

Technische Herausforderungen beim Brandschutz im Modulbau

Fachgespräch Brandschutz im Modulbau , 4. November 2025 DIBt Berlin

Univ.-Professor Dr.-Ing. Thomas Ummenhofer



Foto: Christina Häußler / EinsatzReport24

Beispiel Containerbau als temporäres Gebäude

temporärer Container-
Schulbau für
Gymnasium mit 1055
Schülern in Garching
bei München

Foto: Florian Pejjak

Beispiel Raummodulbauweise

■ selbsttragende Einzelelemente gekoppelt, Fertigungstiefe variabel

Bürogebäude
WDF53 Walldorf,
SAP Campus

Foto: Zooney Braun

Community Campus Bochum



Europas höchste
modulare Wohn-
gebäude
(9 und 11 Ober-
geschosse)

Community
Campus, Bochum
737 Studenten-
wohnungen

<https://allgemeinebauzeitung.de/abz/>

Community Campus Bochum

Stahlraummodule mit
Stahlbeton-Bodenplatte
und teilweise
Holzrahmen,
vertikale Erschließung:
Stahlbeton

Foto: Daiwa House Modular Europe

Fertigung Raummodule Community Campus

Das Thema Brandverhalten

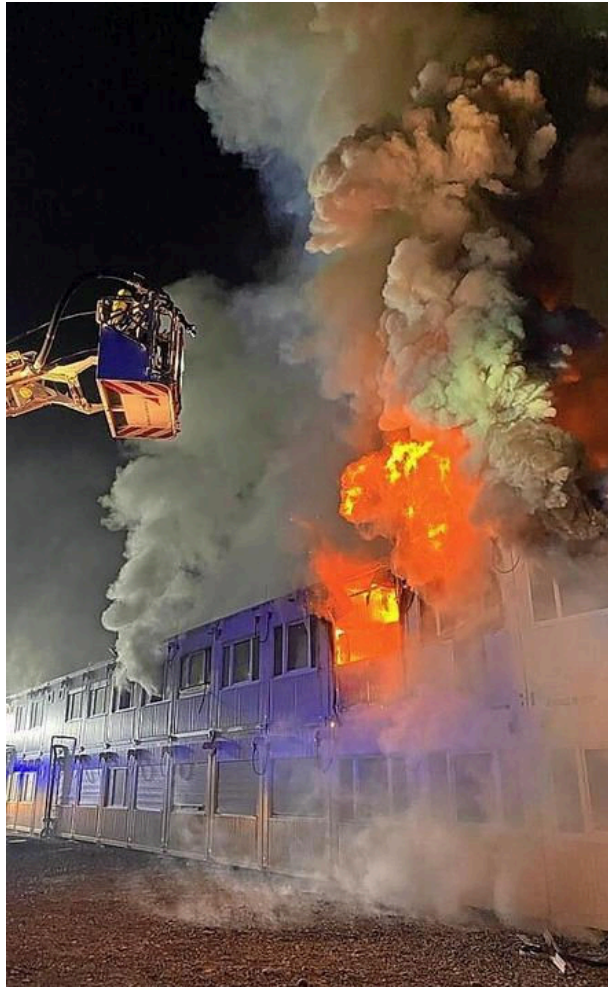


Foto: Nils schulze, Feuerwehr Offenburg



Foto: Ralf Burgmaier

03.05.2023,
Offenburg:
Feuer in
Notunterkunft
„Am Sägeteich“
zerstört 16
Wohncontainer,
Brandstiftung
ausgeschlos-
sen

Brand beeinflusst die Tragkonstruktion



Fotos: THW Offenburg 1. Oktober 2023

01.10.2023,
Offenburg:
Erneut Feuer in
Notunterkunft
„Am Sägeteich“
zerstört 72
Wohncontainer,
technischer
Defekt.

05.01.2025:
Zimmerbrand

Brand beeinflusst die Tragkonstruktion



Foto: LRA

01.10.2023,
Offenburg:
Erneut Feuer in
Notunterkunft
„Am Sägeteich“
zerstört 72
Wohncontainer,
technischer
Defekt

05.01.2025:
Zimmerbrand

Das Thema Brandverhalten



Der Container-Komplex wurde durch den Brand schwer beschädigt.

© Polizeiinspektion Stade

05.09.21, Buxtehude:
Brandstiftung, leerstehend



Feuerwehrleute löschen am Montagabend die brennende Unterkunft für Geflüchtete in Hamburg.

Quelle: dpa

13.02.22, Hamburg Winterhude: Brandstiftung, ein Toter

Das Thema Brandverhalten



Foto: FF Buchholz

- Buchholz, 8. Juli 2024,
1 Toter, 21 Verletzte
- Feuerwehrbericht: „...
*schnelle Brandausbreitung
vom Erdgeschoss in das
Obergeschoss.*“ Brandstiftung
- 29.04.23 Roßdorf,
Containerbau 2-geschossig,
unbewohnte
Flüchtlingsunterkunft
-

5-stöckiges Modulgebäude: Brandverhalten?



© Rüdiger Mosler

Container und Raummodule im Brandfall

Baurechtliche Situation:

■ Container und Raummodule

keine anwendbaren technischen Baubestimmungen (TBs) verfügbar

➔ unregelmäßige Bauprodukte bzw. Bauarten

Bauprodukt: Raumzelle, Bauart: Raumzellengebäude

■ Erfüllung der Anforderungen im Brandfall (bzw. REI) ist nachzuweisen

■ ABPs greifen nicht, da diese nur einzelne Komponenten („2D-Prüfung nach DIN 4102) umfassen und bisher kein allgemein anerkanntes Prüfverfahren existiert (DIBt)

Herausforderungen

- anerkannte Regeln oder Regelwerke zum Nachweis des Brandverhaltens von Modulen/Modulbauwerken fehlen
- Eurocodes ermöglichen Heißbemessung am 3D-Tragwerksmodell
- Modulgebäude im Vergleich zu klassischen Bauweisen, die durchgehenden Deckenplatten aufweisen, vulnerabler
 - Module werden wie Bauklötze neben- und aufeinander gesetzt
 - nur lokale Verbindungen
 - keine durchgehenden massiven Deckenplatten und Wandscheiben
 - Ausfall eines Moduls kann zum Versagen des Gesamttragwerks führen
 - offene Fuge: Heißgas greift ungeschütztes Bauteil an
 - Fugen zwischen den Modulen können potentiell Heißgase leiten

