinbetriebener Säge ist

abhängig vom Einsatzbereich. Im Innenraum empfiehlt sich der Einsatz einer akkubetriebenen Säge, da keine schädlichen Abgase erzeugt werden. Die im Rahmen von HoBraTec getestete Akku-Säge wies jedoch eine geringere Leistung als die Benzin-Säge auf und neigte zu einer schnelleren Verschmutzung durch den beim sägen erzeugten Materialabtrag.

Innerhalb der Installationsebene war kein unmittelbarer Brandeintrag feststellbar. Mit der Entfernung der Installationsebene wurde auch die oberste thermisch belastete Bauteilschicht entfernt. Dennoch ergab die Auswertung der Wärmebildkamera keine eindeutigen Hinweise auf einen Brand innerhalb der Konstruktion, da sich eine gleichmäßige Temperaturverteilung einstellte. Folglich bezog sich die Branddetektion fortan auf die Dämmstoffebene in den Gefachen. Die Auswertung der im Gefach befindlichen Thermoelemente ergab im Nachgang der Versuche, dass zu diesem Zeitpunkt bereits ein niederenergetischer Brand innerhalb der Gefache stattfand. Auf Grund der Tatsache, dass bei der Verbrennung auch Kohlenstoffmonoxid (CO) als Nebenprodukt freigesetzt wird, entschied man sich vor der Bauteilöffnung für eine Gasmessung zur Branddetektion. Hierbei handelte es sich um einen neuen Ansatz, der bisher nicht näher betrachtet wurde.

Kohlenstoffmonoxid ist ein anorganisches farbloses, geruchloses und geschmackloses Gas, das durch die menschlichen Sinnesorgane (Riechen, Hören, Sehen, Schmecken) nicht wahrgenommen werden kann. Es hat eine hochtoxische Wirkung auf das Blut, die Nerven und die Zellen des menschlichen Körpers und entsteht beispielsweise bei der unvollständigen Verbrennung, wenn nicht genügend Sauerstoff zur Verfügung steht. Kohlenstoffmonoxid hat ein Molekulargewicht von 28,01 g/mol. Die Dichte (Luft = 1 g/cm³) liegt bei 0,97 g/cm³. Folglich ist CO geringfügig leichter als Luft und steigt nach oben. Auf Grund des geringen Dichteunterschiedes wird die Ausbreitung stark von Luftströmungen und Verwirbelungen beeinflusst, was zu einer ungleichmäßigen Verteilung des Gases führt. Durch das geringe Molekulargewicht verfügt Kohlenstoffmonoxid über eine hohe Diffusionsfähigkeit und kann somit durch Decken, Wände und Materialien wie Holz und Beton dringen. (2) Für den Feuerwehreinsatz bedeutet dies eine besondere Herausforderung. Als Beispiel hierfür dient ein Entstehungsbrand im mehrgeschossigen Wohnungsbau. Zum einen wird allein durch den Initialbrand CO emittiert, welches in andere Nutzungen diffundieren bzw. permeieren kann. Zum anderen ist nicht auszuschließen, dass sich Bauteile, in die ein Brandeintrag auf Grund von Fehlstellen stattfand, als CO-Emittent herausstellen. Auf Grund der physikalischen Eigenschaften des Gases gilt eine Diffusion in angrenzende, vom Brandereignis unberührte, Nutzungen und somit eine konkrete Personengefährdung als möglich.

Die Branddetektion auf das Leitgas CO wurde mittels eines bei der Feuerwehr Hamburg üblichen Gasmessgerätes (Dräger X-am 5600) durchgeführt. Hierfür legten die Einsatzkräfte das Messgerät unmittelbar auf die Bauteile auf. Als Ergebnis daraus waren örtliche Quellen von CO lokalisierbar. Bedingt durch die Anordnung der Messkammer des Gasmessgerätes ist es erforderlich, das Gerät mit der Displayseite auf das Bauteil aufzulegen. Andernfalls sorgt die Umgebungsluft für eine Durchmischung und der Sensor wird insbesondere bei geringen Konzentrationen nicht ausreichend mit dem Leitgas angereichert. Da das Display bei dieser Bedienungsform nicht mehr abgelesen werden kann und lediglich eine optische / akustische Signalisierung bei Überschreitung der Alarmschwellen erfolgt, sind ausschließlich qualitative Aussagen zur Höhe der Konzentration möglich. Außerdem wurde in mehreren Messreihen aufgezeigt, dass zwischen dem Beginn der Messung und dem Auslösen der ersten Alarmschwelle Verzögerungen von bis zu einer Minute auftreten. Insbesondere im Deckenbereich kam es zu einer weiteren Feststellung. Das im Brandraum angereicherte CO sammelte sich unterhalb des Deckenbauteils und beeinflusste das Messergebnis, sodass keine gesicherten Aussagen hinsichtlich der Herkunft des Kohlenstoffmonoxids getroffen werden konnten.

Bei den eingangs detektierten CO-Quellen fanden erneute Öffnungsversuche statt. Im Fall des Wandbauteils jedoch ausschließlich mittels der akkubetriebenen Motorsäge. Die so erzeugten Erstöffnungen wiesen ein lichtes Öffnungsmaß von ca. 0,2 m x 0,2 m auf und ermöglichten einen unmittelbaren Einblick in die Dämmstoffebene. Auftretende Rauchfahnen bestätigten die Verdachtsstellen, woraufhin die Gefache großflächig eröffnet und die Dämmstoffe händisch entfernt wurden.

Die Wegnahme von Brandlasten stellt eine bis dahin nicht betrachtete Art der Brandbekämpfung mit wesentlichen Vorteilen für den modernen Holzbau dar. Bei einem konventionellen Löscheinsatz werden große Mengen an Löschwasser in ein Gebäude eingebracht, was umfangreiche Sanierungsmaßnahmen aufruft und monetären Schaden verursacht. Dies gilt nicht nur für die vom Brand betroffene Nutzungseinheit, sondern auch für die angrenzenden Nutzungseinheiten und darunter befindliche Geschosse. Insbesondere sind hier Schimmelschäden auf Grund des in Bauteile eindringenden Löschwassers zu benennen. Das Entfernen der unmittelbar vom

Brandereignis betroffenen Baustoffe ruft lediglich die Sanierungskosten des tatsächlichen Brandereignisses auf und verkürzt zudem die Zeitdauer bis zur Wiederaufnahme der Nutzung in den übrigen Gebäudeteilen.

Als alternativer Ansatz wurde der Einsatz eines Bohrlöschgerätes in Verbindung mit der vorhergehend beschriebenen Strategie zur Detektion betrachtet. Hierfür kommunizierten Einsatzkräfte aus dem Brandraum die Position des Verdachtsortes an einen weiteren Trupp nach draußen. Dieser führte wiederum eine gezielte Löschwasserabgabe mittels des Bohrlöschgerätes in das vom Brand betroffene Gefach durch. Die folgende Öffnung der Außenwand zeigte das Bild eines lokal begrenzten Brandereignisses, welches vollständig und punktgenau mit einer geringen Löschmittelmenge gelöscht werden konnte.

Der nachfolgende Arbeitsschritt galt der Untersuchung des Deckenbauteils. Wie bereits beschrieben, war auf Grund des im Deckenbereich angesammelten Kohlenstoffmonoxids keine Lokalisierung eines Brandes mit Gasmesstechnik möglich. Da jedoch eine gleichzeitige Zündung der Zündkapseln im Wand- und Deckenbauteil vorgenommen wurde, hatten die Brände in den Gefachen der Decke eine längere Entwicklungsdauer. Dies ermöglichte eine raumseitige Branddetektion mit der Wärmebildkamera. Aus Gründen des Arbeitsschutzes erfolgte die untere Bauteilöffnung mit Brechwerkzeugen. So hatten die Einsatzkräfte einen ausreichenden Abstand, um sich vor herabfallenden Teilen der Deckenkonstruktion zu schützen. Auch wenn eine Bauteilöffnung und Brandbekämpfung auf diese Weise möglich ist, bringt die Arbeit an der Deckenunterseite diverse Herausforderungen mit sich. Es muss ständig mit herabfallenden Teilen gerechnet werden, zudem ist die Tätigkeit stark körperlich beanspruchend. Des Weiteren wird ein sicherer Stand, beispielsweise auf einer Arbeitsbühne, benötigt. Arbeiten mit Motorsägen sind gemäß der allgemein gültigen Sicherheitshinweise nicht über Schulterhöhe zulässig, folglich besteht auch ein Einfluss auf die zulässigen Arbeitsmittel. (3) Sofern möglich, sollten die Tätigkeiten daher aus Richtung der Bauteiloberseite durchgeführt werden.

In Bezug auf die Praxis sind hierbei rechtliche Aspekte zu berücksichtigen, dies betrifft insbesondere andere Wohnungen. Der Artikel 13 des Grundgesetzes (GG) stellt die Unverletzlichkeit der Wohnung heraus. Im Artikel 13 (7) GG heißt es sinngemäß, dass Eingriffe und Beschränkungen nur zur Abwehr einer gemeinen Gefahr oder einer Lebensgefahr für einzelne Personen, auf Grund eines Gesetzes auch zur Verhütung dringender Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung, vorgenommen werden dürfen. (4) Die Zulässigkeit der Tätigkeit ist demnach situativ und in Abhängigkeit des Einsatzszenarios zu bewerten.

Im Fall der Versuchsdurchführung wurde das Arbeiten von oben ebenfalls betrachtet. Die Detektion erfolgte mit der Wärmebildkamera und dem Gasmessgerät. Auch hier konnten die Brandherde eindeutig anhand des auftretenden Kohlenstoffmonoxids identifiziert werden. Deckenbalken, welche die Gefache begrenzten, behinderten die Diffusion von CO und definierten so den zu öffnenden Deckenbereich. Die nachfolgende Bauteilöffnung mittels Motorsäge bestätigte die Brandherde an den Verdachtsstellen.

Am Versuchstag 2 wurde ebenfalls eine Wand in Holzrahmenbauweise untersucht. Dieses Mal eine HRA 60 H ohne Fassade, dafür mit einer beidseitigen Installationsebene. Auch das Deckenbauteil vom Typ HRD 60 H wurde gegenüber dem Bauteilkatalog modifiziert und mit einer Verblockung zu sechs Gefachen sowie einer die Decke zur Hälfte bedeckenden Schicht aus Trockenestrich versehen. Zielstellung der Versuchsreihe war die Bestätigung der Erkenntnisse des ersten Versuchstages. Der grundlegende Aufbau des Versuchsstandes und der Versuchsablauf waren gleichbleibend. Abweichend zu den vorhergehenden Untersuchungen konnten auf Grund der fehlenden Verfügbarkeit keine Löschversuche mit dem Bohrlöschgerät durchgeführt werden. Eine weitere Änderung betrifft den Ablauf nach dem Löschen des Raumbrandes. Da sich am ersten Versuchstag große CO-Konzentrationen unterhalb der Decke befanden, wurden die Rückstände des Krippenbrandes aus dem Brandraum entfernt.

Die Erkenntnisse aus der Bauteilöffnung bestätigten sich und führten somit zu den selbigen Ergebnissen. Dies galt jedoch nicht für die Detektion von CO. Im Bereich des Wandbauteils waren keine oder nur sehr geringe Konzentrationen auf der äußeren Beplankung des Bauteils feststellbar. Im Zuge der Versuchsdurchführung verwendete man in dieser Versuchsserie ein zusätzliches Gasmessgerät mit einer abweichenden Funktionsweise.

Das Gasmessgerät vom Typ MSA Altair 5X zeichnet sich durch die intern verbaute Pumpe aus, welche über einen Schlauch dauerhaft Umgebungsluft ansaugt und diese hinsichtlich der Zusammensetzung auswertet. So konnten die Rauchgase aus dem Gefach über ein im Vorhinein in das Wandbauteil gebohrtes Loch angesaugt und ausgewertet werden. Die Auswertung lieferte klare

Rückschlüsse auf das Vorhandensein des Leitgases CO. Bei näherer Betrachtung des Wandaufbaus fiel die Vermutung auf die beidseitig und vollflächig angeordnete Dampfsperre, welche nicht diffusionsoffen ist. Nachfolgende Kleinversuche mit Dampfsperren unterschiedlicher Hersteller bestätigten diese Vermutungen und bildeten die Grundlage für die Erweiterung des Arbeitspaketes 3 in der Projektverlängerung.

