



Brandverhalten von Stahl und Verbunddeckensystemen

Neue experimentelle Beweise



Inhalt der Präsentation



- **Ziele der neuen Brandtests**
- **Brandgroßversuche innerhalb der Projekte**
 - FRACOF (Test 1 ISO Feuer)
 - COSSFIRE (Test 2 ISO Feuer)
 - FICEB (Test 3 natürliches Feuer & Cellformträger)
- **Test Anordnung**
- **Experimentelle Ergebnisse**
 - Temperatur
 - Verschiebung
- **Beobachtung und Analyse**
- **Vergleich mit Simple Design Methoden**
- **Fazit**



Warum noch mehr Brandtests?



Ziele

Test Anordnung

Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit

- **Hintergrund**
 - **Cardington Brandtests**
 - **Exzellentes Brandverhalten unter natürlichen Brandbedingungen**
 - **Max θ von Stahl ≈ 1150 °C, Branddauer ≈ 60 min ($> 800^\circ\text{C}$)**
 - **UK Konstruktionsdetails**
- **Ziele**
 - **Das gleiche gute Verhalten unter langer Branddauer zu bestätigen (mindestens 90 Minuten ISO Feuer)**
 - **Den Einfluss von verschiedenen Konstruktionsdetails zu untersuchen, wie Stahlbewehrungsmatten und Brandschutz von Randträgern**
 - **Verschiedene Brandsicherheit Engineering Tools zu validieren**



- Test 1 (FRACOF)

Ziele

Test Anordnung

Experimentelle

Ergebnisse &

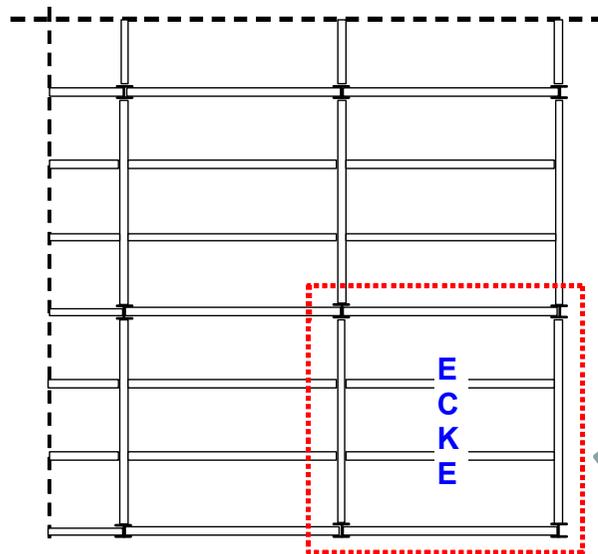
Beobachtung

Vergleich mit

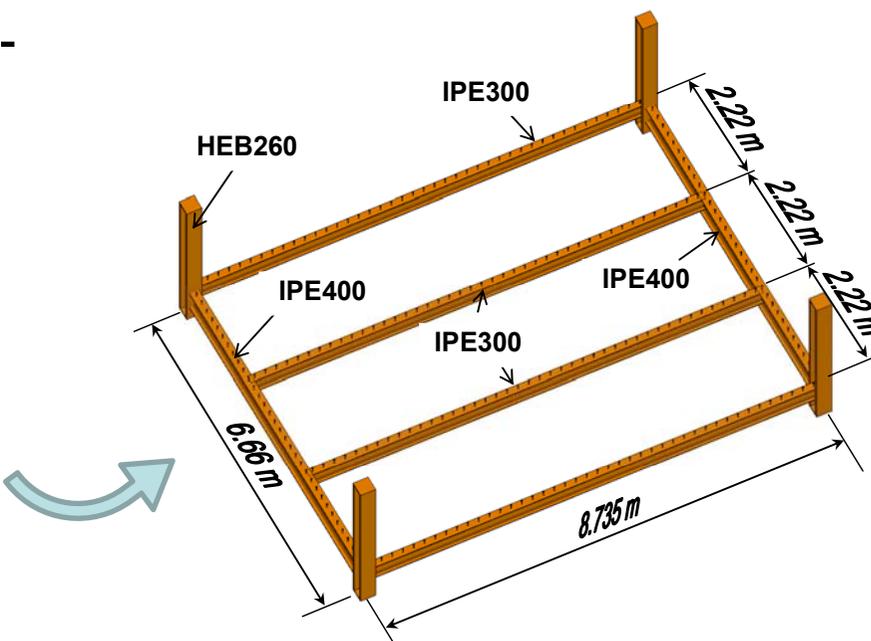
Simple Design

Methoden

Fazit



**Strukturgitter
eines realen
Gebäudes**



**Angenommene
Stahlrahmen für
Feuertest 1**



- Test 2 (COSSFIRE)

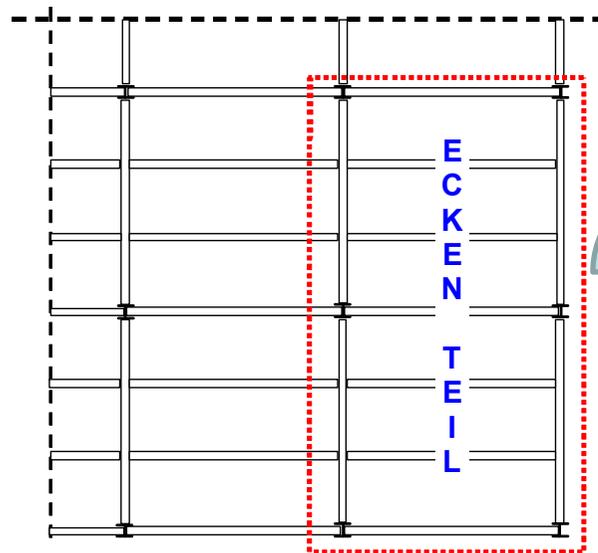
Ziele

Test Anordnung

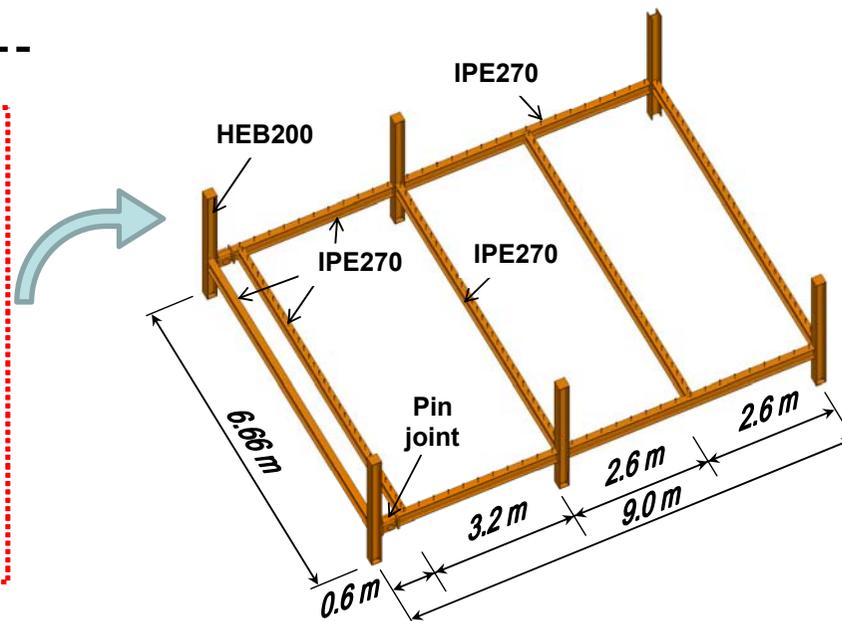
Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit



**Strukturgitter
eines realen
Gebäudes**



**Angenommene
Stahlrahmen für
Feuertest 2**



- **Finales Verbunddeckensystem**

Ziele

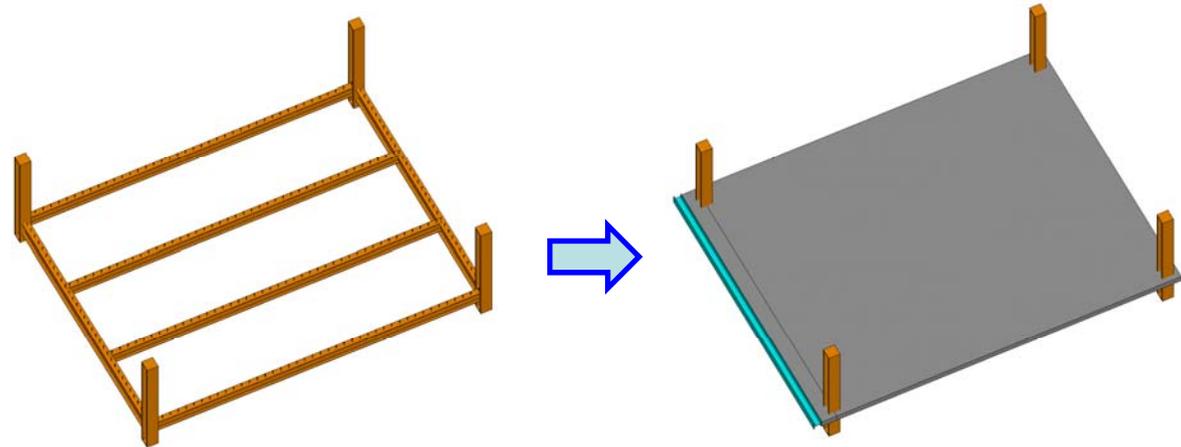
Test Anordnung

Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

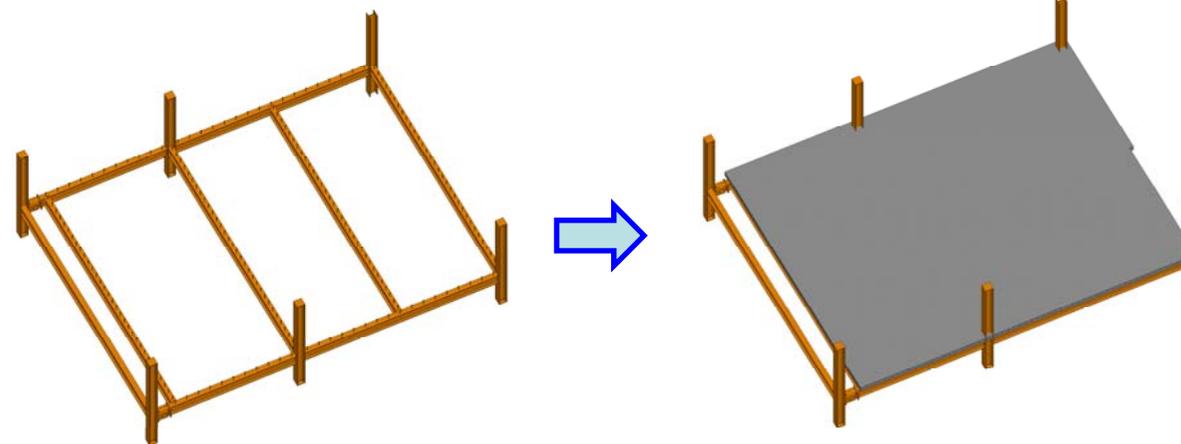
Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit

Test 1



Test 2





Ziele

- **Stahlrahmen**

- Stahl und Betonverbundträger
 - **Nach Eurocode 4 Part 1-1 (EN1994-1-1)**
- Kurze Stahlpfeiler

Test Anordnung

- **Verbundplatte**

- Totale Tiefe
 - **Nach Eurocode 4 Part 1-2 (EN1994-1-2)**
- Bewehrungsstahlmatte
 - **Basierend auf Simple Design Regeln**

Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit

- **Stahlgelenk**

- Gewöhnlich verwendete Gelenke: Doppelwinkel und Endplatte
 - **Nach Eurocode 3 Part 1.8 (EN1993-1-8)**



- Anordnung von Kopfschrauben über Stahlträgern

Ziele

Test Anordnung

Experimentelle

Ergebnisse &

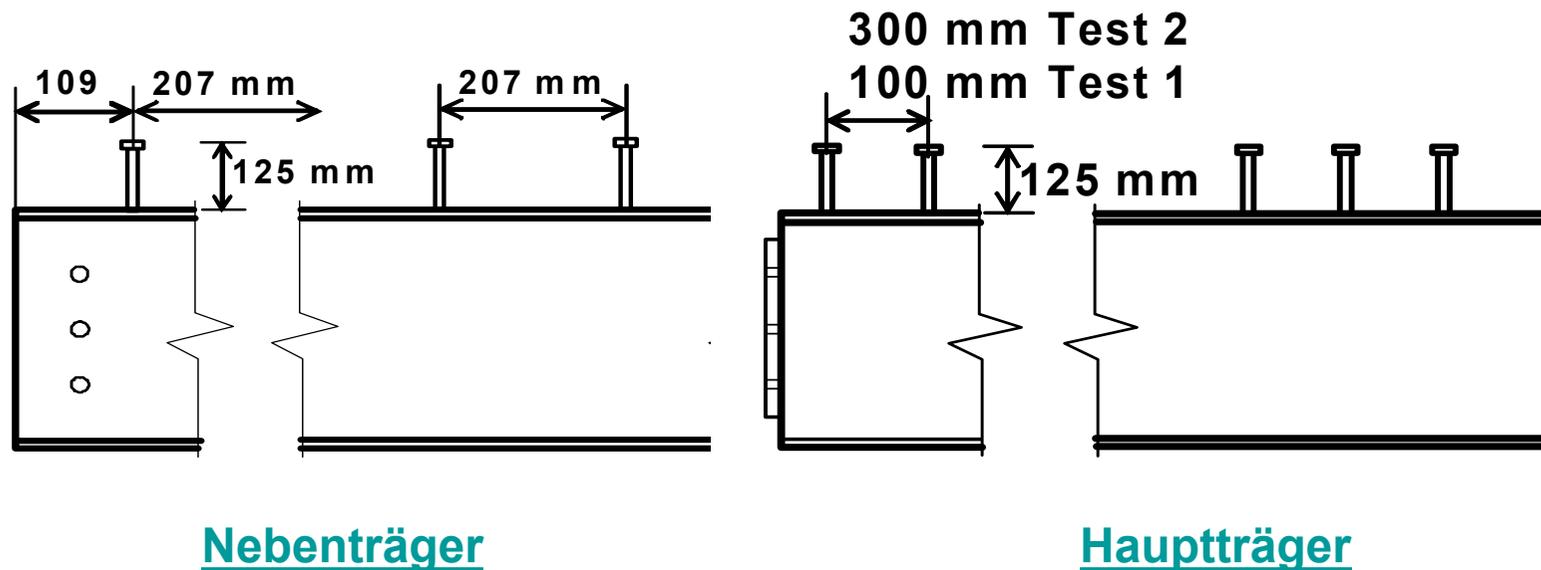
Beobachtung

Vergleich mit

Simple Design

Methoden

Fazit



- Typ der Stahlschrauben

- TRW Nelson KB 3/4" – 125 ($\Phi = 19\text{ mm}$; $h = 125\text{ mm}$;
 $f_y = 350\text{ N/mm}^2$; $f_u = 450\text{ N/mm}^2$)



Stahlgelenke



Ziele

Test Anordnung

Experimentelle

Ergebnisse &

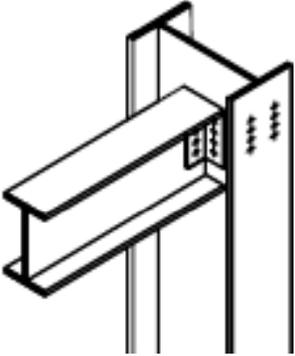
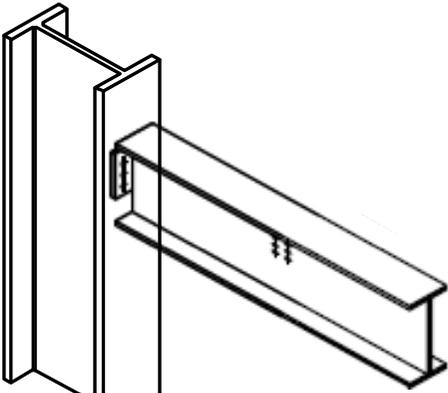
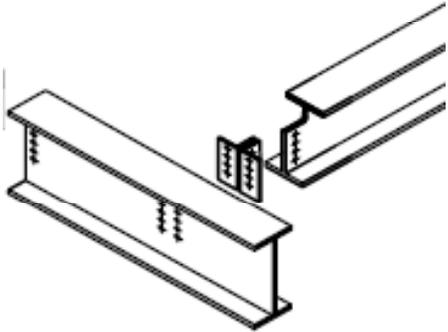
Beobachtung

Vergleich mit

Simple Design

Methoden

Fazit

Träger zu Pfeiler		Träger zu Träger
Nebenträger	Hauptträger	
Doppelwinkel Stegklemmen	Flexible Endplatte	Doppelwinkel Stegklemmen
		