Kaskadeneffekt



Ein Beispiel für das reale Chaos

WESTDEUTSCHE ZEITUNG

☰ MENÜ 🔍 Anmelden

NRW SPORT POLITIK MEINUNG PANORAMA WIRTSCHAFT RATGEBER SPECIALS REISE DIGITAL



Der Umzug in Container auf der Hardt ist gescheitert. Foto: picture alliance / dpa/Carmen Jaspersen

Wuppertal. Die Stadt muss immense Kostensteigerung und fehlende Bauanträge einräumen. Umzug des Johannes-Rau-Gymnasiums und der Gesamtschule Else Lasker-Schüler verzögern sich weiter.

AUSZUG aus der
Pressemeldung:

„... gestand für das
Gebäudemanagement der Stadt
Wuppertal ein, dass es
versäumt worden sei, eine
bauartbezogene Genehmigung
beim Landesbau-ministerium für
den mehrge-schossigen
Containerbau einzureichen.

...Wenn es keine
Typenzulassung gebe, sei eine
Brandschutz-Einzelzulassung

durch das Ministerium

Entwicklung von Regeln

- **DIBt: „Grundsätze für die Nachweisführung im Antragsverfahren zur Erteilung Allgemeiner Bauartgenehmigungen für feuerwiderstandsfähige Bauteile in Stahl-Modulbauweise (Raumzellen)“ vom 22. Januar 2024, ersetzt durch zweite Fassung vom 10. Februar 2025**
- **CBI Center Building and Infrastructure Engineering GmbH: Praxisleitfaden zu Anforderungen an Bauteile von Raumzellengebäuden als Stahltragkonstruktion aus Gründen des Brandschutzes (November 2020)**

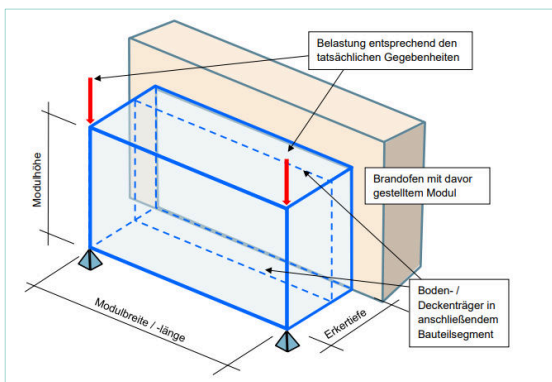
Festlegung der Nachweisführung durch das DIBt

- Nachweisbasis: Brandversuche
 - beinhalten neben „Standardbrandversuchen“ (Wand, Decke etc.) auch modulbauspezifische 3D-Konstellationen