Aus den Erfahrungswerten des Arbeitspaketes 2 und des Arbeitspaketes 3 lässt sich ableiten, dass es sich bei der Motorsäge um das geeignete Arbeitsmittel für die Bauteilöffnung handelt. Außerdem wurde festgestellt, dass eine Kombination von Gasmessgerät und Wärmebildkamera zur Detektion von verdeckten Bränden innerhalb der Bauteile führt.

Der Erfahrungsgewinn im Bereich der Detektion ergab weiteren Forschungsbedarf. Im Zuge der Projektverlängerung sprachen sich die Verbundpartner daher für die Durchführung weiterer Versuchsreihen zur Erweiterung des Arbeitspaketes 3 aus. Ziel der Versuchsreihen war es, weitere Erkenntnisse über die Detektion und Ausbreitung von Bränden innerhalb von Holztafelelementen zu gewinnen.

Für die zusätzlichen Versuchsreihen wurden sechs Wandbauteile in Holztafelbauweise gefertigt. Die Wandbauteile hatten Abmessungen von 193,5 x 24,0 x 200 cm (L x B x H). Im Inneren eines jeden Bauteils waren drei vertikale Gefache mit einem Achsabstand von 62,5 cm angeordnet. Sie unterschieden sich im verwendeten Dämmstoff sowie in der Anordnung der Dampfsperre. Als Dämmstoffe kamen Holzfaser, Cellulose und Hanffaser zur Anwendung. Je Dämmstoffart standen abschließend zwei Bauteile mit einer einseitig angeordneten Installationsebene zur Verfügung, jeweils eines mit Dampfsperre und eines ohne. Die einseitige Installationsebene wurde mit Steinwolle ausgedämmt. Der Aufbau der Probekörper entsprach der nachfolgenden Abbildung 3. (5) Als Planungsgrundlage dienten die Vorgaben der MHolzBauRL. Wie im Kapitel 4.2 der MHolzbauRL gefordert, bestand die brandschutztechnische Bekleidung beidseitig aus einer zweilagigen, jeweils 18 mm starken Gipsplatte des Typs GKF nach DIN 18180 in Verbindung mit DIN EN 520. Mit Ausnahme der verwendeten Dämmstoffe entsprachen die Bauteile somit einer hochfeuerhemmenden Bauweise nach MHolzbauRL. (6)

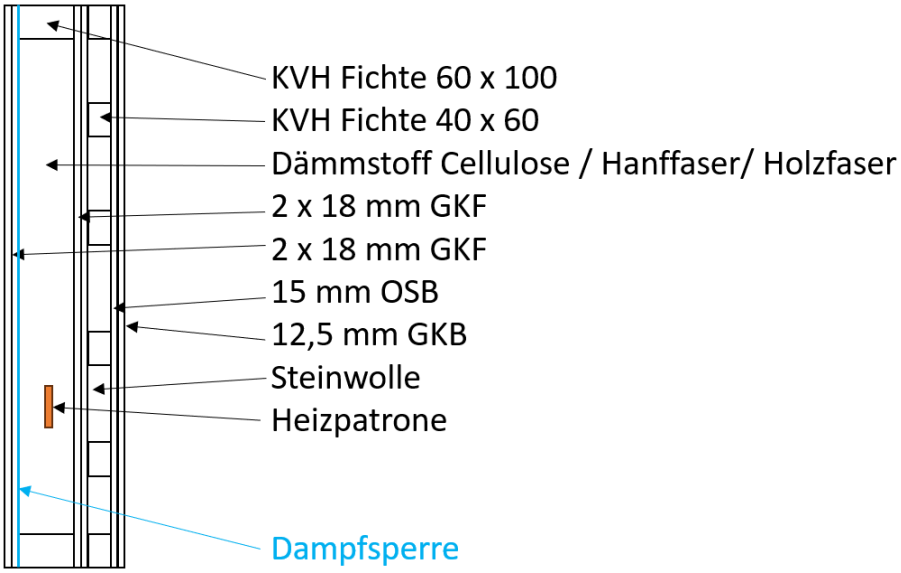


Abbildung 3: Skizze des Wandaufbaus der Probekörper zur Erweiterung des Arbeitspaketes 3

Da die Bauteilseite ohne Installationsebene zur Darstellung der Innenseite einer Außenwand dienen sollte, wurde hier die Dampfsperre angeordnet. Anstelle eines Fassadenaufbaus versah man die Außenseite der Bauteile mit einer Installationsebene.

Vorversuche zur Permeation von Kohlenstoffmonoxid zeigten auf, dass ein Durchtritt des Gases durch Dampfsperren fast gänzlich auszuschließen ist. Um die Permeation von CO nicht nahezu vollständig zu unterbinden, wurde die Dämmstoffebene lediglich einseitig mit einer Dampfsperre versehen.

Für die Zündung der Dämmstoffe kamen Zündkapseln mit einem elektrischen Zünder zur Anwendung. Diese wurden bereits während der Bauteilfertigung in halber Höhe und halber Tiefe des mittleren Gefaches eingebracht.

Um die Dokumentation zu vereinfachen und einen Überblick über die Messpunkte zu erhalten, fand eine Einteilung der Bauteile in Sektoren statt. Die Unterteilung der Bauteile erfolgte in drei horizontale und drei vertikale Felder. Horizontal wurden die Felder abhängig von der Bauteilseite mit Buchstaben und vertikal mit römischen Zahlen beschriftet, wie die Abbildung 4 zeigt. Im Feld IIB/b befand sich die Zündkapsel.

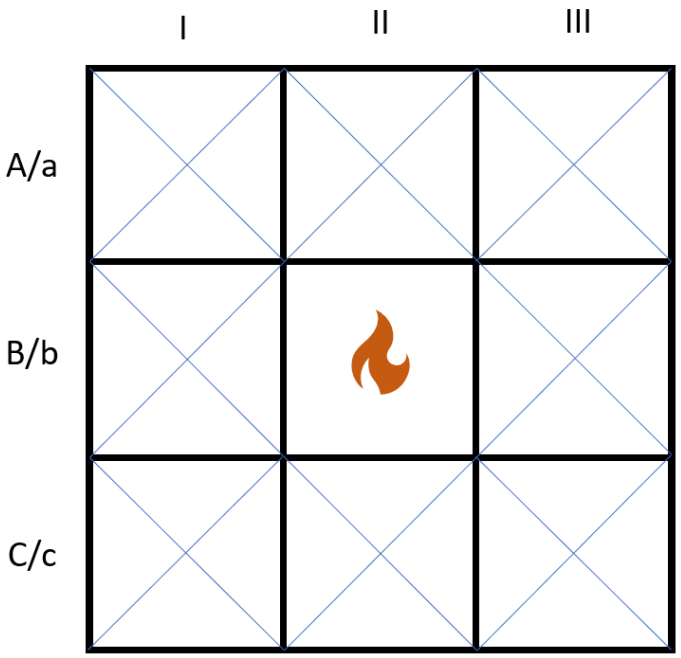


Abbildung 4: Aufteilung der Wandbauteile im Zuge der Erweiterung des Arbeitspaketes 3

Die CO-Messungen erfolgten durch zwei Teams. Ein Team untersuchte die Seite mit der Installationsebene, während das zweite Team an der abgewandten Seite arbeitete. An der Bauteilseite ohne Installationsebene fanden CO-Messungen durch Auflegen eines Messgerätes und auf der anderen Seite mittels eines Systems aus Pumpe und Messgerät statt. Dafür wurde auf der Bauteilseite mit Installationsebene in jeden Sektor ein Loch bis in die Dämmstoffebene gebohrt. Anschließend versah man die Löcher mit Kupferrohren (Innendurchmesser 4 mm) und fixierte diese mit Silikon. Dadurch war ein schneller Wechsel zwischen den Messpunkten möglich. Zum Schutz der Rohre vor Verunreinigungen und um die Messwerte nicht zu verfälschen, wurden die Kupferrohre nach jeder Messung mit einem Überzug aus Nitril verschlossen.

Zur Messung der CO-Konzentration innerhalb der Dämmstoffebene setzte man das MSA Altair 5X ein. Hierbei handelt es sich um ein Mehrgasmessgerät mit Pumpe. Dieses Gerät war mit Sensoren für fünf verschiedene Gase ausgestattet, einschließlich eines CO-Sensors, der Konzentrationen bis zu 2.000 ppm messen kann. Die Gasmessungen fanden in allen voreingeteilten Feldern außer Feld IIB statt, da man auf Grund der dortigen CO-Quelle eine sofortige Übersättigung der Messkammer erwartete. Anstelle der MSA Probenahmeleitungen wurden handelsübliche Absaugkatheter der Größe CH 16 aus dem medizinischen Bereich verwendet. Diese verfügen über denselben Innendurchmesser, sind jedoch kostengünstiger in der Anschaffung und ließen sich leicht mit den Kupferrohren verbinden.

Das zweite verwendete Messgerät war das Mehrgasmessgerät Dräger X-am 5600, welches ebenfalls Sensoren für fünf verschiedene Gase aufweist, jedoch keine Pumpe besitzt. Es wurde speziell zur Detektion von permeiertem Kohlenstoffmonoxid an der Oberfläche der Gipskartonfaserplatte eingesetzt. Dabei musste das Gerät mit der Bildschirmseite auf die Brandschutzbekleidung aufgelegt werden, da sich die Öffnung zu den Sensoren über dem Display

befindet. Mit der Rückseite aufgelegt konnten keine oder nur deutlich geringere Messwerte detektiert werden, wie bereits im Zuge der Heißversuche des Arbeitspaketes 3 festzustellen war.

Weil lediglich eine limitierte Anzahl an Messgeräten zur Verfügung stand, galt es Abbruchkriterien zum Schutz der Geräte festzulegen. Dem zur Folge sollten die Messungen beim Erreichen definierter Messwerte beendet werden. Für das Dräger X-am 5600 lag dieser beim maximal messbaren CO-Wert von 2.000 ppm, während beim MSA Altair 5X die Überschreitung einer CO-Konzentration von mehr als 1.500 ppm als Abbruchkriterium herangezogen wurde. Wie die vorhergehenden Versuchsreihen aufzeigten, ist eine Übersättigung des MSA Altair 5X als wesentlich kritischer zu erachten. Bei einer Anreicherung der Messkammer mit Konzentrationen von ca. 2.000 ppm kam es zu Spülzeiten von bis zu 24 Stunden, um die Einsatzbereitschaft des Gerätes wiederherzustellen. Zusätzlich kam das Messgerät MRU VARIOluxx zur Anwendung. Der portable Abgas- und Emissions-Analysator kann hohe CO-Konzentrationen bis zu 20.000 ppm messen.

Aus den vorhergehenden Versuchen des Arbeitspaketes 3 gewann man die Erkenntnis, dass eine Detektion von Bränden innerhalb der Bauteilkonstruktion mittels handgeführter Wärmebildkameras nicht zuverlässig möglich ist. Um dies zu validieren, wurden an Versuchstag 2 alle Bauteilseiten in regelmäßigen Abständen von etwa 30 min mit handgeführten Wärmebildkameras betrachtet, welche auch für die Verwendung bei Feuerwehren geeignet sind. Verwendete Modelle waren die Dräger UCF 7000 und die ARGUS Mi-TIC S3. Außerdem kamen hochauflösende Wärmebildkameras der Firma InfraTech zur Anwendung, welche für eine Langzeitaufnahme auf Stativen platziert wurden.