Grad Stahlbolzen: 8.8

Durchmesser Stahlbolzen: 20 mm



Größen von Bauteilen



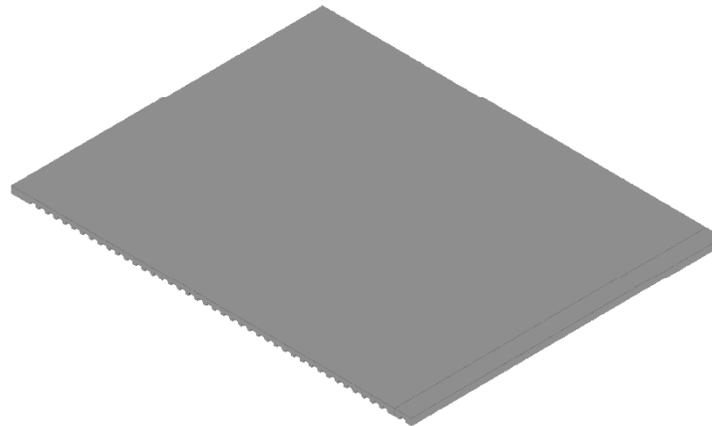
Ziele

Test Anordnung

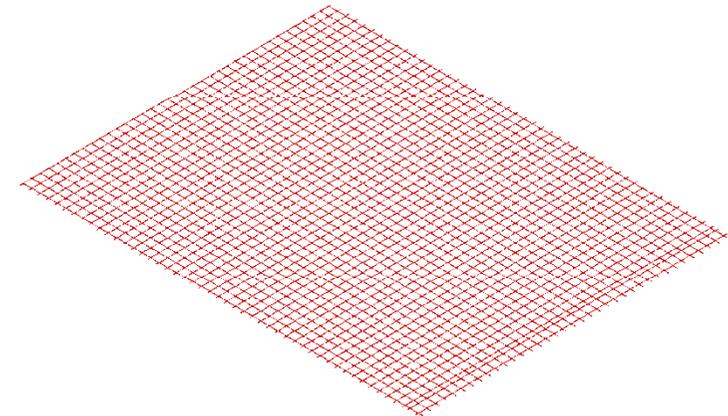
Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

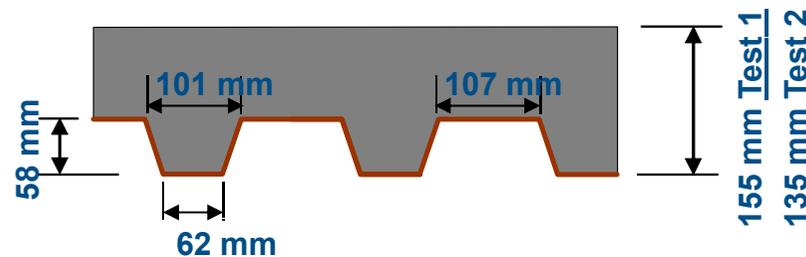
Fazit



Verbundplatte



Stahlbewehrungsmatte



Stahl-Deck: COFRAPLUS60 – 0.75 mm

Betonqualität: C30/37

Mattengröße: 150x150

Durchmesser: 7 mm

Stahlsorte: S500

**Achsenabstand von
der Oberfläche der
Platte:**

- 50 mm Test 1
- 35 mm Test 2



Mechanische Belastungskondition



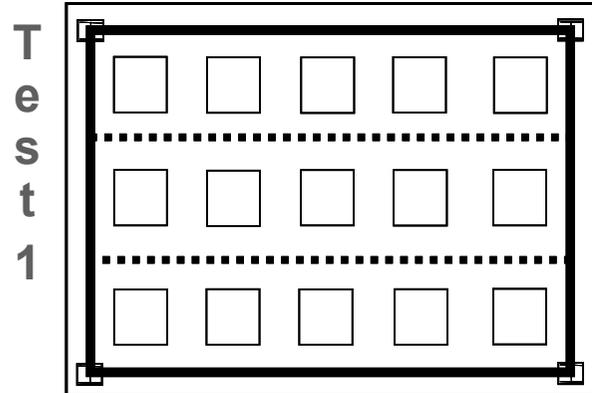
Ziele

Test Anordnung

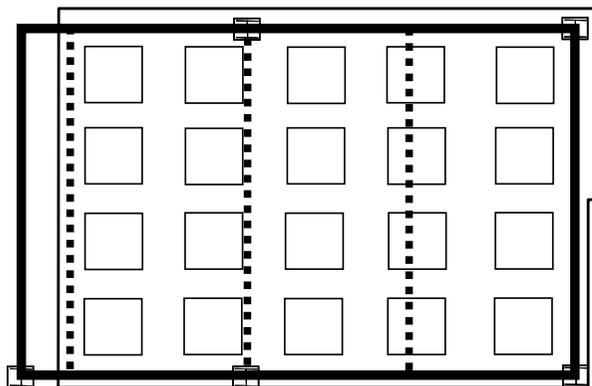
Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit



15 Sandsäcke
1512 kg
Äquivalente
gleichmäßige
Belastung: 390
kg/m²



Test 2



20 Sandsäcke
1098 kg
Äquivalente
gleichmäßige
Belastung: 393
kg/m²



Vorbereitung für Brandtest 2



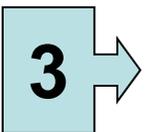
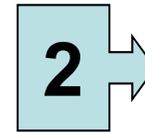
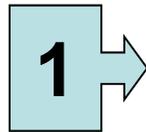
Ziele

Test Anordnung

Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit





Verhalten der Decke während einem Brand



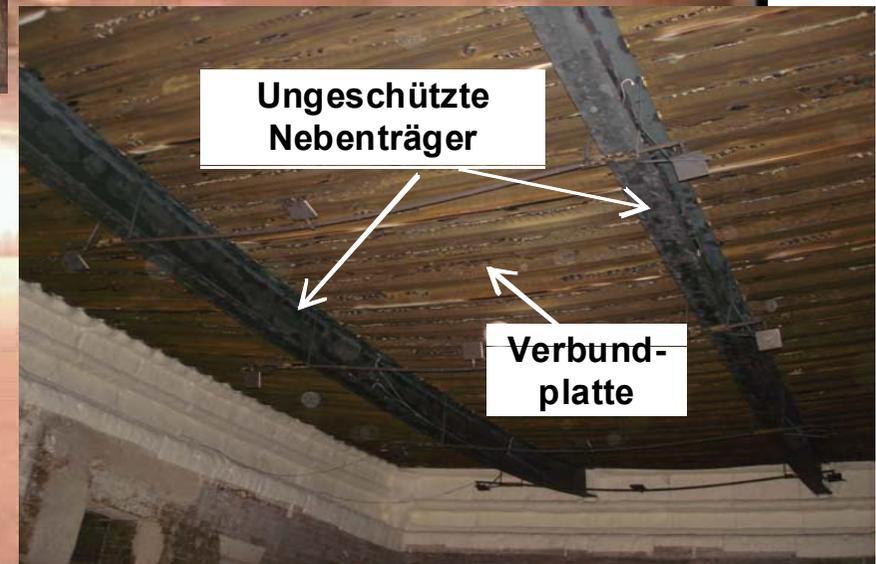
Ziele

Test Anordnung

Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit





Struktur von Test 3 (FICEB)