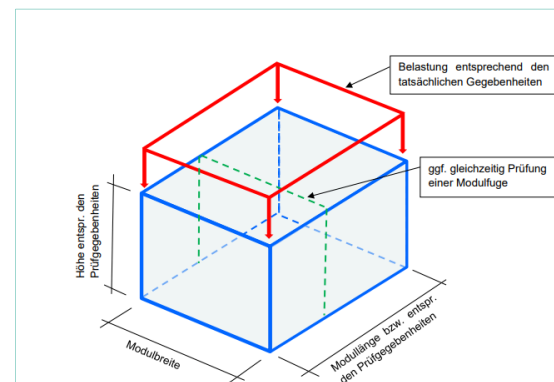
Mitteilung des DIBt
Grundsätze

Referat III 3
Brandverhalten von Wand-, Decken- und Sonderbauteilen

Erkerprüfung



Butter-Dosen-Deckel-Test

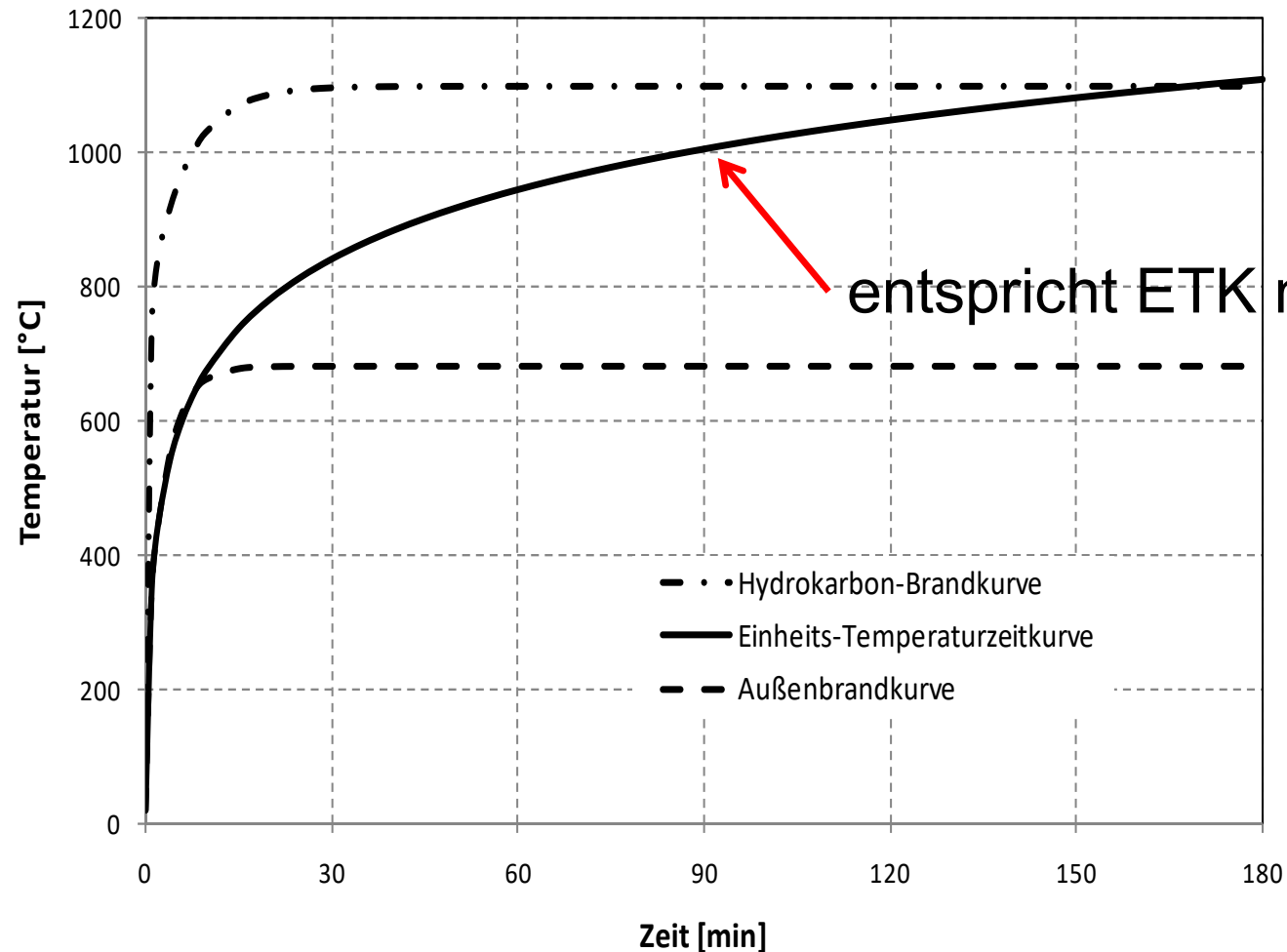


Grundsätze für die Nachweisführung im Antragsverfahren zur Erteilung allgemeiner Bauartgenehmigungen für feuerwiderstandsfähige Bauteile in Stahl-Modulbauweise (Raumzellen)

Stand: 10. Februar 2025

Simulation des Lastfalls Brand

- Vorgabe ETK
 (Einheitstempe-
 -raturzeitkurve)



entspricht ETK nach DIN 4102-2

Voraussetzung / Eingangswerte Heißbemessung

- Voraussetzung: Kriterien Dichtheit (E) und Temperaturdurchgang (I) erfüllt
- Meßdaten der Thermoelemente: ΔT im Schwerpunkt nach Erreichen der angestrebten Schutzdauer und Temperaturgradient in den tragenden Bauteilen

Heißbemessung:

- Vorsicht: vereinfachter Nachweis (Level 2) auf Temperaturebene
 $T < T_{crit}$ nicht möglich, da statisch unbestimmte Systeme
(Rahmentragwirkung, biegesteife Eckanschlüsse, sowie Stabilitätsgefährdung (Knicken, Biegedrillknicken))
- Horizontallasten aus Wind im Barndfall, NA: $\Psi_1 = 0,2$ und aus planmäßiger / unplanmäßiger Schiefstellung

Nachweis der Standsicherheit über Heißbemessung

6/2024 12:08:36

- nach Eurocode 3-1-2
 - Ansatz der Einheitstemperaturkurve
 - Ermittlung der Bauteiltemperaturen (Schwerpunkt und Temperaturgradient) i.d.R. aus Versuchen
 - Nachweisführung

DEUTSCHE NORM		Dezember 2010
	DIN EN 1993-1-2	DIN
ICS 13.220.50; 91.010.30; 91.080.10		Ersatz für DIN EN 1993-1-2:2006-10 und DIN EN 1993-1-2 Berichtigung 1:2009-05
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1993-1-2:2005 + AC:2009		
Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design; German version EN 1993-1-2:2005 + AC:2009		
Eurocode 3: Calcul des structures en acier – Partie 1-2: Règles générales – Calcul du comportement au feu; Version allemande EN 1993-1-2:2005 + AC:2009		

Heißbemessung

zur Einordnung:

■ nach 30 Minuten Einwirkung ETK (REI30):

bei gegebener Funktionalität der Dichtigkeit/Raumabschluss und zweilagiger Beplankung, z.B. mit GKF:

Schwerpunkttemperaturänderung im Stahlprofil von ca. $\Delta T = 60$ bis 80 K

Stahltemperatur θ_a	Abminderungsfaktoren bei Temperatur θ_a relativ zu dem Wert f_y oder E_a bei 20 °C		
	Abminderungsfaktor (relativ zu f_y) für die effektive Fließgrenze $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	Abminderungsfaktor (relativ zu f_y) für die Proportionalitätsgrenze $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$	Abminderungsfaktor (relativ zu E_a) für die Steigung im elastischen Bereich $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$
20 °C	1,000	1,000	1,000
100 °C	1,000	1,000	1,000
200 °C	1,000	0,807	0,900
300 °C	1,000	0,613	0,800
400 °C	1,000	0,420	0,700
500 °C	0,780	0,360	0,600
600 °C	0,470	0,180	0,310
700 °C	0,230	0,075	0,130
800 °C	0,110	0,050	0,090
900 °C	0,060	0,0375	0,0675
1 000 °C	0,040	0,0250	0,0450
1 100 °C	0,020	0,0125	0,0225
1 200 °C	0,000	0,0000	0,0000