An Versuchstag 1 fand die Untersuchung der Bauteile ohne Dampfsperre, an Versuchstag 2 der Bauteile mit Dampfsperre statt. Zur Veranschaulichung zeigt die nachfolgende Tabelle 2 den Zusammenhang zwischen den Versuchstagen und den verwendeten Bauteilen auf. (5)

Bauteilbezeichnung		
Dämmstoff	**Versuchstag 1 (Bauteile ohne Dampfsperre)**	**Versuchstag 2 (Bauteile mit Dampfsperre)**
Cellulose-Dämmung	Bauteil 1	Bauteil 1D
Hanffaser-Dämmung	Bauteil 2	Bauteil 2D
Holzfaser-Dämmung	Bauteil 3	Bauteil 3D

Tabelle 2: Bauteilbezeichnung

Am Versuchstag 1 wurde in sämtlichen Bauteilsektoren bereits 120 Minuten nach Zündung eine signifikante CO-Konzentration festgestellt. Nennenswert ist, dass die CO-Konzentration im Feld IIa (Bauteil 1) die Hälfte des im Feld IIc (Bauteil 1) festgestellten Messwertes betrug. Im Gegensatz dazu war die Konzentration im Feld IIA im Vergleich zu Feld IIC ungefähr gleich oder sogar höher. Es konnte keine eindeutige Erklärung für diese Unterschiede gefunden werden, generell ließ sich kein einheitliches Muster der Ausbreitung von CO bei den Bauteilen feststellen.

Es wurde erwartet, dass die höchsten Messwerte im Feld IIB auftreten, da sich dort der Brandherd befand. Warum die Messwerte bei Bauteil 1 im Feld IIB im Vergleich zu den übrigen Messwerten sehr niedrig ausfielen, lässt sich nicht abschließend bestimmen. Mögliche Ursachen könnten eine fehlerhafte Handhabung des Messgeräts oder eine Verstopfung des Kupferrohrs sein. Es gilt zu beachten, dass das Kupferrohr direkt am Brandherd positioniert war.

Bei Bauteil 2 wurde 120 Minuten nach der Zündung eine markante Diskrepanz zwischen den Messwerten vom Dräger X-am 5600 und denen des MSA Altair 5X festgestellt. Eine plausible Ursache für diese Abweichung war nicht identifizierbar. Des Weiteren ist bei Bauteil 2 bemerkenswert, dass der Messwert im Sektor IIIc beim Zeitpunkt von 120 Minuten nach Zündung

sein Maximum erreichte und danach langsam abnahm. Ein Vergleich zu Messpunkt IC war nicht möglich, da dieser bereits 120 Minuten nach der Zündung die Konzentration von 1.500 ppm erreichte und folglich keine weiteren Messreihen durchgeführt wurden.

In dem Bauteil 3 sind die Messwerte in den Feldern IC und IIIc zu benennen. Diese Felder befinden sich gegenüberliegenden Bauteilseiten. Beide Felder zeigten 120 Minuten nach Zündung die höchste Konzentration auf, gefolgt von einer Abnahme in der nächsten Messung. Bei Feld IC betrug die Abnahme 244 ppm, bei Feld IIIc 12 ppm.

Das luftdichte Verschließen der Kupferrohre mit dem Nitril-Überzug konnte an Versuchstag 1 nicht wie geplant durchgeführt werden, da das Silikon zur Fixierung der Rohre an die Bauteile nicht vollständig getrocknet war. Dadurch wurden die Rohre beim Wiederverschließen verschoben, was vermutlich zu einem Luftwechsel zwischen dem Bauteil und der Umgebung führte. Dies könnte die CO-Konzentration im Bauteil verfälscht haben und dem Brand mehr Sauerstoff zur Verfügung gestellt haben. An Versuchstag 2 war das Silikon an den entsprechenden Bauteilen getrocknet.

Auch am Versuchstag 2 wurde in allen Bauteilen im Zeitraum von 120 Minuten nach Zündung eine CO-Konzentration von mindestens 185 ppm festgestellt.

Bei Bauteil 3D war insbesondere der Messpunkt IC auffällig, da hier die CO-Konzentration im Vergleich zu den anderen Messpunkten signifikant niedriger war. Zusätzlich trat mehrmals ein Pumpenfehler am MSA Altair 5X auf, vermutlich aufgrund einer teilweisen Verstopfung des Kupferrohrs in IC.

Auf der Seite ohne Installationsebene, mit Dampfsperre, wurden bei allen Bauteilen entweder keine oder sehr niedrige Messwerte festgestellt. Diese niedrigen Messwerte könnten auf eine Beschädigung der Folie durch den Versuchsaufbau zurückzuführen sein, wodurch das CO die Dampfsperre durchdringen konnte. Eine andere Möglichkeit für die niedrigen Messwerte könnte an Ungenauigkeiten bei der Messung mit dem Dräger X-am 5600 liegen, welches während der Versuchsdurchführung mehrfach hohen CO-Konzentrationen ausgesetzt war. Um diese Ungenauigkeiten zu vermeiden, hätte nach jeder Messung ein Frischluftabgleich durchgeführt werden müssen, was jedoch aufgrund der kurzen Messabstände nicht möglich war. Im Feld IIb des Bauteils 1D wurden durchgehend Messwerte bis maximal 29 ppm festgestellt, was augenscheinlich auf eine Beschädigung durch Heftklammern zurückzuführen ist, mit denen die Thermoelemente auf der Innenseite der Gipskartonfaserplatte befestigt waren.

Die Messergebnisse von Versuchstag 1 ließen sich nicht durch die Messreihen von Versuchstag 2 validieren. Auf Grund der Dampfsperre konnte das Kohlenstoffmonoxid hier nur an einer Bauteilseite permeieren. Zudem war feststellbar, dass die maximal messbare Konzentration bei den Bauteilen 1D, 2D und 3D früher erreicht wurde, dies lässt sich über die Verringerung der permeablen Fläche an den Bauteilen begründen.

Eine weitere Feststellung bezieht sich auf das Brandverhalten im Bauteil 2D. Beim Öffnen des Gefaches, etwa 290 Minuten nach Zündung, war der dortige Glimmbrand bereits erloschen und erkaltet. Dies spiegelte sich ebenfalls in den Messwerten wider. Im Feld IIB des Bauteils lag bei Minute 225 eine maximale Konzentration von 1310 ppm vor, während der Messwert zum Zeitpunkt von 275 Minuten nach der Zündung lediglich 885 ppm betrug. Es ist anzunehmen, dass der Brand zwischen den Messungen bei 210 Minuten und 275 Minuten nach der Zündung erlosch.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass sich das Kohlenstoffmonoxid zunächst in dem Gefach ausbreitete, in dem sich auch der Brandherd befand. Hinsichtlich des Verlaufs der Gasausbreitung ließ sich jedoch keine eindeutige Tendenz ableiten.

In Bauteil 1D und 3D waren die Brände nicht erloschen, hatten sich jedoch weniger ausgebreitet als am Versuchstag 1. Nach der Öffnung der mittleren Gefache war bei allen Bauteilen an Versuchstag 2 eine Feuchtigkeit des Dämmstoffes und sichtbare Wassertropfen an der Dampfsperre und Gipsplatte feststellbar. Diese Feuchtigkeit könnte einerseits durch den Verbrennungsprozess entstanden sein, andererseits kann es sich um Wasser handeln, welches als Feuchtigkeit in den Dämmstoffen enthalten war. Weil die Gipskartonfaserplatte durch die Dampfsperre abgekapselt war, konnte der Gips das Wasser nicht aufnehmen, wodurch es an der Folie und der Gipskartonoberfläche kondensierte.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Detektion von CO zur Bestimmung eines Glimmbrandes in der Dämmung geeignet ist. Allerdings benötigt Kohlenstoffmonoxid Zeit, um sich auszubreiten. Wenn die Messungen zu früh durchgeführt werden oder zu wenige Messpunkte definiert sind, besteht die Gefahr, dass ein Brandherd unentdeckt bleibt und sich weiter ausbreiten

kann. Für eine erfolgreiche Detektion ist es entscheidend, den Wandaufbau zu kennen und eine mögliche Gasbarriere wie die Dampfsperre zu identifizieren.

Die Wärmebildkameras zeigten über den gesamten Verlauf nur eine geringe Erwärmung der sichtbaren Oberflächen. Eine erkennbare Wärmeentwicklung beschränkte sich bei allen Bauteilen auf das mittlere Gefach, in dessen Zentrum sich der Brandherd befand. Die Wärmeentwicklung deckte sich etwa mit der Größe des Brandherdes. Es ist anzumerken, dass die verwendeten Wärmebildkameras über verschiedene Modi zur Anpassung der Temperaturskala verfügten. Bei günstigeren Modellen sind diese Einstellungsmöglichkeiten häufig nicht gegeben, eine Erwärmung wäre folglich nicht feststellbar gewesen. Auf Grund der fehlenden Verfügbarkeit solcher Wärmebildkameras konnte dieser Umstand jedoch nicht näher untersucht werden. Bei einem Feuerwehreinsatz sind Fehleinschätzungen von Wärmebildern durch andere Temperaturquellen als realistische Ereignisse zu bewerten. Hier lassen sich unter anderem die Wärmesignaturen elektrischer Geräte als Erschwernis und Verfälschung anführen. Als weiteres Hindernis für Wärmebildkameras sind Einrichtungsgegenstände zu bewerten, welche einen direkten Blick auf die Wandoberfläche verhindern. (5)

1.4. Arbeitspaket 4: Ermittlung von charakteristischen Kenngrößen bei der Anwendung geeigneter Löschmittel und -techniken im Realmaßstab

Das Arbeitspaket 4 galt der experimentellen Untersuchung von Detektions-, Eindämmungs- und Öffnungstechniken an Bauteilen nach Brandbeanspruchung unter Berücksichtigung der im Feuerwehrein-satz zu erwartenden Gegebenheiten. Die im Rahmen der experimentellen Untersuchungen an intakten und brandbeanspruchten Bauteilen gewonnenen Erkenntnisse sollten in großmaßstäblichen Brandversuchen, die praxisnahe Bedingungen aufwiesen, validiert und evaluiert werden. Hierbei waren alle relevanten Einsatzphasen, von der Bekämpfung eines Raum- bzw. Fassadenbrandes, über die Detektion von Konstruktions- und Hohlraumbränden und deren Eindämmung bis zum finalen Löschprozess, zu untersuchen.

In Vorbereitung auf das Arbeitspaket 4 fanden Versuche mit dem in Abbildung 5 dargestellten Patternator statt. Die unter der Leitung des IBK durchgeführten Versuchsreihen dienten der Ermittlung der nutzbaren Löschwassermenge von verschiedenen Strahlrohren in Abhängigkeit von der Höhe und sollten somit Aufschluss über die Erreichbarkeit und Wirksamkeit der Bekämpfung von Fassadenbränden geben. Als wesentliches Arbeitsergebnis der Vorversuche ist zu benennen, dass die untersuchten Wurfhöhen lediglich bei geringfügigen Böen erreichbar waren. Weshalb in Bezug auf größere Höhen oder stärkere Winde auf alternative Löschmethoden zurückzugreifen ist. Diesbezüglich wurden die Löschversuche der Fassadenbrände im Arbeitspaket 4 raumseitig durchgeführt. Eine detaillierte Beschreibung und Auswertung der Patternatorversuche kann dem Abschlussbericht des IBK entnommen werden.