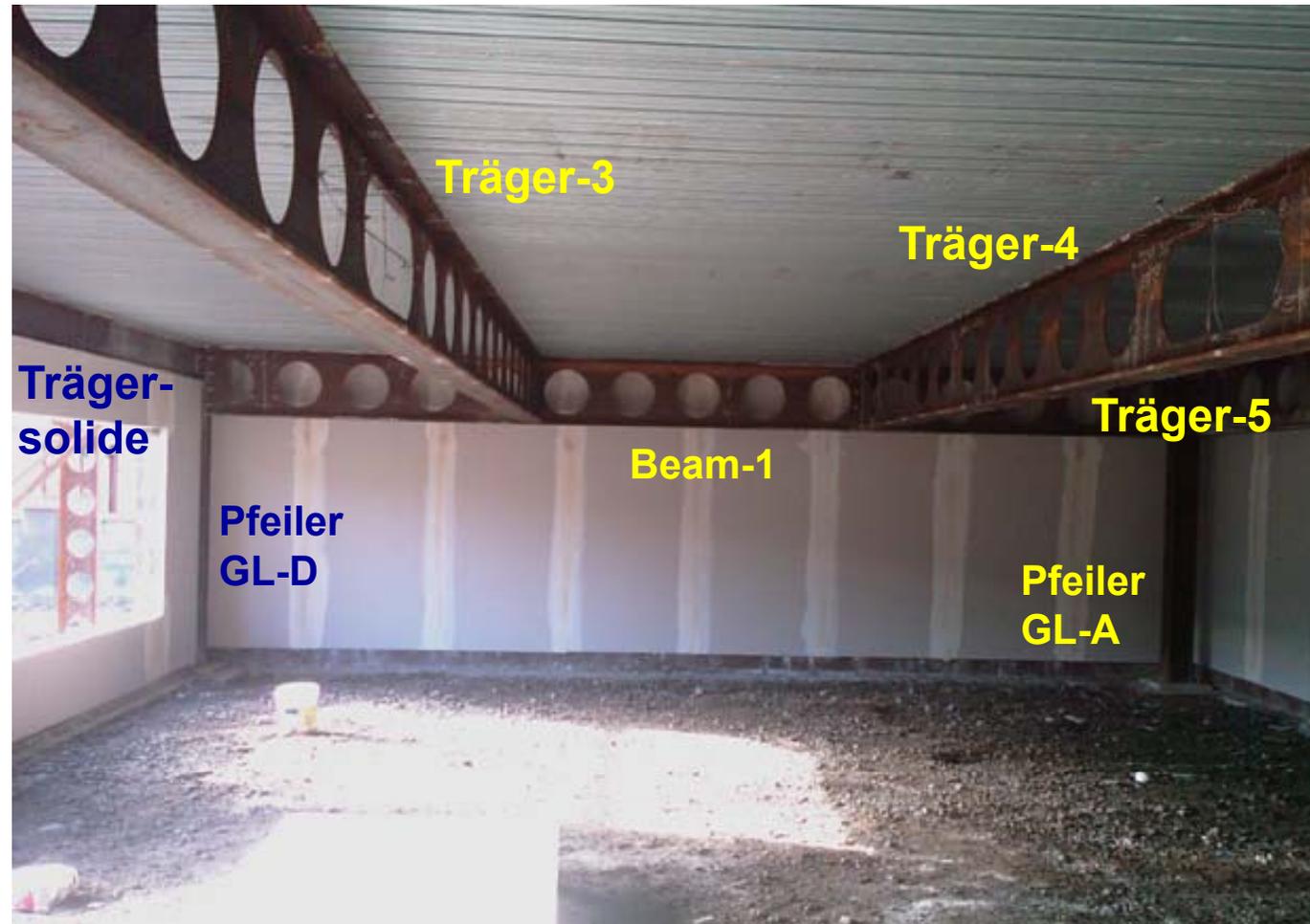
Ziele

Test Anordnung

Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit





Struktur von Test 3



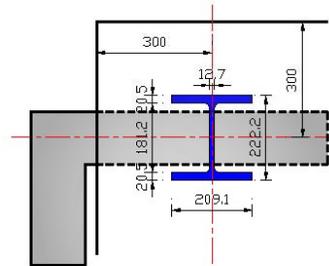
Ziele

Test Anordnung

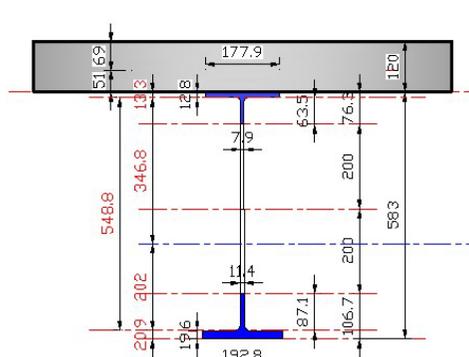
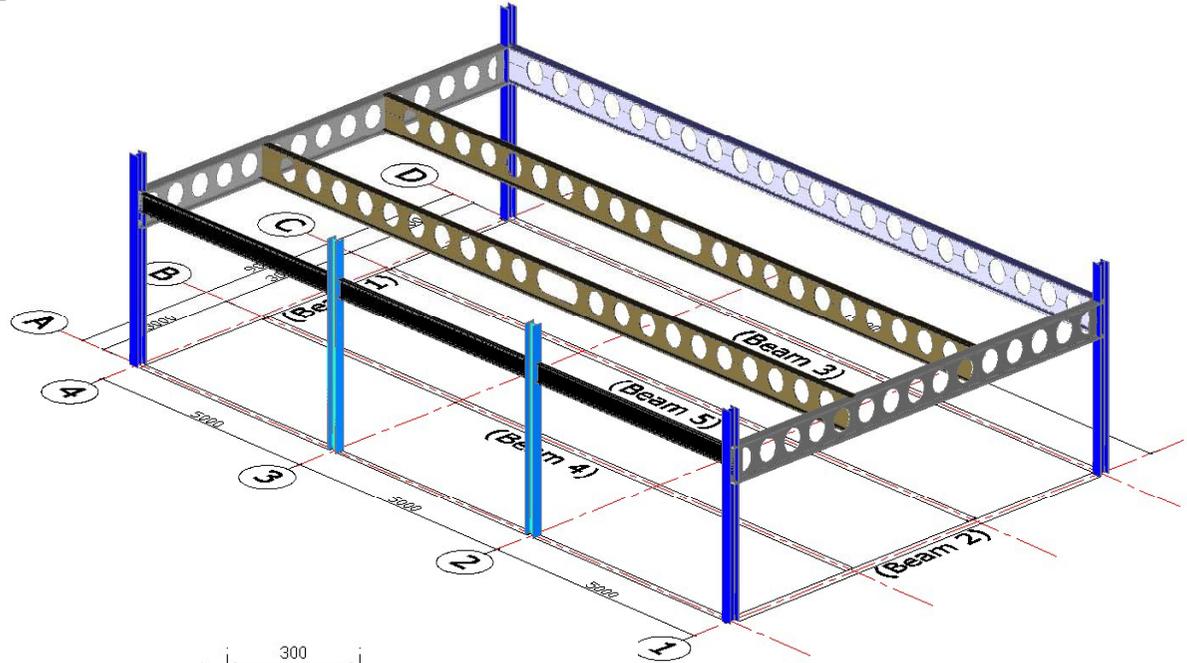
Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

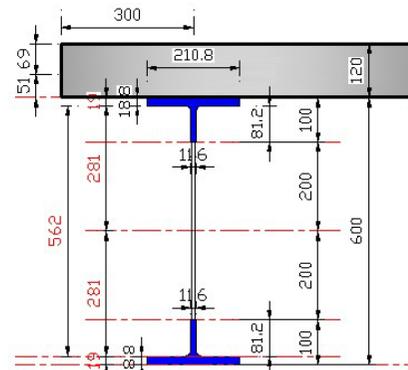
Fazit



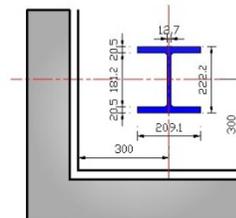
(Column GL-A)



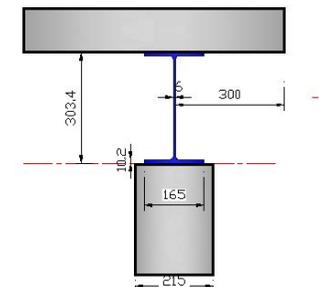
(Beam 3/4/5)



(Beam 1/2)



(Column GL-D)



(Solid Beam)



Struktur von Test 3



Träger – Träger Verbindungen

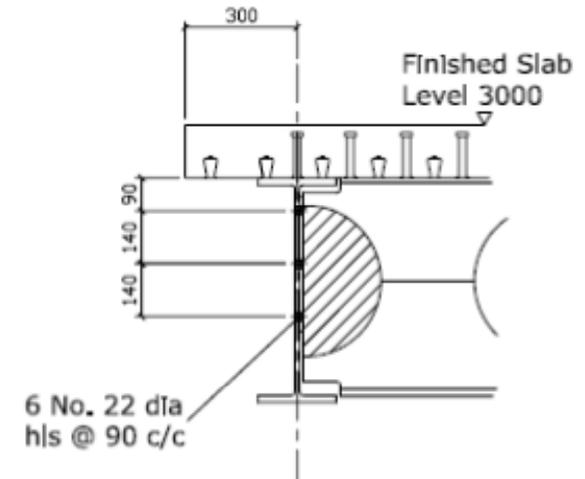
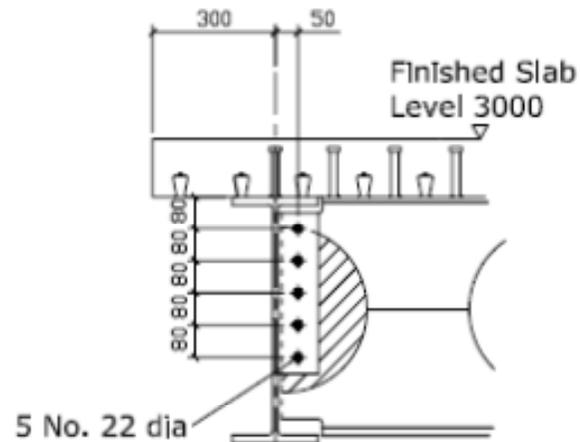
Ziele