ANMERKUNG Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

Zwängungen im Brandfall

werksgefertigte Module



in situ errichtetes Modulgebäude

Rahmenquerträger

Rahmenlängsträger

Nebenträger

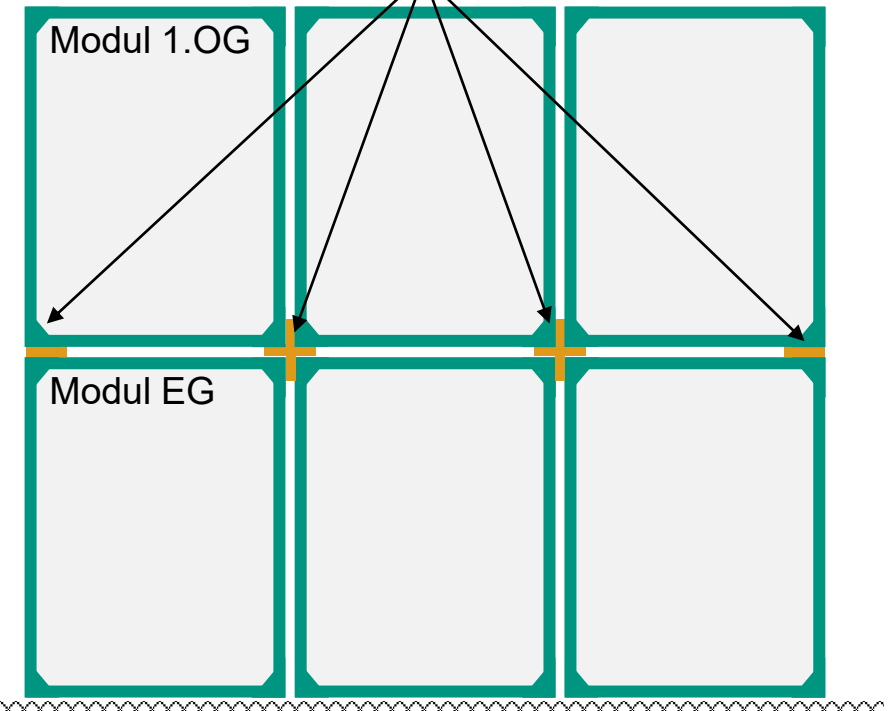
Moduldach

Eckstützen

Zwischenstützen

Modulboden

Modulkopplungen

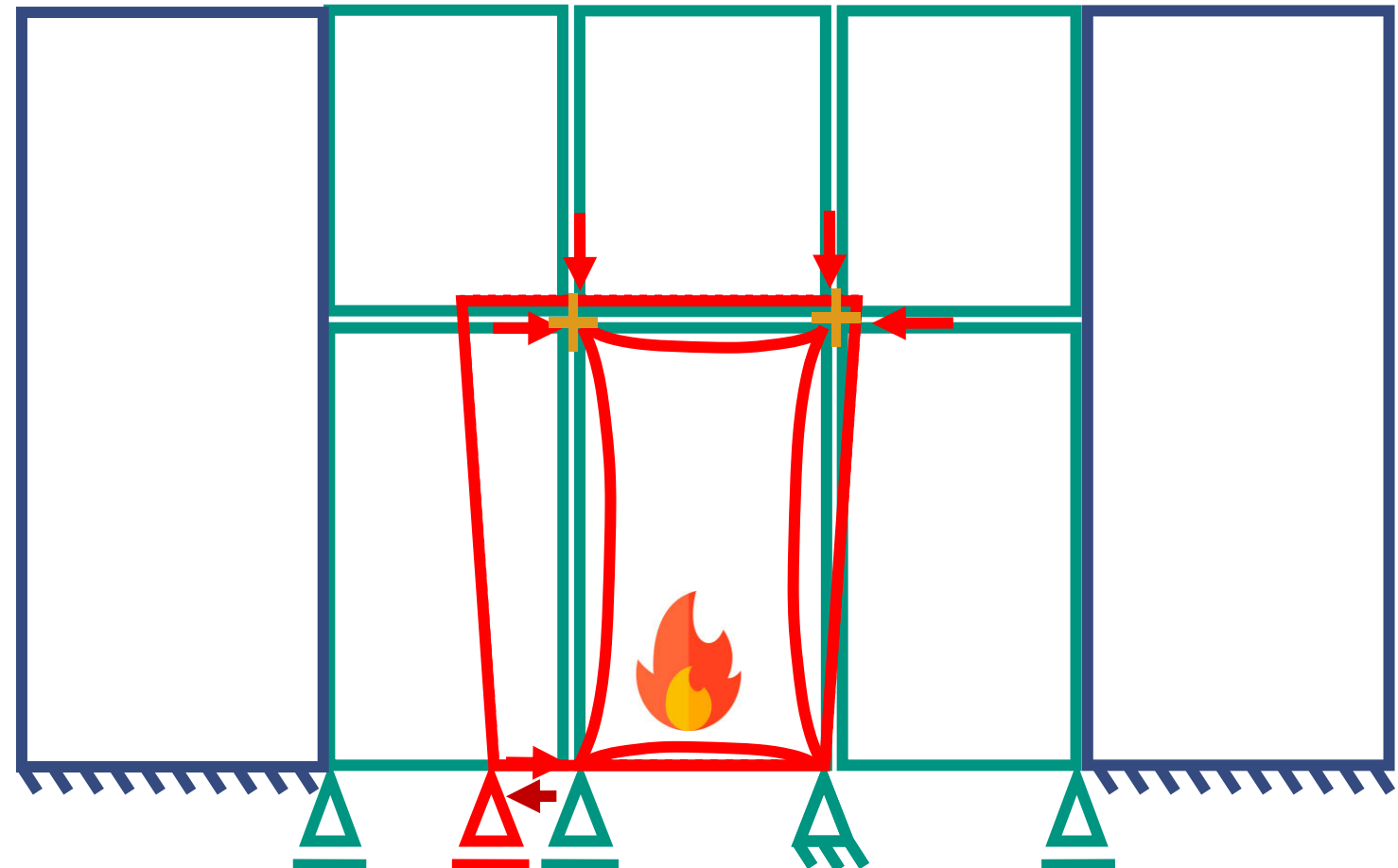


Zwängungen im Brandfall

- **Temperaturausdehnungskoeffizient Stahl** $\alpha_{th} = 12 * 10^{-6} * \frac{1}{K}$
- **E-Modul Stahl** $E = 210.000 \frac{N}{mm^2}$
- **Hooksches Gesetz** $\sigma = \epsilon * E$
- **Beispiel $\Delta T = 80K$ (30 Minuten ETK im Innenraum) und starre Verformungsbehinderung**

$$\sigma = 80K * 12 * 10^{-6} * \frac{1}{K} * 210.000 \frac{N}{mm^2} = 201 \frac{N}{mm^2}$$