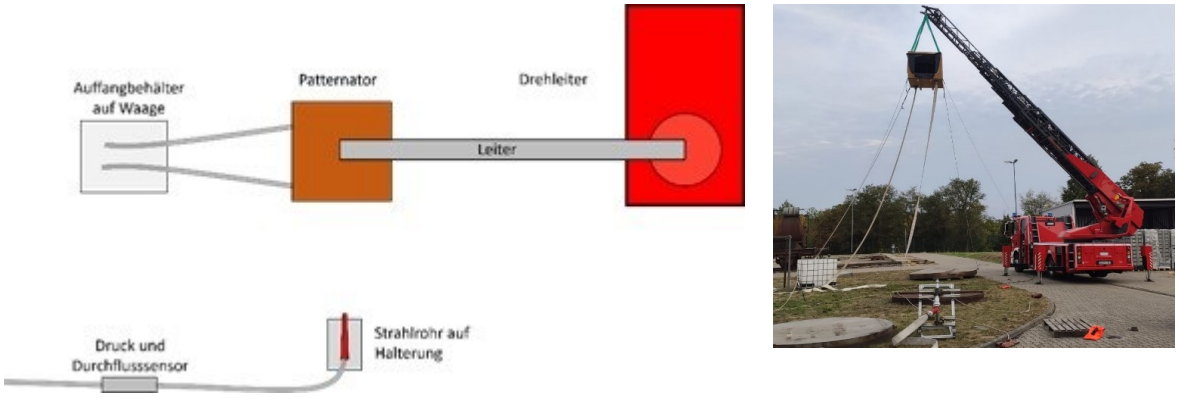


Abbildung 5: links, Skizze des Versuchsaufbaus, rechts Foto vom Versuchsaufbau

Die Belegversuche des Arbeitspaketes 4 fanden am neu errichteten Zentrum für Brandforschung (ZeBra) der TU Braunschweig statt. Eine Besonderheit dieser Forschungseinrichtung ist die Größe des Brandraumes, in dem auch mehrgeschossige Brandversuche durchführbar sind. Um die Möglichkeiten der Forschungseinrichtung auszuschöpfen, wurde ein Versuchsstand gefertigt, welcher einem viergeschossigen Gebäude nachempfunden war. Er bestand aus einem hallenseitig offenen Konstruktionskörper in Stahlbetonbauweise, welcher die Probekörper in den Versuchsreihen aufnahm. Das Erdgeschoss blieb ungenutzt und diente der Aufbewahrung sowie der Verlegung von Messtechnik. Im ersten Obergeschoss entschied man sich für die Anordnung von drei Fassadenelementen mit jeweils einer Fensteröffnung, um den Fassadenbrand in Folge eines Raumbrandes zu simulieren. Das zweite Obergeschoss verfügte ebenfalls über drei Fassadenelemente, jedoch mit einer geschlossenen Wandscheibe. Den Abschluss bildete das dritte Obergeschoss mit weiteren drei Fassadenelementen und zusätzlichen Innenwänden zur Nachbildung eines Fassadenbrandes sowie eines Raumbrandes.

Für die Versuchsdurchführung standen zwei Versuchsreihen mit jeweils zwei Versuchstagen zur Verfügung. Im Zuge der ersten Versuchsreihe betrachtete man am ersten Versuchstag einen Raumbrand im ersten Obergeschoss, der das initiale Brandereignis für die Betrachtung des anschließenden Fassadenbrandes bildete. Hierfür wurden drei Holzkrippen aufgebaut, welche die Brandlasten in einem möblierten Raum darstellten. Nach der Entzündung der Krippen mittels n-Heptan begann eine Beobachtungsphase von 30 Minuten. Die Zeitdauer der Beobachtungsphase ergibt sich aus dem erwarteten Zeitraum von der Brandentstehung über die Brandentdeckung, Alarmierung hilfeleistender Kräfte bis hin zu den ersten Löschmaßnahmen der Feuerwehr. Zum Schutz des Versuchsstandes und der Forschungseinrichtung wurden im Vorhinein Abbruchszenarien festgelegt, bei dessen Erreichen die Feuerwehr eingreift und den Versuch vorzeitig beendet. In diesem Zusammenhang ist die Gefahr des Abbrandes der Fassade im 2. Obergeschoss, die Entzündung der Fassade des 3. Obergeschosses und ein unzulässiger Anstieg von CO in der Versuchshalle zu benennen.

Eine Beteilung der Fassade am Brandgeschehen war bereits 18 Minuten nach der initialen Zündung der Holzkrippen feststellbar. Der sichtbare Brandüberschlag vom 1. OG über die Brandsperren hinweg in die Fassade des 2. OG trat in Minute 21 des Brandversuches ein. Die konstruktive Auslegung der geschossweise angeordneten Brandsperren erfolgte entsprechend den Vorgaben der MHolzBauRL. Es war zu beobachten, dass kein weiterer Brandüberschlag vom 1. OG in das 2. OG auftrat.

Im Anschluss an die Beobachtungsphase fand das Ablöschen des Raumbrandes im 1. OG durch die Einsatzkräfte der Feuerwehr Hamburg unter Zuhilfenahme eines C-Hohlstrahlrohres statt. Hierauf folgte eine weitere Beobachtungsphase von 5 Minuten, in derer das Brandgeschehen der Fassade ohne das Vorhandensein eines Stützfeuers betrachtet wurde. Zu diesem Zeitpunkt stellte sich das Brandereignis mit einer geringfügigen Flammenerscheinung, örtlich sichtbaren Glimmbränden und einer optisch wahrnehmbaren Rauchentwicklung dar. Entsprechend des Brandbildes konnte davon ausgegangen werden, dass kein weiterer Brandüberschlag in das 3. Obergeschoss zu erwarten ist. Dem schloss sich die Bekämpfung des Fassadenbrandes vom Boden der Versuchshalle an. Um den Löschmitteleinsatz so gering wie möglich zu halten, nahmen die dort befindlichen Einsatzkräfte ein D-Hohlstrahlrohr vor. Zur Bestätigung der Wirksamkeit des Löschangriffs fand eine Begutachtung der Fassade mittels einer handgeführten Wärmebildkamera statt. Im Zuge der Nachkontrolle wurde die Fassade hinsichtlich eines Brandeintrags in die Unterkonstruktion untersucht. Hierfür kam eine Endoskopkamera zur Anwendung. Mittels der Wärmebildkamera und der Endoskopkamera war kein Brandereignis detektierbar.

Darüber hinaus wurde die Endoskopkamera eingesetzt, um eine Aussage zum Wandaufbau und den verwendeten Baustoffen treffen zu können. Von Seiten der Einsatzkräfte war der Wandaufbau eindeutig identifizierbar. Auf Grund der Farbe und Struktur ließ sich weiterhin die verwendete Dämmstoffart ableiten.

Im praktischen Anwendungsfall besteht auf Grund der Gebäudehöhe oder Umgebungsbedingungen nicht immer die Möglichkeit der Brandbekämpfung von außen. Daher ist es aus Sicht der Feuerwehr zweckmäßig, auch vom Gebäudeinneren wirksame Brandbekämpfungsmaßnahmen bei einem Brand im Bereich der Fassade durchzuführen. Im Rahmen der praktischen Durchführung des Arbeitspaketes 4 fanden somit Versuche statt, welche auf eine Identifikation des Wandaufbaus sowie auf eine Brandbekämpfung in diesem Bereich abzielten.

Die Erkundung des Wandaufbaus, von innen nach außen, erfolgte im Bereich der Außenwand des 2. Obergeschosses. Hierfür wurde in einem Zuge durch alle Bauteilschichten gebohrt, um eine

Zugangsöffnung für die Endoskopkamera zu schaffen. Im folgenden Schritt kam es zur Dokumentation des Wandaufbaus sowie der verwendeten Baustoffe. Auch hier ließ sich der Aufbau der Außenwand und die Art des Dämmstoffes eindeutig identifizieren. An dieser Stelle ist festzustellen, dass für die erfolgreiche Bauteilbegutachtung eine grundlegende Sachkunde der Einsatzkräfte erforderlich ist. Das Arbeitspaket 5 des Forschungsvorhabens HoBraTec beinhaltet das Themenfeld der Publikation und des Praxistransfers. Hierbei wurde insbesondere auf erforderliche Lehrinhalte für die Werkstoff- und Baustoffkunde eingegangen.

Der weitere Verlauf der Versuchsdurchführung sah die Brandbekämpfung von innen nach außen vor. Das Szenario bezog sich auf die Unterkonstruktion der Fassade des 2. Obergeschosses. Die Löschversuche wurden mit dem bereits erprobten DRILL-X durchgeführt. Das Bohrlöschgerät bietet den Vorteil, dass es auf Grund seiner Konstruktion auch innerhalb der einzelnen Bauteilschichten gezielt Löschmittel abgeben kann. Mittels der vorangegangenen Öffnung zur Bestimmung des Wandaufbaus konnte die erforderliche Eindringtiefe des DRILL-X bestimmt werden. Diese wurde anschließend an das Bohrlöschgerät, zum Zwecke der Tiefenbegrenzung, angetragen. Für die Versuchsreihen am Versuchstag 1 und am Versuchstag 2 kamen insgesamt drei unterschiedliche Löschmittel zum Einsatz. Hierbei handelte es sich um CAFS-Nass, CAFS-Trocken und herkömmliches Löschwasser ohne weitere Zusätze.

Die Abkürzung CAFS steht für Compressed Air Foam System und kann mit dem Begriff Druckluftschaum übersetzt werden. Löschschäume haben gegenüber Löschwasser ohne Zusätze ein besseres Eindringverhalten in die Oberfläche des Brandgutes und in Bauteilzwischenräume, da sie die Oberflächenspannung des Wassers senken. Zudem haftet das Löschmittel besser an dem benetzten Brandgut an und führt somit zu einem geringeren Löschwasserbedarf. Für die Erzeugung des Druckluftschaumes wird ein eigenes Aggregat benötigt. Im Sinne der Kosteneinsparung wurde auf die Anschaffung eines solchen Aggregates verzichtet. Stattdessen konnte die Firma Rosenbauer als Industriepartner gewonnen werden, welche mit der Leihgabe eines CAFS CUBE S unterstützte. Auf Grund der Mobilität dieses Druckluftschaumsystems war es möglich, dass innerhalb des Versuchsstandes mit CAFS-Nass und CAFS-Trocken gearbeitet werden konnte.

Der Unterschied zwischen den beiden Schaumarten ist auf die Verschäumungszahl zurückzuführen. Diese beschreibt das Verhältnis zwischen dem Volumen des Gemisches aus Wasser und Schaummittel sowie dem Volumen des erzeugten Löschschaumes. Die Verschäumungszahlen von Druckluftschaum liegen zwischen 4 und etwa 20. Bis zur Verschäumungszahl von 11 handelt es sich um Nass-Schaum, welcher durch den höheren Wasseranteil fließfähiger ist und eine Kühlwirkung des Brandgutes entfaltet. CAFS-Trocken ist bei Verschäumungszahlen im Bereich von 11 - 20 anzutreffen und weist auf Grund des geringeren Wasseranteils eine höhere Viskosität auf. Dies begünstigt das Abdecken von Brandgut und beeinflusst die Schichthöhe des Löschschaumes positiv. (7)

Im Zuge der Versuchsdurchführung des Versuchstages 1 wurde mit dem DRILL-X, unter Verwendung von reinem Löschwasser, raumseitig durch die Außenwandkonstruktionen des 2. Obergeschosses hindurchgebohrt. Für den Schaummitteleinsatz war das Wasser aus der Löschwasserleitung des DRILL-X abzulassen, damit kein negativer Einfluss auf die Bildung des Löschschaumes auftreten konnte. Sobald der Löschschaum unmittelbar am Gerät anstand, beendete man die Wasserabgabe und brachte das Gerät in die geforderte Arbeitsposition. Im Bereich der Unterkonstruktion kam es schließlich zur Abgabe von trockenem CAFS. Mit dem Ausdringen des Löschschaumes aus der Fassade galt der Löscheinsatz als abgeschlossen.

Hierauf folgte die Aufnahme der Fassadenbekleidung mit dem Ziel einer Überprüfung der Löschmittelausbreitung in der Unterkonstruktionsebene. Es handelt sich bei der anschließenden Bewertung ausschließlich um qualitative Feststellungen, dennoch lässt sich der Löscherfolg bestätigen. Es war zu erkennen, dass sich auf Grund des trockenen CAFS eine flächige Anhaftung des Löschmittels sowie eine vollständige Füllung der Unterkonstruktion einstellte. Das vorhandene Brandbild zeigte, dass in Verbindung mit dem initialen Brandereignis der Fassade auch Glutbrände innerhalb der Unterkonstruktion auftraten, welche zum Zeitpunkt der Eröffnung der Fassade nicht mehr existierten.