Test Anordnung

Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit





Struktur von Test 3



Träger – Pfeiler Verbindungen

Ziele

Test Anordnung

Experimentelle

Ergebnisse &

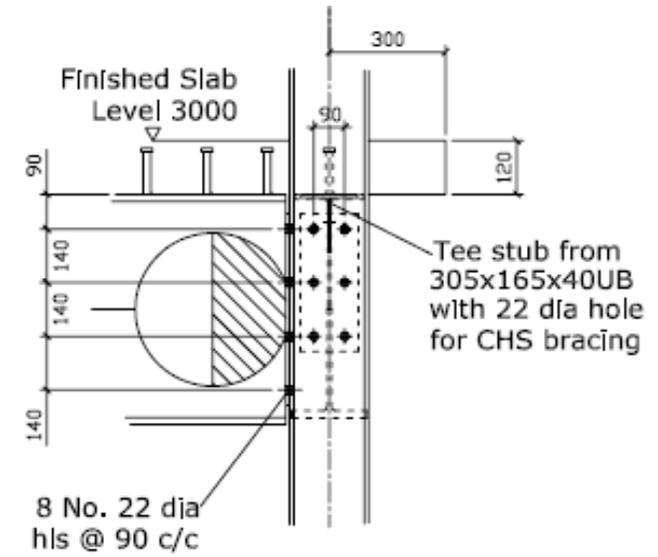
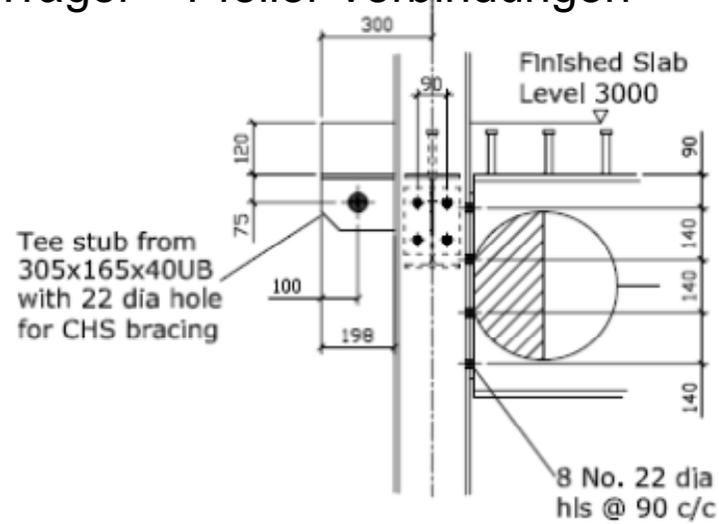
Beobachtung

Vergleich mit

Simple Design

Methoden

Fazit





Struktur von Test 3



Ziele

Test Anordnung

Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit



A393 Mattenbewehrung, dia 10mm



Vollständige Interaktion : zwischen Platte & Trägern,
erreicht durch Schubverbindungen, dia 19, h=95mm

U-Faktoren Bewehrung wurde um die Platte herum addiert
um korrekte Bewehrung zu versichern.
Detailanforderung für Ambient Temp.



Struktur von Test 3



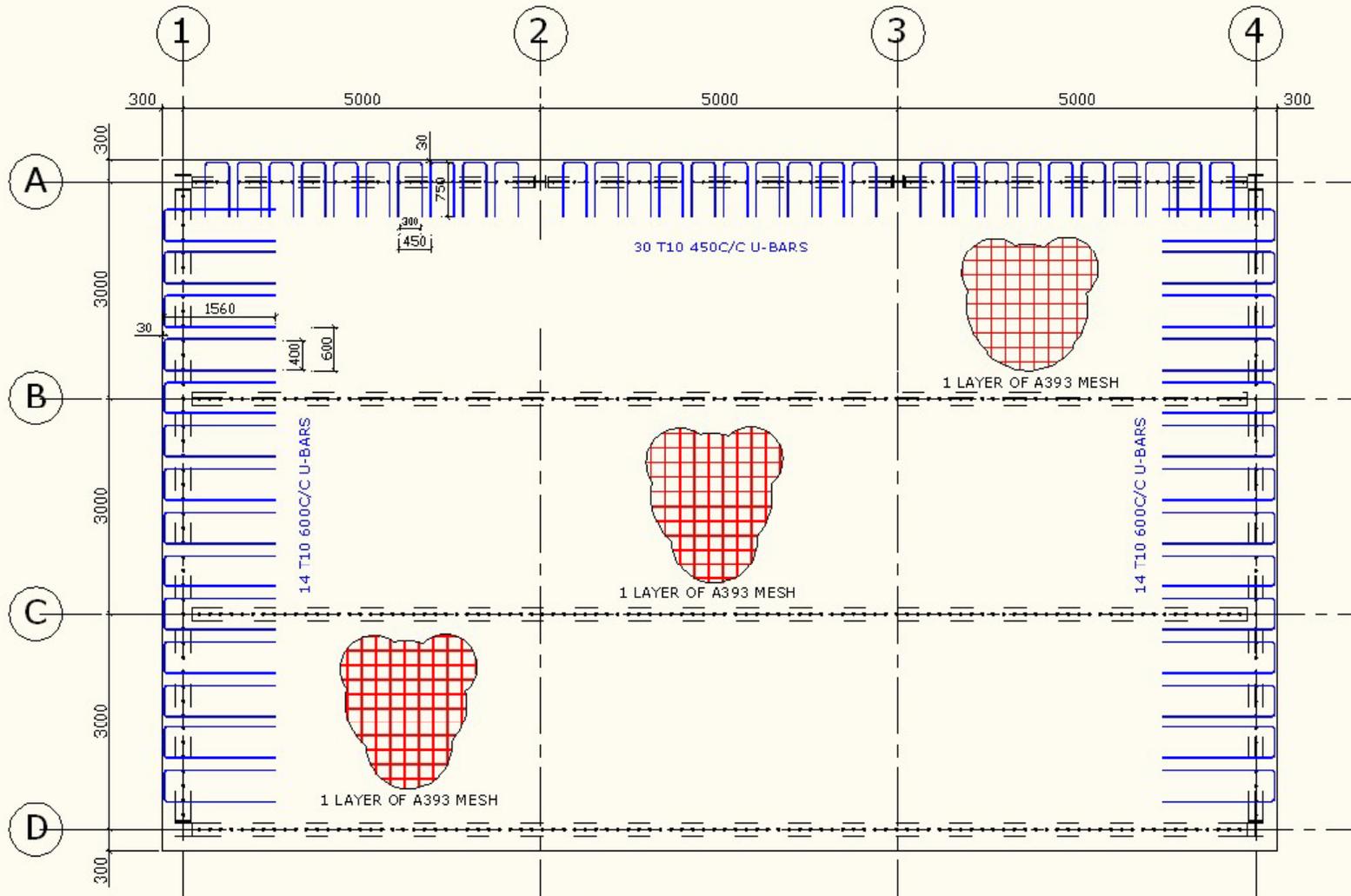
Ziele

Test Anordnung

Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit



BLICK AUF OBERSEITE DER PLATTE



Struktur von Test 3



Ziele

Die Dichte Brandlastenergie betrug 700MJ/m^2

Die Brandlast kann durch Verwendung von 45 standard Holzkästen (1m x 1m x 0.5 m hoch), gleichmäßig über den Raum (9.0m x 15.0m) verteilt, erreicht werden.

Test Anordnung

Experimentelle

Ergebnisse &

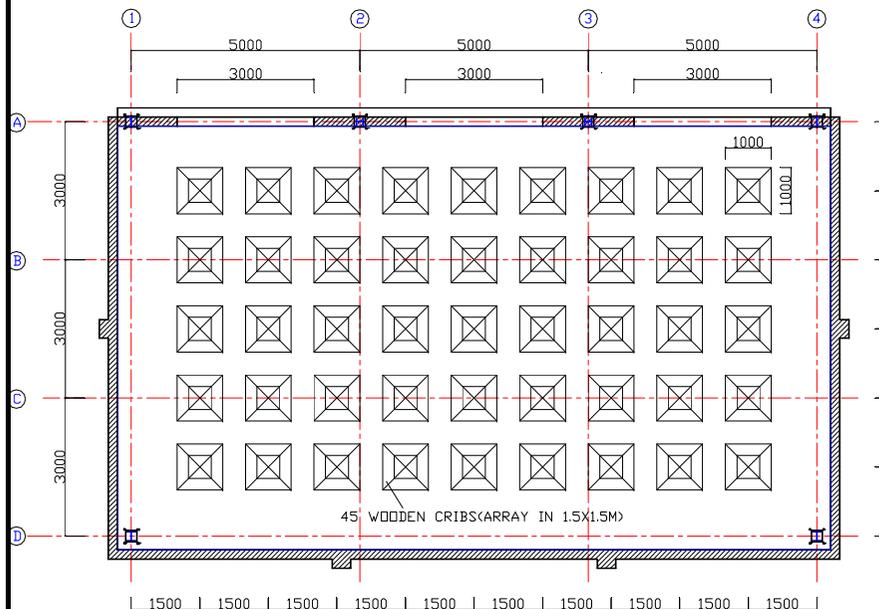
Beobachtung

Vergleich mit

Simple Design

Methoden

Fazit



POSITIONEN HOLZKÄSTEN





Ziele

Test Anordnung

**Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung**

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit

- **Feuertemperatur**
- **Erhitzung der ungeschützten Stahlträger**
- **Erhitzung von geschützten Stahlteilen**
- **Erhitzung Verbundplatte**
- **Biegung der Decke**
- **Beobachtungen über das Verhalten von Verbunddeckensystemen**
 - **Betonrisse und Betonbrüche**
 - **Versagen von Stahlbewehrungsmatten während des Tests**
 - **Zusammenbrechen von Eckträgern**