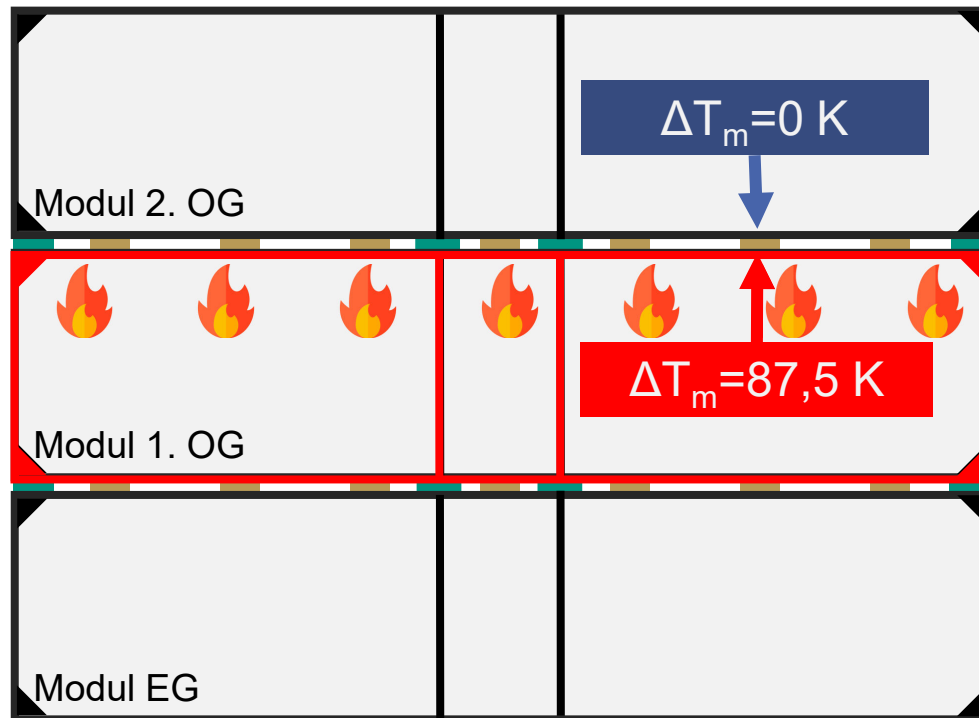
allein aus Zwängungen!!
 + Krümmungsbehinderung
 + Lastkombination Brand



Zwängungen durch verbundene Boden- und Längsträger

— Modulkopplung — Reiblager — Elastomerlager Lasten während außergewöhnlichen Bemessungssituation

Seitenansicht eines Modulgebäudes

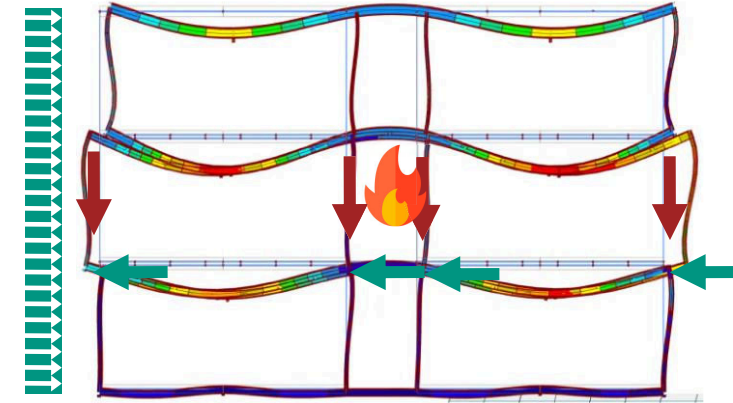


Zwangsspannung $\sigma \geq \frac{87,5 \text{ K} * 12 * 10^{-6} * \frac{1}{\text{K}} * 210.000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{2} = 110 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow \text{bei RHP 160/80/8} \rightarrow 1610 \text{ kN} \rightarrow \text{Versagen der Kopplungen}$

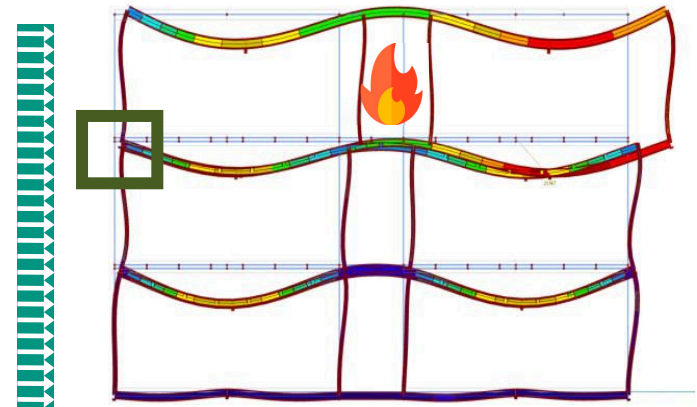
Umgang mit gerissenen Kopplungen

- Versagen einzelner Kopplungen führt nicht zu einem Gesamtversagen des Modulgebäudes
 - bei einem Brand in den unteren Geschossen reicht die Haftreibung in der Regel aus, um die Horizontalkraft in der außergewöhnlichen Bemessungssituation abzutragen ($0,2 \cdot \text{Wind}$)
 - bei einem Brand in den oberen Geschossen (geringe Reibungskraft) bleibt eine Kopplung intakt, über die in der Regel die Horizontalkraft in der außergewöhnlichen Bemessungssituation abgetragen werden kann

Reibkraft > Windkraft



Kopplung bleibt intakt



Vorgehen bei der Heißbemessung im Modulbau

- über vorhabenbezogene Bauartgenehmigungen (vbG)
- über allgemeine Bauartgenehmigungen (abG)

Abstimmung der kritischen
Brandereignisse

Ansetzen der
Bauteiltemperaturen

Verformungsmechanismen
und Überfestigkeiten

Nachweisführung

Anpassung der
Konstruktion

Bewertung der
Lagesicherheit

Verformungsbewertung

Abstimmung der relevanten Brandszenarien

- gemeinsam mit Prüfsingenieur vor Durchführung der Heißbemessung
 - möglich über Punktesystem
 - abhängig von Profilquerschnitten, Lastniveau, Kopplungen, Größe der brandschutztechnischen Nutzungseinheit
 - in der Regel sollten mehrere Szenarien betrachtet werden