In Anlehnung an den ersten Versuchstag bildete auch am zweiten Versuchstag ein Krippenbrand das initiale Brandereignis. Hierfür wurden zwei Holzkrippen aufgebaut, welche die Brandlasten in einem möblierten Raum darstellten. Nach der Entzündung der Krippen mittels n-Heptan begann ebenfalls eine Beobachtungsphase von 30 Minuten. Im Anschluss an die Beobachtungsphase fand das Ablöschen des Raumbrandes im 3. OG durch die Einsatzkräfte der Feuerwehr Hamburg unter Zuhilfenahme eines C-Hohlstrahlrohres statt. Dem Löscheinsatz folgte die Zündung der Dämmstoffe

innerhalb der Gefache der Bauteilelemente mittels Zündkapseln. Diese dienten der Sicherstellung eines Brandereignisses innerhalb der Konstruktion, um losgelöst von den vorhandenen Fehlstellen Detektionsversuche durchführen zu können.

Zur Verhinderung der bereits aus dem Arbeitspaket 3 bekannten Quereinflüsse des Brandgutes auf die CO-Messung wurde der Brandraum von den Rückständen des Feststoffbrandes befreit, bevor die Versuchsreihen zur Branddetektion begannen. Die Detektion der Konstruktionsbrände richtete sich nach den Erkenntnissen des Arbeitspaketes 3 und wurde mit der Sichtprüfung innerhalb des Brandraumes eingeleitet. Hierbei lag der Fokus auf Anzeichen einer Brandweiterleitung in die Konstruktion. Als diese gelten sichtbare Flammenerscheinungen, Rauchaustritt / Rauchfahnen oder Fehlstellen, wie Bohrungen und Steckdosen, Lichtschalter oder Risse.

Im zweiten Schritt erfolgte die thermographische Prüfung der Wände mittels Wärmebildkameras. Dafür verwendeten die Einsatzkräfte der Feuerwehr die Dräger UCF 7000 und die wissenschaftlichen Beobachter die ARGUS Mi-TIC S3. Nachdem die Einsatzkräfte keine Feststellung machten, kam es zur haptischen Überprüfung der Bauteile durch Auflegen des Handrückens und Klopfen. Auf diese Weise lässt sich die thermische Beanspruchung von Bauteilen sowie deren Bauweise (Massivbauweise oder Rahmenbauweise) bestimmen. In diesem Zusammenhang wurde eine erhöhte Temperatur der Bauteiloberfläche festgestellt, obwohl die vorhergehende Thermographie keine Hinweise auf das Vorhandensein eines Brandes gab. Im weiteren Verlauf der Versuchsdurchführung konnte ein tatsächliches Brandereignis bestätigt werden. Im Zuge der Auswertung ergab sich, dass die von den Einsatzkräften verwendete Wärmebildkamera über unterschiedliche Modi verfügte. Bei Anwendung einer geringeren Ansprechschwelle wäre das Brandereignis unter Umständen feststellbar gewesen. Die Wärmebildkamera der wissenschaftlichen Beobachter wies an dieser Stelle unmittelbar auf eine erhöhte Oberflächentemperatur hin. Dies verdeutlicht abermals die Bedeutung von Schulungen zur richtigen Handhabung von Gerätschaften. Bei vorhergehender Kenntnis der Einsatzkräfte über die Einstellungsmöglichkeiten an der Wärmebildkamera ist davon auszugehen, dass der Brand in der Konstruktion bereits im Anfangsstadium der Versuchsreihe festgestellt worden wäre.

Die mittels Sichtprüfung, Thermographie und haptisch festgestellten Verdachtsstellen wurden an den Bauteilen angezeichnet und mittels des Dräger X-am 5600 auf das Vorhandensein des Leitgases CO überprüft. Hierfür legten die Einsatzkräfte das Messgerät unmittelbar auf die Bauteile auf. Anhand der Erkenntnisse des Arbeitspaketes 3 wurde an jeder Verdachtsstelle für eine Dauer von 60s gemessen. Dies ist erforderlich, um Beeinflussungen durch Luftströmungen oder die Träge des Sensors so gering wie möglich zu halten. Als Ergebnis draus waren örtliche Quellen von CO lokalisierbar. Bedingt durch die Anordnung der Messkammer des Gasmessgerätes ist es erforderlich, das Gerät mit der Displayseite auf das Bauteil aufzulegen. Andernfalls sorgt die Umgebungsluft für eine Durchmischung und der Sensor wird insbesondere bei geringen Konzentrationen nicht ausreichend mit dem Leitgas angereichert. Da das Display bei dieser Bedienungsform nicht mehr abgelesen werden kann und lediglich eine optische / akustische Signalisierung bei Überschreitung der Alarmschwellen erfolgt, sind ausschließlich qualitative Aussagen zur Höhe der Konzentration möglich. Das Überschreiten der Alarmschwellen galt gleichermaßen als Abbruchkriterium, um einer Übersättigung des Sensors vorzubeugen.

Bestätigt wurden die Verdachtsstellen mittels des Gasmessgerätes vom Typ MSA Altair 5X. Dafür bohrte man in mittelbarer Nähe zu den Verdachtsstellen ein Loch in die Wand, über das die CO Konzentration innerhalb der Bauteile gemessen werden konnte. Die Auswertung lieferte klare Rückschlüsse auf das Vorhandensein des Leitgases CO. In diesem Arbeitsschritt fand außerdem die Bestimmung des Wandaufbaus mittels der Endoskopkamera statt. Über die in eine Bohrung eingeführte Kamera ließen sich Aussagen zur Bauweise, Art des Dämmstoffes, brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung, Anordnung von Installationsebenen sowie zum Schichtaufbau treffen.

Im nächsten Schritt erfolgte die Zündung der Außenfassade des 3. OG mittels einer Tropfkanne, welcher sich eine weitere 30-minütige Beobachtungsdauer des Versuchsstandes anschloss. Die nachfolgende Fassadenbrandbekämpfung ließ sich in 2 Phasen unterteilen. Phase 1 umfasste das Ablöschen der Fassade von innen nach außen mit dem DRILL-X. Wie am Versuchstag 1 wurden hierfür Löcher mit dem DRILL-X gebohrt, um anschließend Löschmittel abgeben zu können. Am Versuchstag 2 griff man abweichend zum Versuchstag 1 auf CAFS-Trocken, Wasser und CAFS-Nass als Löschmittel zurück. Jedes der drei Bauteile erhielt eine Bohrung im mittleren Gefach, sodass je Bauteil ein Löschmittel zur Anwendung kam. Es verblieben jedoch örtliche Glimmbrände, welche auf Grund des Strahlwinkels von dem Bohrlöschgerät nicht erreicht werden konnten. Bei der Verwendung von CAFS-Nass und CAFS-Trocken wurden auch die Glimmbrände erfolgreich

gelöscht. Es war ersichtlich, dass CAFS-Trocken die beste Haftung auf der Außenwand aufwies. Auf Grund der hiesigen Laborbedingungen sind weitergehende Versuche erforderlich, um Umgebungseinflüsse, wie Wind, in die abschließende Beurteilung einfließen lassen zu können.

Phase 2 bezog sich auf die Brandbekämpfung innerhalb der Konstruktion. Dazu kamen ebenfalls die eingangs benannten Löschmittel zur Anwendung. Als Zielstellung galt es die detektierten Brände in den Gefachen vollständig zu löschen. Bereits während des Löschvorgangs war bei CAFS-Nass und CAFS-trocken feststellbar, dass die Gefache vollständig mit dem Löschmittel gefüllt waren. Dies zeigte sich durch ein zeitlich verzögerten Löschmittelaustritt aus der Bohrung. Die nachfolgende Eröffnung der Bauteile bestätigte diese Einschätzung. Unabhängig von dem verwendeten Löschmittel waren die Gefache zum Zeitpunkt der Bauteilöffnung vollständig gelöscht. In den mit reinem Löschwasser bearbeiteten Gefachen ist zusätzlich eine vollständige Durchnässung der eingesetzten Dämmung feststellbar gewesen.

Am Versuchstag 3 war der Versuchsaufbau sowie der Ablauf in den Arbeitsschritten bis zum Ablöschen des Krippenbrandes identisch zum Versuchstag 1. Anstelle eines C-Hohlstrahlrohres wurde für die Brandbekämpfung auf das DRILL-X zurückgegriffen. Hierfür versah man die Wand zum Brandraum des 1. Obergeschosses mit einer Zugangsöffnung in Größe des Durchmessers vom Bohrkopf des DRILL-X. Während der Brandphase war diese Öffnung mit Mineralwolle verschlossen, welche es für die anschließende Brandbekämpfung zu entfernen galt. Mit dem Ablauf der 30-minütigen Beobachtungsphase brachten die Einsatzkräfte das DRILL-X in den Brandraum ein und initiierten die Abgabe von Löschwasser. Die Dauer der Löschwasserabgabe wurde von der Projektleitung im Bereich der Versuchshalle bestimmt und mit Funk an die Einsatzkräfte im Brandraum weitergegeben. Abhängig war die Dauer der Löschmittelabgabe von der optischen Wahrnehmung es Löscherfolges durch die Fensteröffnungen. Auf diese Weise wurde die eingesetzte Löschwassermenge so gering wie möglich gehalten.

Dem folgte eine weitere Beobachtungsphase von 5 Minuten, in derer das Brandgeschehen der Fassade ohne das Vorhandensein eines Stützfeuers betrachtet wurde. Zu diesem Zeitpunkt stellte sich das Brandereignis mit einer geringfügigen Flammenerscheinung, örtlich sichtbaren Glimmbränden und einer optisch wahrnehmbaren Rauchentwicklung dar. Das sich einstellende Brandbild glich dem 1. Versuchstag. Auch in diesem Versuch konnte davon ausgegangen werden, dass kein weiterer Brandüberschlag in das 3. Obergeschoss zu erwarten ist. Dem schloss sich die Bekämpfung des Fassadenbrandes vom Boden der Versuchshalle an. Die dort befindlichen Einsatzkräfte nahmen ein D-Hohlstrahlrohr vor, um den Löschmitteleinsatz so gering wie möglich zu halten. Analog zum 1. Versuchstag fand zur Bestätigung der Wirksamkeit des Löschangriffs eine Begutachtung und Nachkontrolle der Fassade statt. Auch die bisherigen Erkenntnisse hinsichtlich der Bestimmung des Fassadenaufbaus konnten somit bestätigt werden.

Um unterschiedliche Möglichkeiten der Fassadenbrandbekämpfung bewerten zu können, bezogen sich die Versuche 3 und 4 auf den Einsatz von Löschlanzen. Die verwendete Löschlanze vom Typ Fognail Kombinagel ist dazu bestimmt, um durch Wände oder Türen getrieben zu werden und dort Löschwasser abzugeben. Das sich bei der Wasserabgabe einstellende Sprühbild lässt sich als Kegelförmiger Wassernebel beschreiben, welcher eine Kombination aus einem Weitsprühnagel und Breitsprühnagel darstellt. Hinsichtlich der Länge wählte man einen Fognail, der zur Bekämpfung des Fassadenbrandes durch die Außenwand hindurch getrieben werden konnte. Auf Grund des Wandaufbaus und der Wandstärken waren zum Einbringen des Fognails Bohrungen erforderlich. Die Bohrungen befanden sich jeweils in den mittleren Gefachen der Fassadenelemente auf einer Höhe von 1,6 m über der Oberkante des Fertigfußbodens. Eine Besonderheit war bei der Bohrung des Gefaches mit dem Dämmstoff Hanf feststellbar. Der Dämmstoff wickelte sich während des Bohrvorgangs um den Bohrer und blockierte diesen, sodass in die dahinterliegende Bauteilschicht nur mit großem Aufwand gebohrt werden konnte. Auch der Austausch der Bohrmaschine und des Bohrers führten zu keiner maßgeblichen Verbesserung der Situation.