- **Feuertemperatur**

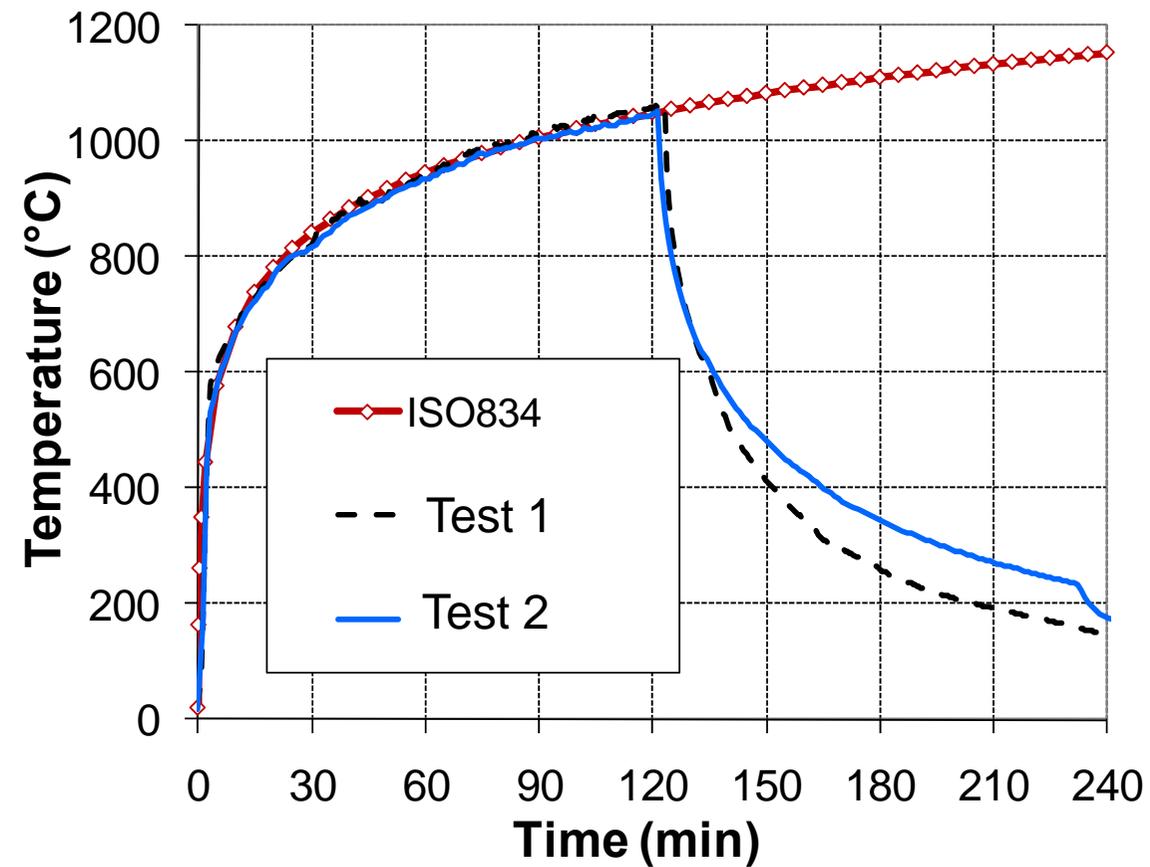
Ziele

Test Anordnung

**Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung**

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit





Experimentelle Ergebnisse



- **Test 3 Feuertemperatur**

Ziele

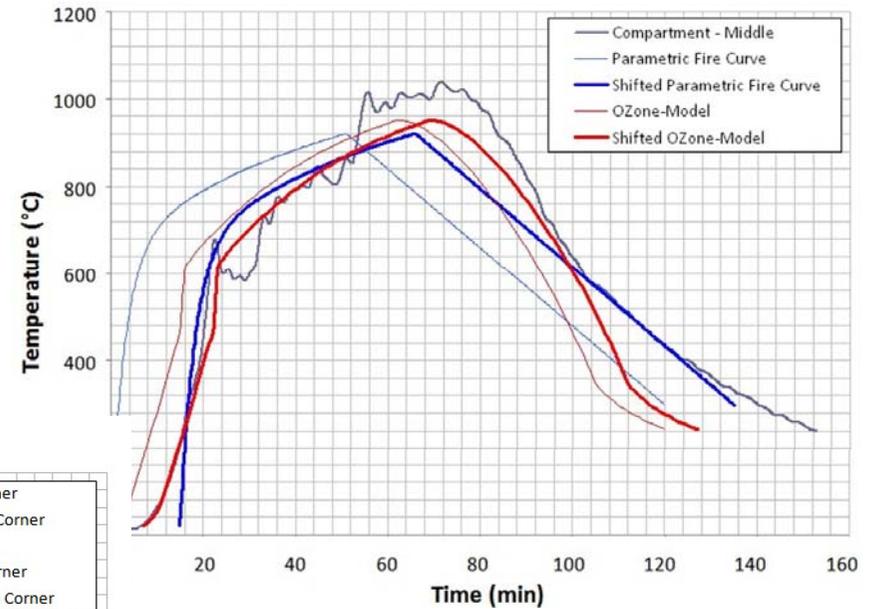
Test Anordnung

**Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung**

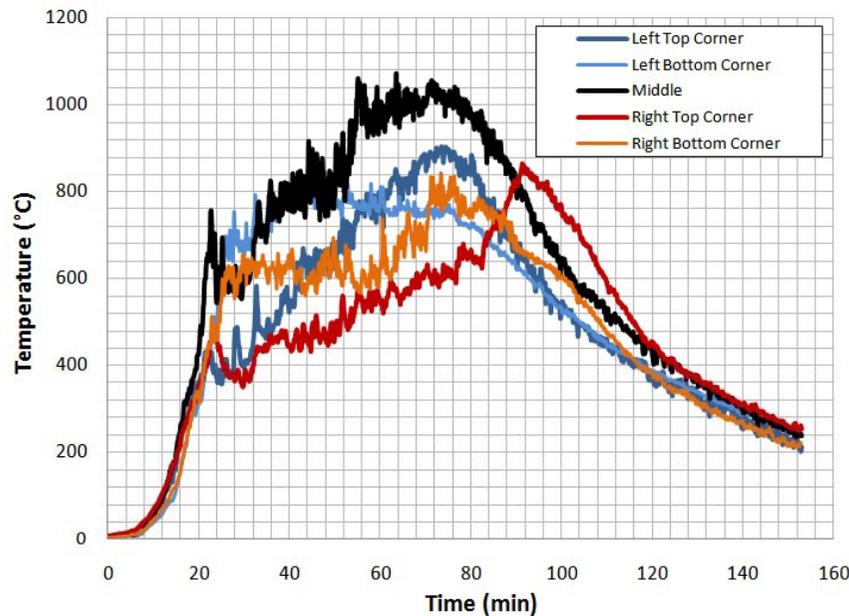
Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit

Temperatur in der Mitte des Raumes



Raumtemperatur





- Erhitzung der ungeschützten Stahlträger

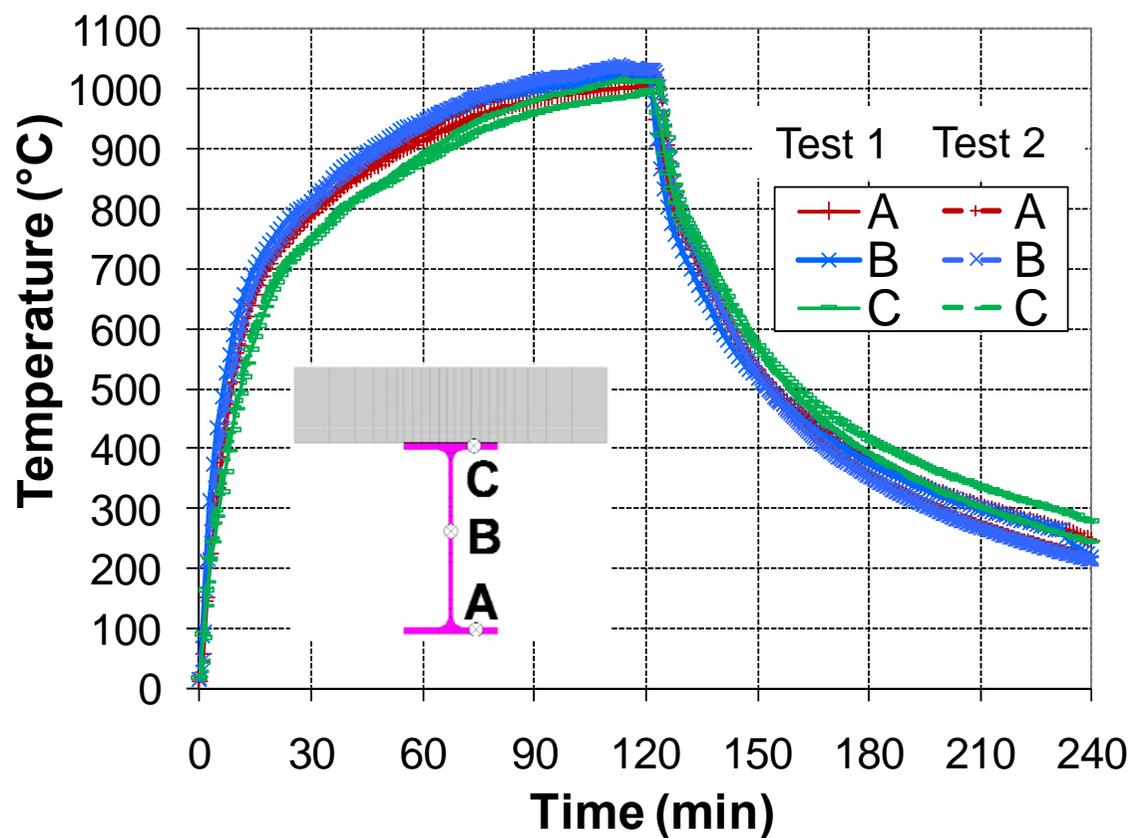
Ziele

Test Anordnung

Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit





- **Test 3 Erhitzung von ungeschützten Stahlträgern**

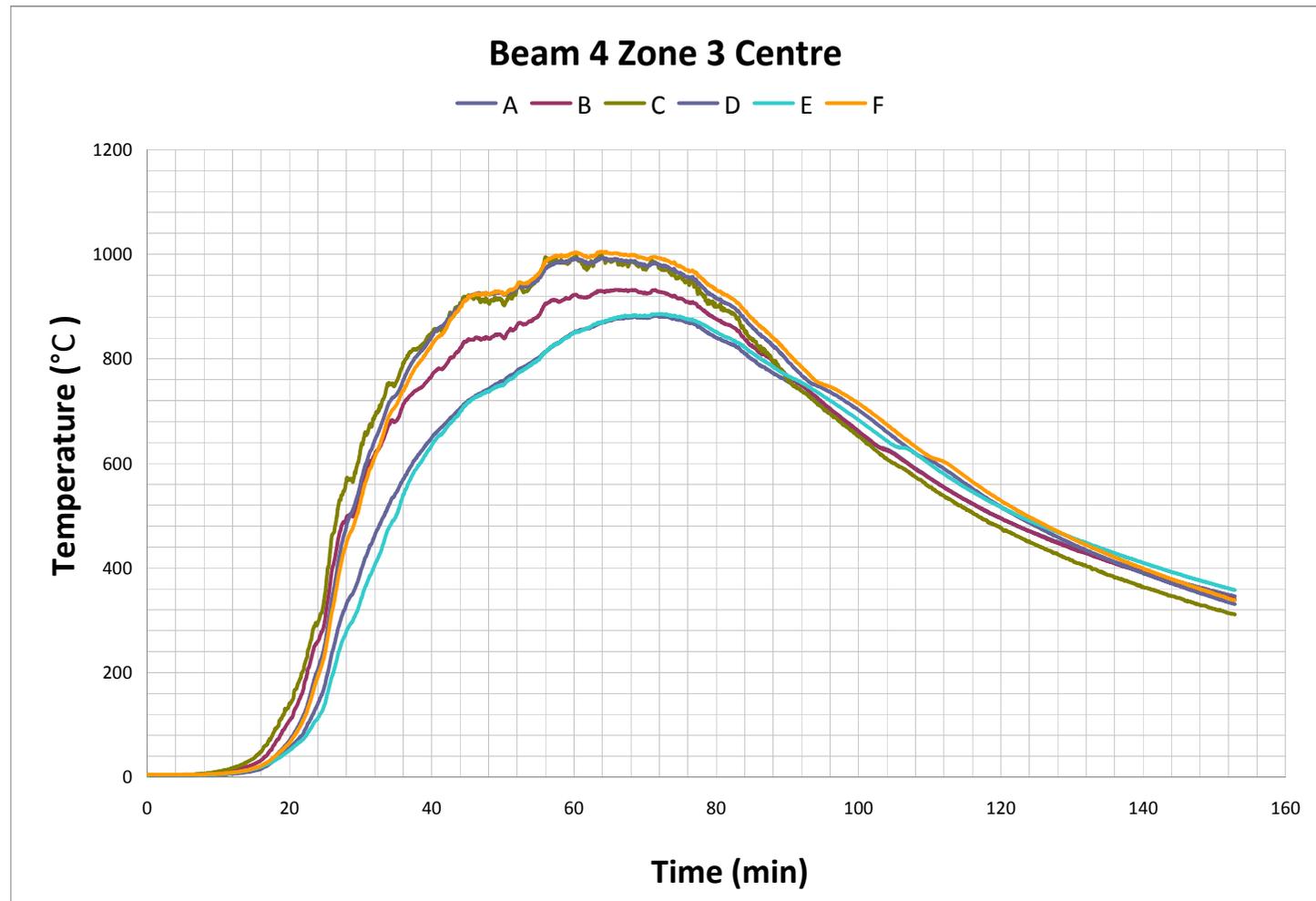
Ziele

Test Anordnung

**Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung**

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit





- **Erhitzung von geschützten Stahlträgern**

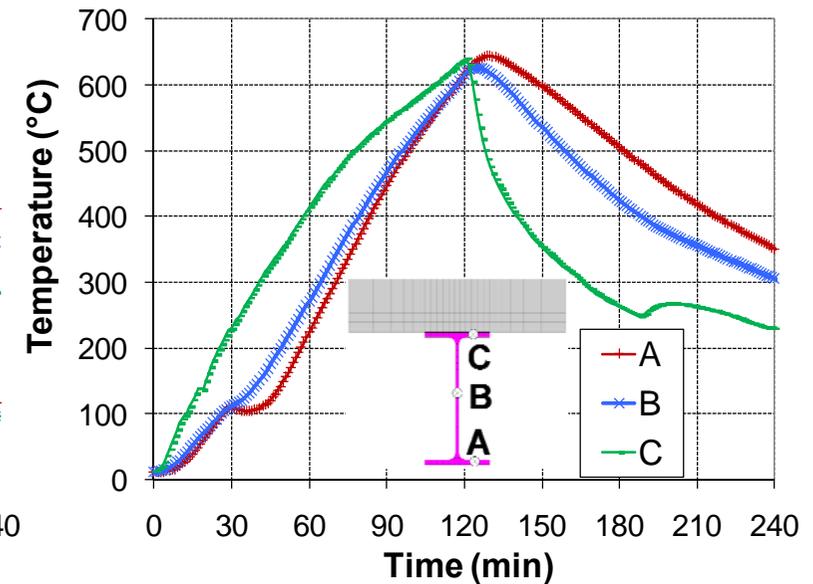
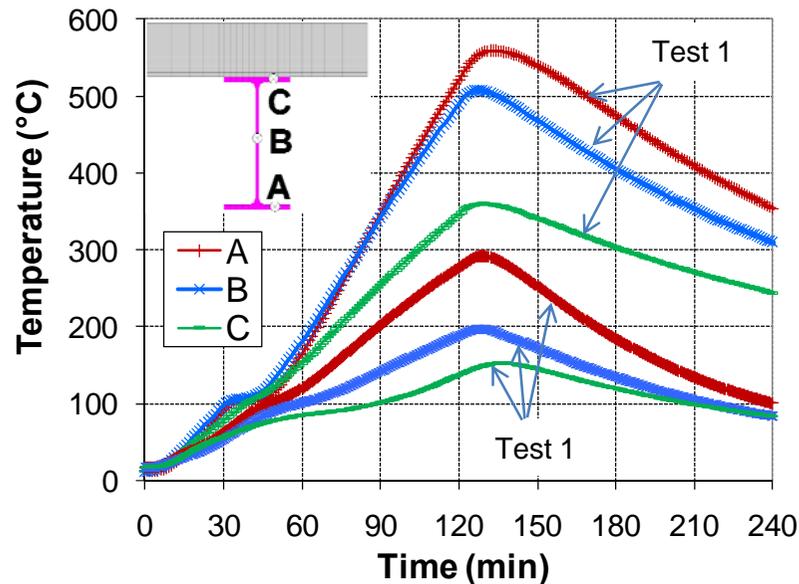
Ziele