Ansetzen der Bauteiltemperaturen

- bei vbG aktuell vom zuständigen Fachgutachter vorgegeben

Abstimmung der kritischen Brandereignisse

Ansetzen der Bauteiltemperaturen

Tabelle 1: Bauteiltemperaturen im Brandfall

Bauteil	Maximale Bauteiltemperatur T_{max} in °C	Querschnittsmittenerwärmungen T_a in K	Temperaturgradient ΔT_a in K
Stützen – Teil einer Modulbauwand	Zukünftig über aBGs		
Stützen – freistehend und bekleidet			
Bodenträger (Stirn- und Längsträger)			
Bodenträger (Querträger = Sprossen)			
Deckenträger (Stirn- und Längsträger)			
Deckenträger (Querträger = Sprossen)			
Bodenträger – Kaltbereich oberhalb Brandgeschoss (Stirn- und Längsträger + Querträger)			

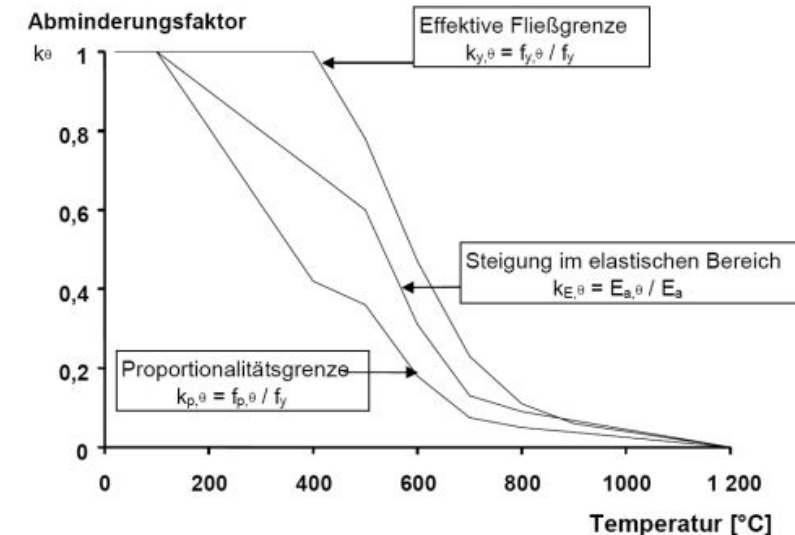
Modulbauteil	Temperaturen am Stahlprofil (feuerzugewandte Seite)	Temperaturen am Stahlprofil (feuerabgewandte Seite)	Temperaturgradient
Außenwand	120°C	95°C	25 K
Innenwand	95°C	90°C	5 K
Boden	110°C	95°C	15 K
Dach	95°C	60°C	35 K
Decke	110°C	95°C	15 K

Ansetzen der Bauteiltemperaturen

- ein Brandereignis bezieht sich im auf eine brandschutztechnische Nutzungseinheit
- für jedes Bauteil innerhalb der brandschutztechnischen Nutzungseinheit werden:
 - 1. die Schwerpunkttemperaturen und Temperaturgradienten als Einwirkung aufgebracht
 - 2. die Werkstoffeigenschaften in Abhängigkeit der Schwerpunkttemperatur nach EC3-1-2 angesetzt

Abstimmung der kritischen Brandereignisse

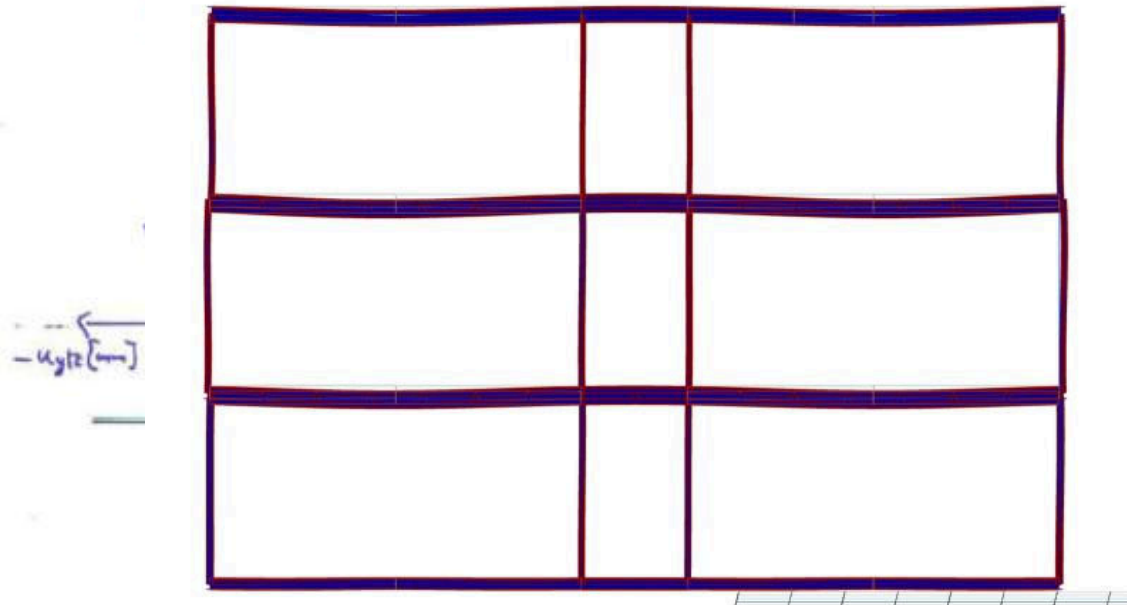
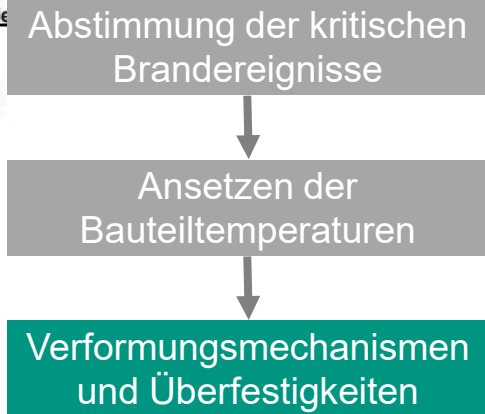
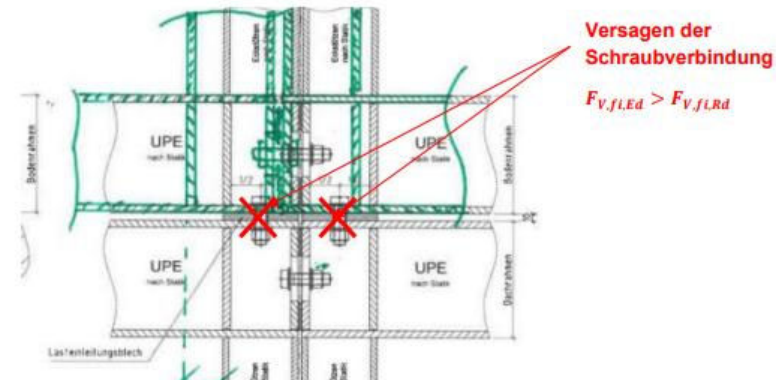
Ansetzen der Bauteiltemperaturen