Am Versuchstag 3 lag der Fokus auf der Brandbekämpfung innerhalb der Unterkonstruktion der Außenwandbauteile. Das Eintreiben der Löschlanze erfolgte über die anfänglich beschriebenen Bohrungen in den Gefachen. Um die korrekte Position zum Einbringen des Löschwassers zu erreichen, erhielten die Einsatzkräfte im Brandraum Anweisungen vom Personal aus dem Hallenbereich. Auch die Dauer der Löschmittelabgabe in die Unterkonstruktion der Fassade erfolgte auf Anweisung des Hallenpersonals. Diese war bestimmt von der Färbung der Brandgase, der Menge des austretenden Löschwassers und der optischen Wahrnehmbarkeit von Glutbränden. Abschließend wurde die Fassade geöffnet, um den Löscherfolg zu belegen. Obwohl keine Anzeichen eines noch bestehenden Brandes ersichtlich waren, stellte man fest, dass nicht alle Bereiche der Unterkonstruktion mit dem Löschwasser benetzt waren. Bei einer zu diesem Brandgeschehen

abweichenden Verteilung der Glutbrände ist demnach von einem Misserfolg der Brandbekämpfung auszugehen. Eine Wiederentzündung der Konstruktion oder eine unentdeckte Brandausbreitung wären die Folge.

Versuchstag 4 umfasste den Brandversuch im 3. Obergeschoss des Versuchstandes, welcher weitestgehend identisch zum Versuchstag 2 verlief. Dieser verfolgte das Ziel, die Feststellungen und definierten Arbeitsabläufe der vorhergehenden Versuchsreihen zu bestätigen. In diesem Zusammenhang sollte jedoch gänzlich auf die Verwendung von Löschmitteln verzichtet werden.

Der Einsatz von Löschwasser bedeutet Zusatzkosten für die Sanierung von Brandschäden. Neben den üblichen Schäden an Einrichtungen, Inventar und elektrischen Installationen, sind Wasserschäden an der Bausubstanz zu benennen. Insbesondere Gebäude in Holzbauweise gelten als anfällig für diese. Übliche Schadensbilder sind verfaulte oder aufgequollene Bauteile sowie Schimmel. Abhängig von der eingesetzten Löschwassermenge und der baulichen Struktur des Gebäudes können diese Beschädigungen an der Bausubstanz über mehrere Geschosse reichen und erhebliche monetäre Auswirkungen haben. Die Reduzierung dieser Folgeschäden sollte daher einen elementaren Bestandteil bei der Wahl der Einsatzstrategie einnehmen.

Gemäß der im Arbeitspaket 2 und Arbeitspaket 3 gewonnenen Erkenntnisse wurden die vorab identifizierten Verdachtsstellen unter Zuhilfenahme einer Kettensäge geöffnet. Im Sinne des minimalinvasiven Bauteileigriffs schufen die Einsatzkräfte zunächst eine Sondierungsöffnung mit Abmessungen von 0,5 m x 0,5 m. Anschließend kam es zur Entfernung des Dämmstoffes im Sondierungsbereich. Abhängig vom vorgefundenen Lagebild eröffneten Einsatzkräfte die Gefache in voller Breite und Höhe. Der darin befindliche Dämmstoff wurde ebenfalls händisch entfernt. Dem folgte eine erneute Messung auf CO im Bereich der Brandstellen. Auch hierfür kam die bereits beschriebene Messstrategie mittels des Dräger X-am 5600 zur Anwendung. Den Abschluss bildete ein erneuter Raumscan durch die Wärmebildkamera. Da diese Überprüfung kein Grund zur Annahme eines noch bestehenden Brandgeschehens gab, galt die Brandbekämpfung als abgeschlossen. Andernfalls wäre der beschriebene Regelkreis erneut einzuleiten und abzuarbeiten gewesen.

Im weiteren Verlauf der Versuchsdurchführung sollte ein Fassadenbrand im Bereich des 3. Obergeschosses initiiert werden. Die im Fußpunkt der Konstruktion befindliche und mit n-Heptan gefüllte Brandrinne bildete zugleich das für den Brandversuch benötigte Stützfeuer. Der Zündung schloss sich eine 30-minütige Beobachtungsphase an, um eine ausreichende Intensität des Fassadenbrandes zu erzielen. In diesem Versuch sollte der Fassadenbrand mit dem bereits verwendeten Fognail gelöscht werden.

Dazu führten die im 3. Obergeschoss befindlichen Einsatzkräfte zunächst einen Fognail in die vorhandene Bohrung der mittleren Wandscheibe ein. Auf Grund der zentralen Lage wurde davon ausgegangen, dass auf diese Weise die größtmögliche Bauteiloberfläche mit Löschwasser benetzt werden kann. Eine Herausforderung bestand in der Erreichbarkeit der Fassade mit dem Löschmittel.

Konstruktionsbedingt weist der Fognail ein nach vorne gerichtetes Sprühbild auf. Optimal wäre für diesen Zweck jedoch ein negativer Sprühwinkel. Aus diesem Grund wurde die Austrittsöffnung des Fognails, auf Anweisung des Personals in der Versuchshalle, so dicht wie möglich an die Fassade herangezogen. Idealerweise sollte ein Winkel von 90° bestehen, um den größtmöglichen Löscheffekt zu erzielen.

Während der Brandbekämpfung wurde ersichtlich, dass der Sprühwinkel in Verbindung mit dem Volumenstrom des Löschwassers von 75 l/min nicht auskömmlich ist, um das Brandgeschehen an allen Fassadenelementen zu unterbinden. Als Reaktion darauf kam der Fognail bedarfsgerecht an allen 3 Wandelementen zur Anwendung. Hierfür erhielten die Einsatzkräfte im 3. Obergeschoss Anweisungen aus dem Hallenbereich. Trotz unterschiedlicher Wirkdauer und häufigem Positionswechsel, war das Brandereignis nur schwer zu löschen.

Bei der Bewertung sind auch die Umgebungsbedingungen in der Halle einzubeziehen. Im Zuge eines realen Brandes würden die Windverhältnisse starken Einfluss auf das Brandgeschehen und die Brandbekämpfung nehmen. Auf Grund der Tropfengröße des aus dem Fognail austretenden Löschwassers ist davon auszugehen, dass unter natürlichen Bedingungen mit einer geringeren Löschwasserbeaufschlagung der Fassade zu rechnen wäre.

1.5. Arbeitspaket 5: Entwicklung von Übungsszenarien/ -konzepten für Feuerwehren und Landesfeuerwehrschulen

Innerhalb des Arbeitspaketes 5 galt es unter der Leitung des IBK ein Ausbildungskonzept sowie einen Modelllehrgang für die Brandbekämpfung von Hohlraumbränden zu entwickeln. Dem ging die Untersuchung von Ausbildungserfordernissen und die Ableitung von Lehr- und Lernzielen voraus.

Zur Durchführung von praktischen Ausbildungsabschnitten sollte ein Übungssimulator projektiert und durch ehrenamtliche sowie hauptamtliche Einsatzkräfte erprobt werden. Dies geschah bereits im Zusammenhang mit dem Arbeitspaket 3. Die frühzeitige Erprobung des Übungscontainers gab die Möglichkeit zur Reaktion auf die Praxiserfahrung, sodass im Arbeitspaket 5 lediglich geringfügige Modifizierungen des Containers durchgeführt werden mussten.

Die Feuerwehr Hamburg unterstützte die Fertigung des Ausbildungskonzeptes insbesondere durch die Entwicklung der Arbeitsabläufe zur Branddetektion und Brandbekämpfung, welche mittels der vorangegangenen Arbeitspakete 3 und 4 hinreichend auf ihre Praxistauglichkeit überprüft wurden. Diese Erkenntnisse bildeten ebenfalls die Grundlage für zu erarbeitende Anschauungsmaterialien.

Zur Erreichung der Wirksamkeit eines Ausbildungskonzeptes ist erfahrungsgemäß die Akzeptanz des Konzeptes bei der Zielgruppe erforderlich. Um dies zu gewährleisten, wurde das Ausbildungskonzept im Rahmen des projektbegleitenden Ausschusses vorgestellt. Der darin enthaltene Personenkreis ermöglichte auf Basis der vertretenen fachlichen Expertise sowie auf Grund der regional bedingten unterschiedlichen Arbeitsweisen ein ideales Werkzeug für die Erzielung der Anwendungstauglichkeit. Neben der Vorstellung der Ausbildungsinhalte wurde der projektbegleitende Ausschuss in die Weiterentwicklung und Finalisierung des Ausbildungskonzeptes einbezogen. Das erstellte Ausbildungskonzept kann dem Abschlussbericht des Verbundpartners IBK entnommen werden.

1.6. Arbeitspaket 6: Publikation und Praxistransfer

Die Publikation und der Praxistransfer begann 2022 auf der Jahresfachtagung der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes. Nach der Vorstellung des Forschungsprojektes wurde ein fachliches Netzwerk etabliert, welches sich im Zuge des Projektfortschrittes ausweitete. Es folgte die Vorstellung des Forschungsprojektes auf Fachtagungen in:

- Braunschweig (Braunschweiger Brandschutz-Tage, 14. – 15.9.2024),
- Balingen (2. Innovationstag „Bauen der Zukunft“, 6.6.2023),
- Biberach (Biberacher Brandschutztag, 16.11.2023) und
- Stuttgart (Stuttgarter Brandschutztage, 30. – 31.1.2024)

Aus diesem fachlichen Netzwerk konnte ein projektbegleitender Ausschuss gebildet werden, der sich aus Mitgliedern deutscher, österreichischer und schweizerischer Feuerwehren zusammensetzte.

Zudem erfolgten Publikationen in einschlägigen Fachzeitschriften (BrandSchutz Deutsche Feuerwehrzeitung, FeuerTrutz Magazin für Fachplaner), um potentielle Zielgruppen in einem größeren Umfang zu erreichen und über das Forschungsprojekt zu informieren.

Erste Ergebnisse des Forschungsprojektes HoBraTec sind bislang auf folgenden Fachtagungen vorgestellt worden.

- Jahresfachtagung der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes, Magdeburg (Mai 2024)
- Brandschutz-Tagung der Ingenieurkammer Nordrhein-Westfalen, Dortmund (Mai 2024)
- FeuerTrutz Brandschutzkongress, Nürnberg (Juni 2024)
- Braunschweiger Brandschutz-Tage, Braunschweig (September 2024)

Darüber hinaus wurde im April 2024 eine Informationsveranstaltung für Referendare und Ausbildungsbeamte des höheren feuerwehrtechnischen Dienstes durchgeführt, die von unterschiedlichen Dienststellen aus dem gesamten Bundesgebiet entsandt worden sind. Im September 2024 folgte eine erste Fortbildungsveranstaltung für Feuerwehrführungskräfte an der Landesschule für Brand- und Katastrophenschutz Mecklenburg-Vorpommern. Eine weitere Veranstaltung ist für Oktober 2024 am Niedersächsischen Landesamt für Brand- und Katastrophenschutz geplant.

2. Wichtige Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Zum Zeitpunkt der Antragstellung verfügte die Feuerwehr Hamburg nicht über die notwendige personelle und finanzielle Ausstattung zur Durchführung der geplanten Arbeiten, sodass eine Förderung mit einer vollständigen Förderquote beantragt wurde.

Die im Fördermittelantrag eingereichte Kostenkalkulation enthielt alle Personal- und Sachmittel, welche für die Durchführung des Projektes erforderlich waren. Als Personalkosten wurden die Stellen für einen wissenschaftlichen Mitarbeiter über die gesamte Projektlaufzeit zuzüglich der Finanzierung von zwei wissenschaftlichen Hilfskräften für die organisatorische und vorbereitenden Tätigkeiten projektiert. Zudem wurden Personalkosten berücksichtigt, die durch die Einbindung von Einsatzkräften der Freiwilligen Feuerwehr und der Berufsfeuerwehr Hamburg entstehen (Nebentätigkeit).