Verformungsmechanismen mit Überfestigkeiten

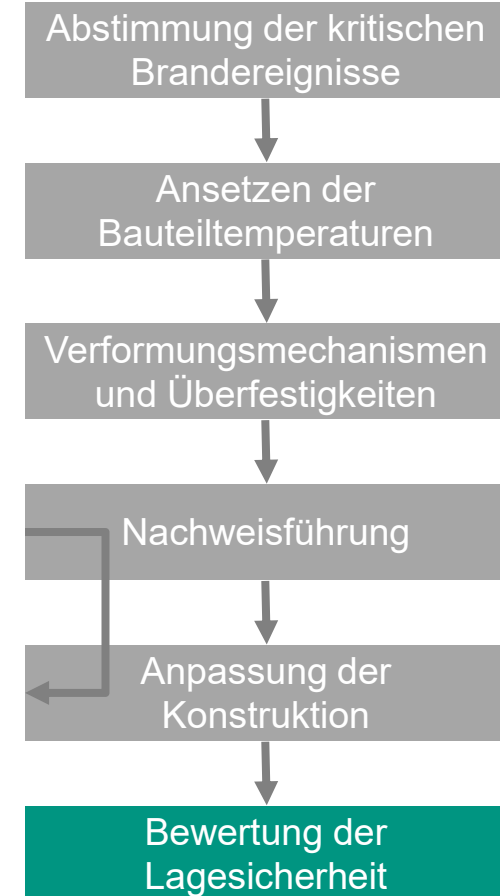
- ZwangsSchnittgrößen entstehen nur, wenn temperaturbedingte Verformungen behindert werden
 - Spalte und Kopplungen mit geringer Tragfähigkeit können im Brandfall positiv wirken
 - Überfestigkeiten müssen berücksichtigt werden, da höhere Tragfähigkeiten der Kopplungen zu höheren Zwangskräften führen
 - Modellierung über Nichtlinearitäten

Verformungsmechanismus – Gegenseitige Horizontalverschiebung von Modulen

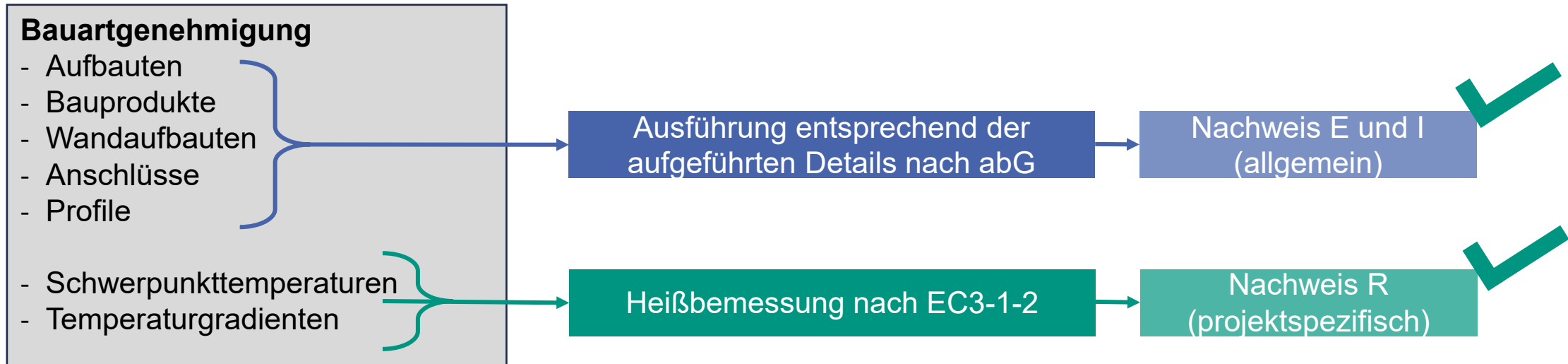


Bewertung der Lagesicherheit

- Können die einwirkenden Horizontalkräfte durch das System mit gerissenen Kopplungen abgetragen werden?



Aktueller Prozess nach allgemeiner Bauartgenehmigung



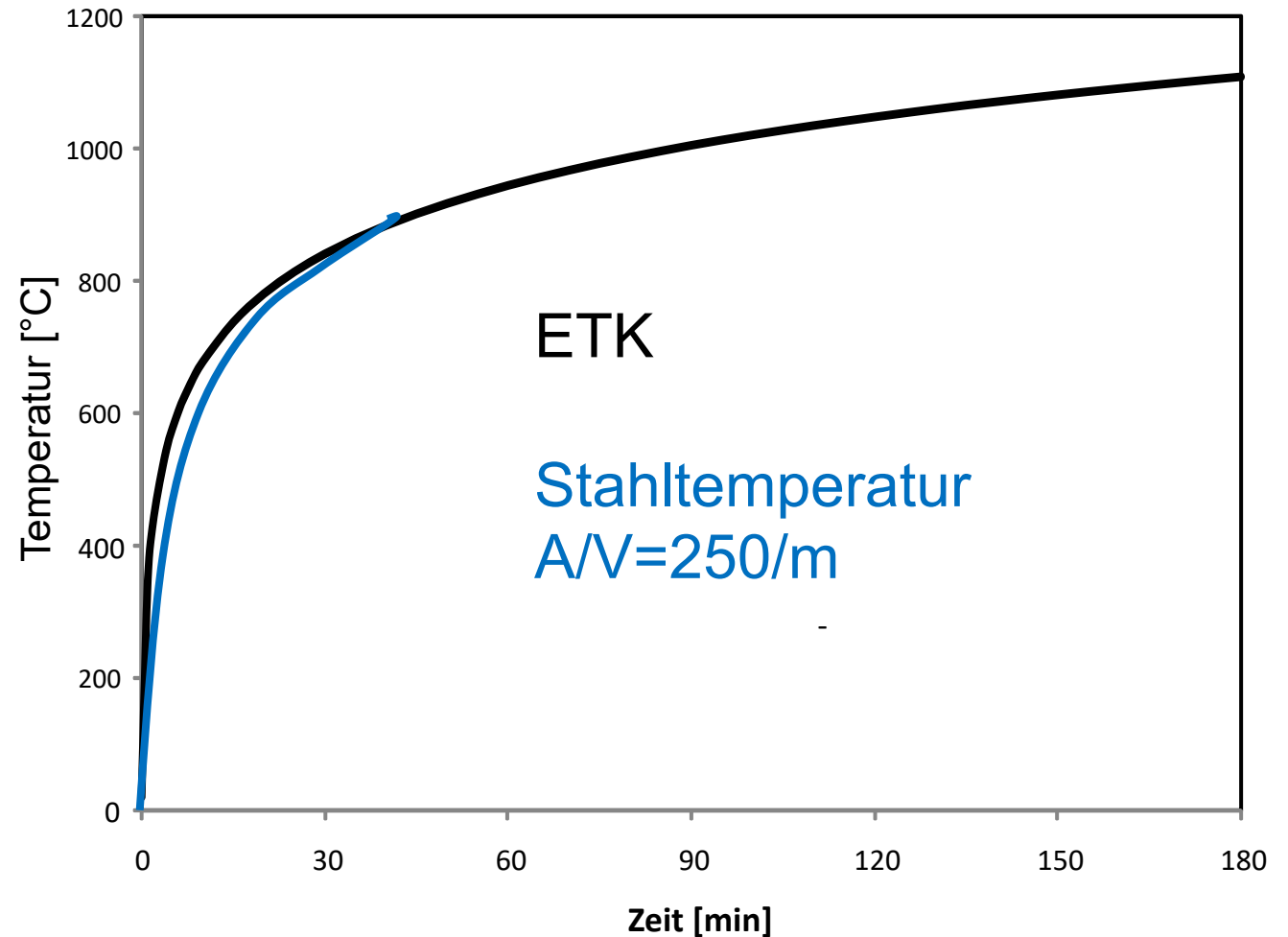
Sensitivität Baustoffe bei Heißgaseinwirkung

- Problem Stahl:
 - Wärmeleitung

- Holz und Stahlbeton:
 - wesentlich verzögerte Erwärmung

- Problem Holz:
 - E-Modul sinkt schnell ab

- Problem Beton:
 - große Verformungen infolge von Temperaturgradienten



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

■ Kontaktdaten:

- Prof. Dr.- Ing. Thomas Ummenhofer
- KIT versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine
- Otto-Amman-Platz 1, 76131 Karlsruhe
- thomas.ummenhofer@kit.edu

Abbildungsverzeichnis

- Titelfolie: <https://www.tag24.de/thema/feuerwehreinsatz-heute/grossbrand-in-fluechtlings-unterkunft-16-container-in-flammen-2823261,05.09.23> Foto: Christina Häußler / EinsatzReport24
- Folie 2: <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/schule-umstrittene-container-1.4364765>, 01.09.23 Foto: Florian Peljak
- Folie 3: https://www.dbz.de/artikel/dbz_Buerogebaeude_WDF_53_SAP_Walldorf-3465421.html, 06.09.23 Foto: Zooey Braun
- Folie 4: <https://userfiles.mailswitch.nl/thumbnails/2391-776103ebf3086c6f6eb52a0f358f83a2.jpg>, Jan Snel 11.09.23
- Folie 5: <https://allgemeinebauzeitung.de/abz/daiwa-house-modular-europe-die-zukunft-des-bauens-ist-modular-new61e80ceb72f27555512716#fancybox-galerie-1>, 11.09.23
- Folie 6: https://allgemeinebauzeitung.de/media/_processed_/0/2/csm_PPT_%E2%94%AC_200615-28521_fe86115ae9.jpg, 11.09.23
- Folie 7: <https://ais.badische-zeitung.de/piece/0f/71/17/93/259069843-h-720.jpg>, 05.09.23 Foto: Ralf Burgmaier
- Folie 7: <https://ais.badische-zeitung.de/piece/0f/71/17/98/259069848-h-720.jpg>, 05.09.23 Foto: Nils Schulze / Feuerwehr Offenburg
- Folie 8: <https://www.thw-offenburg.de/aktuelles/aktuelle-meldungen/artikel/fluechtlingsunterkunft-am-saegeteich-in-offenburg-durch-feuer-zerstoert>
- Folie 9: https://www.stadtanzeiger-ortenau.de/offenburg-stadt/c-polizei/technischer-defekt-als-ursache-wahrscheinlich_a93189
- Folie 10: https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/lueneburg_heide_unterelbe/buxtehude644_v-fullhd.jpg, 05.09.23 , <https://www.zdf.de/assets/feuer-hamburg-fluechtlingsunterkunft-100~3840x2160?cb=1676319256282>, 05.09.23
- Folie 11: <https://www.ffbuchholz.de/grossbrand-in-einer-fluechtlingsunterkunft/>
- Folie 12: https://backend.kleusberg.de/fileadmin/user_upload_a/modulgebaeude-kleusberg-fuenfgeschossig.jpg, © Rüdiger Mosler, 05.09.23
- Folie 16: https://www.wz.de/nrw/wuppertal/planungschao-laesst-container-schule-auf-der-hardt-scheitern_aid-55626773, 01.09.23

Technische Herausforderungen beim Brandschutz im Modulbau

Fachgespräch Brandschutz im Modulbau , 4. November 2025 DIBt Berlin

Univ.-Professor Dr.-Ing. Thomas Ummenhofer