Weiterhin sind Sachmittel für die Durchführung der notwendigen Bauteilversuche sowie die zugehörigen Investitionsmittel zur Anschaffung von zusätzlich benötigter Technik eingeplant worden.

Die finanziellen Mittel zur Erreichung der förderpolitischen Ziele wurden nicht in Gänze ausgeschöpft.

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeit

Alle durchgeführten Arbeiten entsprachen der Notwendigkeit und Angemessenheit, um die gesetzten Projektziele zu erreichen. Aus den erzielten Arbeitsergebnissen lassen sich entsprechend den Ausführungen des hiesigen Abschlussberichtes wissenschaftliche sowie wirtschaftliche Erfolgsaussichten ableiten.

4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Fundierte Erkenntnisse über die Möglichkeiten und Grenzen der Brandbekämpfung im mehrgeschossigen Holzbau bilden die Basis für wirksame Löscharbeiten. Durch ein zielgerichtetes und effizientes Eingreifen der Feuerwehr wird die Sicherheit der Gebäudenutzer, der Einsatzkräfte und der Bevölkerung im Allgemeinen signifikant erhöht. Zudem können durch ein vertieftes Wissen zur Brandbekämpfung im Holzbau schwerwiegende Schäden an der Bausubstanz infolge der Löscharbeiten minimiert und ggf. ausgeschlossen werden.

Ergebnisse des Forschungsprojektes sind für die Erstellung bzw. Fortschreibung technischer Baubestimmungen nutzbar. Einsatzgrenzen der Feuerwehr lassen sich dadurch unmittelbar berücksichtigen und bautechnische Anforderungen ggf. modifizieren. Hierdurch können die Möglichkeiten des Holzbaus in ein angemessenes Verhältnis zum erwartbaren Risiko gesetzt werden.

Die wissenschaftliche Verwertung der Ergebnisse erfolgte bereits in der Projektlaufzeit in Form von Veröffentlichungen in Fachzeitschriften (vfdb-Zeitschrift, Brandschutz Deutsche Feuerwehrzeitung) sowie auf Fachtagungen (Braunschweiger Brandschutztage, vfdb-Jahresfachtagung).

Der im Rahmen des Projektes entwickelte Prototyp eines „Einsatzsimulators“ kann von privaten Dienstleistern im Rahmen der „Heißausbildung“ mittelfristig zu einem Ausbau des angebotenen Leistungsspektrums und damit zu einem Unternehmenswachstum in diesem Bereich beitragen.

Durch die Bereitstellung der Versuchsergebnisse besteht für Löschtechnik- und Löschmittelhersteller mittelfristig eine Grundlage zur Weiterentwicklung der am Markt erhältlichen Systeme hinsichtlich eines erweiterten Anwendungsbereichs. Zudem besteht die Möglichkeit zur Entwicklung weiterer innovativer Löschsysteme auf Grundlage der erhobenen charakteristischen Kennzahlen.

5. Erkenntnisse von Dritten

Eine Veränderung beim Stand der Wissenschaft und Technik, durch aktuellere Informationen als die im ursprünglichen Antrag genannten Literaturstellen, liegt zum aktuellen Zeitpunkt nicht vor.

6. Veröffentlichungen

Folgende Veröffentlichungen wurden im Rahmen des Verbundvorhabens angefertigt.

Schriftliche Publikationen:

Wellisch, A. et. al. (2021): Optimierung der Brandbekämpfungsmethoden und -techniken für Gebäude in moderner Holzbauweise: Das Projekt HOBRATEC. Tagungsband, Jahresfachtagung der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes, 23. – 25.5.2022, Würzburg

Klein, K. et. al. (2023): Abwehrender Brandschutz im Holzbau – Techniken und Taktiken für Brände innerhalb der Konstruktion, BRANDSchutz Deutsche Feuerwehrzeitung, Ausgabe 4/2023, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart

Lange, J. et. al. (2024): Optimierung der Brandbekämpfungsmethoden und -techniken für Gebäude in moderner Holzbauweise: Ergebnisse aus dem Projekt HOBRATEC. Tagungsband, Jahresfachtagung der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes 2024, Magdeburg

Lange, J. et. al. (2024): Optimierung der Brandbekämpfungsmethoden und -techniken für Gebäude in moderner Holzbauweise. Tagungsband, Brandschutztagung der Ingenieurkammer Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf

Lange, J. et. al. (2024): Experimental Investigation on Firefighting Procedures for Multi-Storey Wooden Façades. Tagungsband, 4th International Symposium on Fire Safety on Façades, Lund

Lange, J. et. al. (2024): HOBRATEC – Weiterentwicklung der Brandbekämpfungsmethoden für den mehrgeschossigen Holzbau. Tagungsband, 5. Deutscher Holzbau Kongress, Berlin

Lange, J. et. al. (2024): Optimierung der Brandbekämpfungsmethoden und -techniken für Gebäude in moderner Holzbauweise, Tagungsband, FeuerTrutz Brandschutzkongress, Nürnberg

Wegener, S. et. al. (2024): Neue Erkenntnisse für die Brandbekämpfung im Holzbau – Optimierung der Brandbekämpfungsmethoden und -techniken für Gebäude in moderner Holzbauweise (Forschungsprojekt HoBraTec), Zeitschrift für Forschung und Technik im Brandschutz – vfdb, Heft 3/2024, Bremen

Lange, J., Wellisch, A. (2024): Brandbekämpfung im modernen Holzbau – Erkenntnisse aus dem Projekt HOBRATEC, FeuerTrutz Magazin, Ausgabe 4/2024, Köln

Wellisch, A., Lange, J. (2024): Erfordert die Verbreitung des urbanen Holzbaus einen Paradigmenwechsel bei den Feuerwehren? Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt HOBRATEC, Tagungsband, Braunschweiger Brandschutztage, 25. – 26.9.2024, Braunschweig

Vorträge:

Wellisch, A. (2022): Optimierung der Brandbekämpfungsmethoden und -techniken für Gebäude in moderner Holzbauweise: Das Projekt HOBRATEC, vfdb-Jahresfachtagung 2022, Würzburg

Wellisch, A. (2023): Mehrgeschossiger Holzbau – Herausforderungen und Lösungsansätze aus Perspektive der Feuerwehr, 2. Innovationstag „Bauen der Zukunft“, Balingen

Wellisch, A. (2023): Holzgebäude im abwehrenden Brandschutz Einsatzerfahrungen und Einschätzungen der Feuerwehren. Erste Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt HoBraTec zur Optimierung der Brandbekämpfungsmethoden und -techniken für Gebäude in moderner Holzbauweise, Biberacher Brandschutz-Tag 2023, Biberach

Wellisch, A. (2024): Brandschutzforschung im Holzbau an der Schnittstelle zwischen vorbeugendem und abwehrendem Brandschutz, 17. Stuttgarter Brandschutztage, Stuttgart

Wellisch, A., Lange J. (2024): HOBRATEC – Weiterentwicklung der Brandbekämpfungsmethoden für den mehrgeschossigen Holzbau, 5. Deutscher Holzbau Kongress, Berlin

Wellisch, A., Lange J. (2024): Optimierung der Brandbekämpfungsmethoden und -techniken für Gebäude in moderner Holzbauweise, Brandschutztagung der Ingenieurkammer Nordrhein-Westfalen 2024, Düsseldorf

Wellisch, A., Lange J. (2024): Optimierung der Brandbekämpfungsmethoden und -techniken für Gebäude in moderner Holzbauweise: Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt HoBraTec, vfdb-Jahresfachtagung 2024, Magdeburg

Sudhoff, P. (2024): Experimental Investigation on Firefighting Procedures for Multi-Storey Wooden Façades, 4th International Symposium on Fire Safety on Façades, Lund

Wellisch, A. (2024): Optimierung der Brandbekämpfungsmethoden und -techniken für Gebäude in moderner Holzbauweise, FeuerTrutz Brandschutzkongress 2024, Nürnberg

Wellisch, A. (2024): Optimierung der Brandbekämpfungsmethoden und -techniken für Gebäude in moderner Holzbauweise, das Forschungsprojekt HOBRATEC, Verbandsführerlehrgang 2024, Landesschule für Brand- und Katastrophenschutz, Malchow

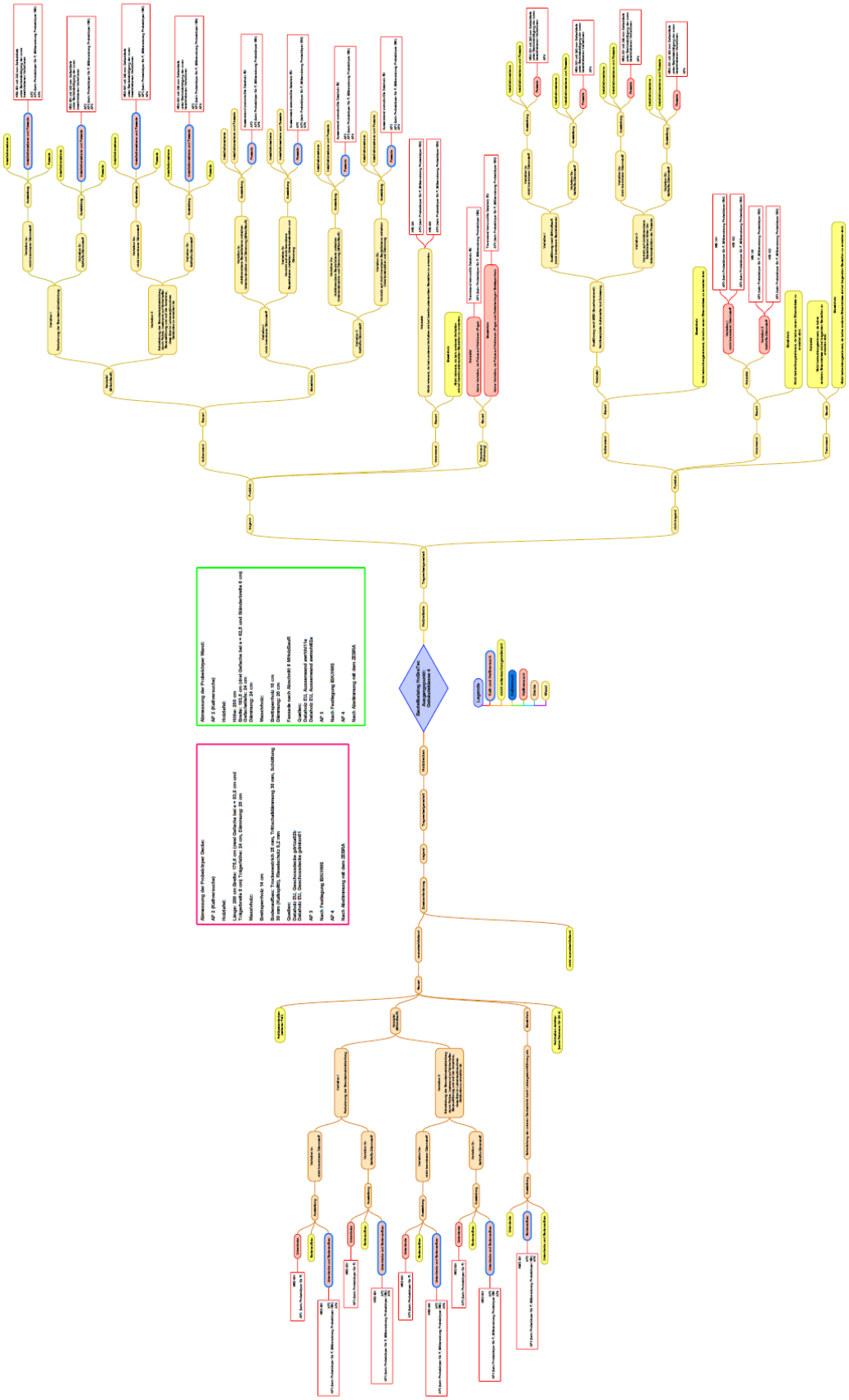
Wellisch, A., Lange J. (2024): Erfordert die Verbreitung des urbanen Holzbaus einen Paradigmenwechsel bei den Feuerwehren? Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt HOBRATEC, Braunschweiger Brandschutztage 2024, Braunschweig

Während der Projektlaufzeit wurde eine Abschlussarbeit zu Forschungsinhalten des Projektes verfasst. Die Erkenntnisse dieser Arbeiten waren wichtige Forschungsgrundlage für die Bearbeitung der Projektinhalte.

Bachelorarbeiten:

Braun, F. (2024): Detektion von Bränden innerhalb von Wandkonstruktionen bei Gebäuden in moderner Holzbauweise. Hochschule Furtwangen University

Anlage 1 (Untersuchungsmatrix zur Entwicklung des Bauteilkataloges)



Anlage 2 (Werkzeuge im Zuge der Versuchsdurchführung des Arbeitspaketes 2)

Werkzeuge im Zuge der Bauteilöffnung vom AP 2	
Zerspanende Werkzeuge	
Akku-Säbelsäge (Blatt: Multicut)	Makita Akku-Reciprosäge 18V DJR183Z
Akku-Stichsäge	Makita Akku-Pendelhub-Stichsäge DJV182ZJ
Akku-Tauchsäge	Makita Akku-Tauchsäge 56 mm 2x18V DSP600ZJ
Benzin Motorsäge	Dolmar 3,8 PS Benzin Motorsäge mit konventioneller Kette
Akku- Motorsäge	Makita Akku-Motorsäge DUC353Z, 2x18V, 35 cm
Benzin Trennschleifer	Stihl TS 760 mit Nozar Rip-Cut als Scheibe
Akku-Bohrschrauber	Makita Akku-Bohrschrauber DDF484ZJ
Brechwerkzeuge	
Feuerwehr-Axt	
TNT-Axt	
Halligan-Tool	
Blechaufreißer	
Fatmax Fubar III	
Arson-Trash Hook	
Dry-Wall Hook	

Anlage 3 (Werkzeugmatrix für zerspanende Werkzeuge)

Werkzeugmatrix							
Werkzeuge	Zerspanende Werkzeuge						
	a) Akku-Säbelsäge (Blatt: Multicut)	b) Akku-Stichsäge	c) Akku-Tauchsäge	d) 3,8 PS Benzin-Kettensäge (Rescue-Cut)	e) Akku-Kettensäge	f) Benzin-Trennschleifer (Scheibe: Nozar Rip-Cut)	h) Akku-Bohrschrauber
Wände "innen"							
IA	**2a**	**3a**	**4k**				**1k**
IIA							
IIIA							**1k**
IB						**1k**	
IIB							
IIIB							
IC				**2k**	**1k**		
IIC							
IIIC							
Wände "außen"							
Ia	**2a**	**3a**	**4k**				**1k**
IIa							
IIIa							
Ib						**1k**	
IIb							
IIIb							
Ic				**2k**	**1k**		
IIc							
IIIc							
Decken "unten"							
1A	**2a**		**1k**			**/**	
2A						**/**	
1B		**2a**				**/**	**1k**

2B						/	
1C				**2k**	**1k**	/	
2C						/	
Decken "oben"							
1a	**2a**	**3a**	**4k**				**1k**
2a							
1b						**1k**	
2b							
1c				**2k**	**1k**		
2c							

Anlage 4 (Werkzeugmatrix für brechende Werkzeuge)

Werkzeugmatrix											
Werkzeuge	Brechende Werkzeuge										
	I) Feuerwehraxt	II) TNT-Axt	III) Halligan-Tool	IV) Fatmax-Fubar III	V) Dry-Wall Hook (Fire Hooks Unlimited)	VI) Arson-Trash Hook (Fire Hooks Unlimited)	VII) Blechaufreißer	VIII) Kombigerät SPS mit Spreizerspitzen	IX) Kombigerät SPS mit Scherenmesser	X) Kombigerät SPS mit Türöffner-Spitze	XI) Kombigerät SPS mit Mechanischem-Rettungszylinder
Wände "innen"											
IA											
IIA		**1k**			**2a**	**3a**					
IIIA						**3a**	**2a**				
IB											
IIB	**1k**			**2a**							
IIIB			**1k**					**3a**		**2a**	
IC											
IIC		**1k**	**2a**								
IIIC	**1k**								**2a**		**3a**
Wände "außen"											
Ia											
IIa	**2a**				**1k**	**3a**					
IIIa	**2a**					**3a**	**1k**				
Ib											
IIb	**1a**			**1k**							
IIIb			**1k**					**3a**		**2a**	
Ic											
IIc		**2a**	**1k**								
IIIc	**1k**								**1a**		**1a**
Decken "unten"											
1A								**/**	**/**	**/**	**/**
2A	**1k**					**3a**	**2a**	**/**	**/**	**/**	**/**

1B								/	/	/	/
2B		**1k**	**2a**					/	/	/	/
1C								/	/	/	/
2C	**1k**			**2a**	**3a**			/	/	/	/
Decken "oben"											
1a											
2a	**1k**				**3a**	**4a**	**2a**				
1b											
2b		**1k**	**2a**	**3a**							
1c											
2c	**1k**							**3a**	**4a**	**2a**	**5a**

Anlage 5 (Legende der Werkzeugmatrix)

Legende der Werkzeugmatrix	
a	Der Sektor muss für die Bearbeitung mit diesem Werkzeug hergerichtet werden.
k	Vor Einsatz des Werkzeuges sind keine anderen Arbeitsschritte erforderlich.
1 - n	Reihenfolge der zu verwendenden Werkzeuge von 1 bis n.

Anlage 6 (Aufteilung der Innenwände in Sektoren)

Aufteilung der Innenwände in Sektoren		
IA Zerspanung (h,a,b,c)	IIA Brechen (II,V,VI)	IIIA Brechen (I,VII,VI)
IB Zerspanung (f)	IIB Brechen (I,IV)	IIIB Brechen (III,X,VIII)
IC Zerspanung (e,d)	IIC Brechen (II, III)	IIIC Brechen (I, IX, XI)

Anlage 7 (Aufteilung der Außenwände in Sektoren)

Aufteilung der Außenwände in Sektoren		
Ia Zerspanung (h,a,b,c)	IIa Brechen (V,I,VI)	IIIa Brechen (VII,VI,I)
Ib Zerspanung (f)	IIb Brechen (IV,I)	IIIb Brechen (III,X,VIII)
Ic Zerspanung (e,d)	IIc Brechen (III,II)	IIIc Brechen (I, IX, XI)

Anlage 8 (Aufteilung der Unterseiten von Decken in Sektoren)

Aufteilung der Unterseiten von Decken in Sektoren	
1A Zerspanung (c,a)	2A Brechen (I,VII,VI)
1B Zerspanung (h,b)	2B Brechen (II,III)
1C Zerspanung (e,d)	2C Brechen (I,IV,V)

Anlage 9 (Aufteilung der Oberseiten von Decken in Sektoren)

Aufteilung der Oberseiten von Decken in Sektoren	
1a Zerspanung (h,a,b,c)	2a Brechen (I,VIII,V,VI)
1b Zerspanung (f)	2b Brechen (II,III,IV)
1c Zerspanung (e,d)	2c Brechen (I,X,VIII,IX,XI)

Literaturverzeichnis

1. **Fire Engineering: Firefighter Training and Fire Service News, Rescue. *Daniel P. Sheridan.* [Online] 28. 01 2011. [Zitat vom: 12. 06 2024.] https://www.fireengineering.com/firefighting/sheridan-overhaul/#gref.**
2. **Thorns, Jochen. *Kohlenstoffmonoxid.* Stuttgart : W. Kohlhammer GmbH, 2020. 9783170324831.**
3. **Kemper. *Grundtätigkeiten Hilfeleistungseinsatz.* Landsberg / Lech : ecomed Sicherheit, Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm GmbH, 2008. 978-3-609-62022-0.**
4. **Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland (GG). Bonn : s.n., 1949.**
5. **Braun, Frieder. Bachelorarbeit. *Detektion von Bränden innerhalb Wandkonstruktionen bei Gebäuden in moderner Holzbauweise.* Furtwangen : Hochschule Furtwangen, 2024.**
6. **Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL). 2022. Ausgabe 4 vom 21.06.2021.**
7. **Referat 5 „Brandbekämpfung – Gefahrenabwehr“ (BG) des Technisch-Wissenschaftlichen Beirates der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. *Technischer Bericht Druckluftschaum (DLS).* Altenberge : s.n., 2010.**
8. **Forsthochschule Rottenburg. *Verwendung von schwachem Laubholz für die Produktion von Brettsperrholz.* Rottenburg : FNR-Abschlussbericht, 2020. FKZ 22003715.**
9. **DIN EN 16351 Anhang A. Holzbauwerke-Brettsperrholz-Anforderungen. Berlin : DIN Deutsches Institut für Normung e. V, 2021.**
10. **DIN EN 301. Klebstoffe, Phenoplaste und Aminoplaste, für tragende Holzbauteile - Klassifizierung und Leistungsanforderungen. Berlin : DIN Deutsches Institut für Normung e. V, 2018. DIN EN 301.**
11. **Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Ergebnisse der Bundeswaldinventur. Berlin : s.n., 2012.**
12. **DIN EN 338. Bauholz für tragende Zwecke - Festigkeitsklassen; Deutsche Fassung. Berlin : DIN Deutsches Institut für Normung e. V, 2016.**
13. **DIN EN 302-1. Klebstoffe für tragende Holzbauteile - Prüfverfahren. Berlin : DIN Deutsches Institut für Normung e. V, 2013. DIN EN 302-1.**
14. **Deutscher Forstwirtschaftsrat e.V. und Deutscher Holzwirtschaftsrat e.V. Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel in deutschland (RVR). Berlin : s.n., 2015.**
15. **Fischer, K. Neues Verfahren zur maßanalytischen Bestimmung des Wassergehaltes von Flüssigkeiten und festen Körpern. 1935. Bde. 48 S. 394–396, Angewandte Chemie. doi:10.1002/ange.19350482605..**
16. **Hamburgische Bauordnung (HBauO). Hamburg : s.n., 2005. zuletzt geändert am 13.12.2023.**
17. **dataholz.eu. [Online] Holzforschung Austria – Österreichische Gesellschaft für Holzforschung, 2024. [Zitat vom: 26. 02 2024.] https://www.dataholz.eu/index.htm.**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersuchungsmatrix zur Entwicklung des Bauteilkataloges, Ausgangssituation 3
Abbildung 2: Untersuchungsmatrix zur Entwicklung des Bauteilkataloges, Ausgangssituation 3
Abbildung 3: Skizze des Wandaufbaus der Probekörper zur Erweiterung des Arbeitspaketes 3 12
Abbildung 4: Aufteilung der Wandbauteile im Zuge der Erweiterung des Arbeitspaketes 3 13
Abbildung 5: links, Skizze des Versuchsaufbaus, rechts Foto vom Versuchsaufbau 16

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Werkzeuge im Zuge der Bauteilöffnung des Arbeitspaketes 3 9
Tabelle 2: Bauteilbezeichnung 14

Abkürzungsverzeichnis

ABH	Amt für Bauordnung und Hochbau der Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen
AP	Arbeitspaket
CAFS	Compressed Air Foam System
F	Feuerwehr Hamburg
GG	Grundgesetz
HMS	Hochschule Magdeburg-Stendal
HoBraTec	Holzbau Brandschutz Technik, Akronym des Forschungsvorhabens
IBK	Institut für Brand- und Katastrophenschutz Heyrothsberge
iBMB	Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig
LBO	Landesbauordnung
MHolzBauRL	Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise
PM	Projektmonat
vfdb	Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes
ZeBra	Zentrum für Brandforschung der TU Braunschweig