Test Anordnung

Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit



- **Beobachtung**

- Viel heißere Träger in Test 2 ≈ 550 °C und ein Ecknebenträger erhitze sich bis zu > 600 °C



Experimentelle Ergebnisse



- Erhitzung der Verbundplatte

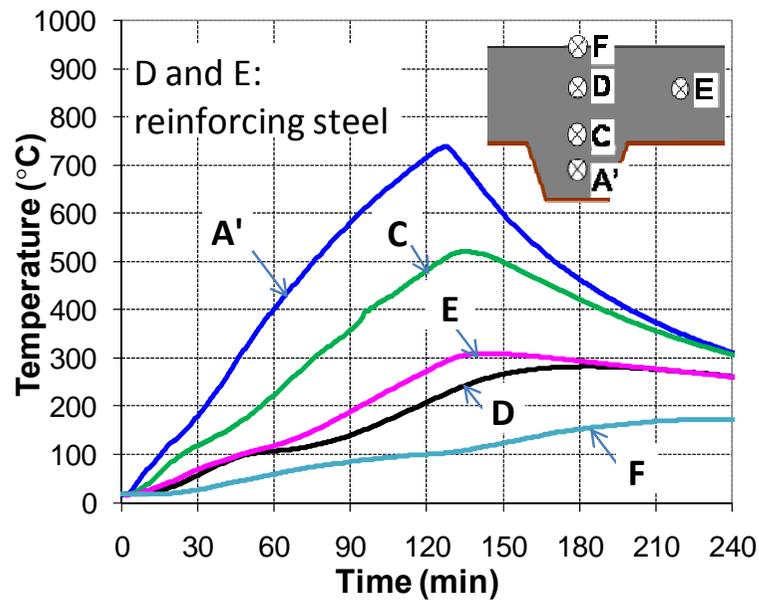
Ziele

Test Anordnung

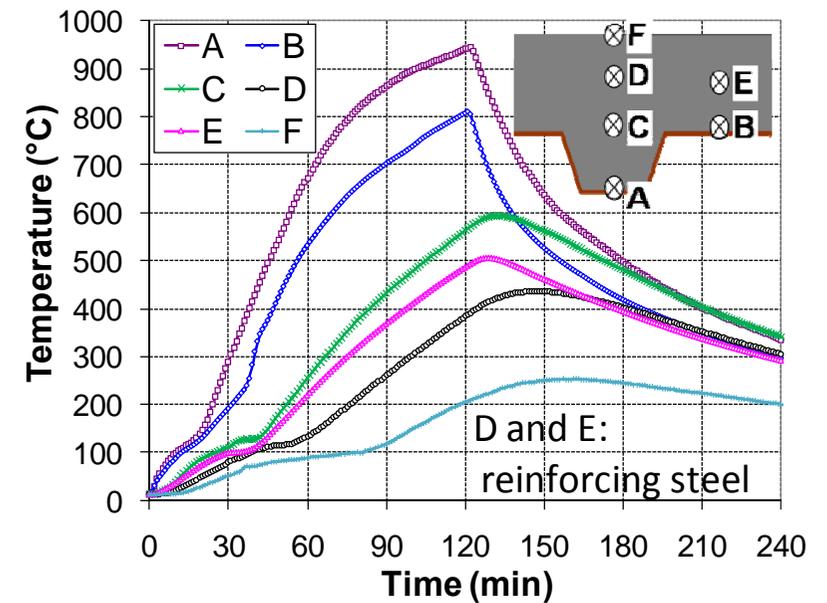
Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit



Test 1



Test 2



Experimentelle Ergebnisse



• Test 3 Erhitzung der Verbundplatte

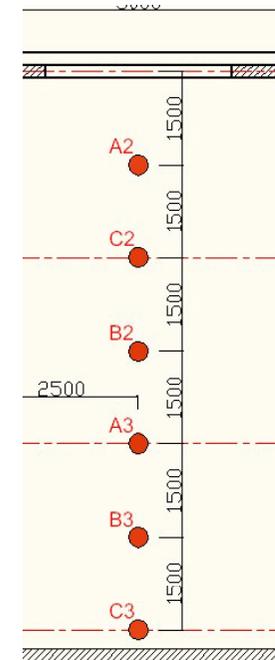
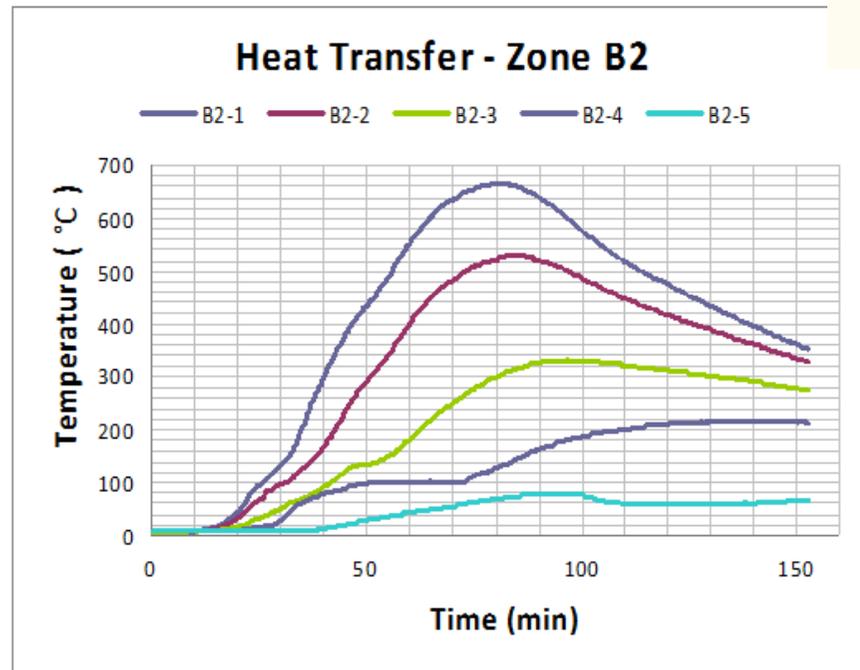
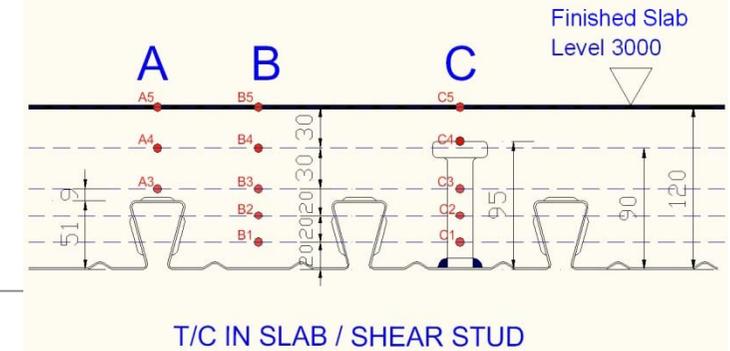
Ziele

Test Anordnung

Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit





- Wegmesssysteme für Biegung

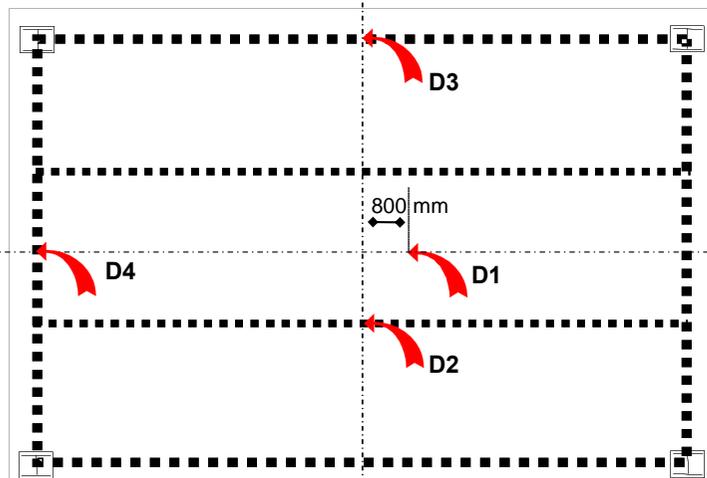
Ziele

Test Anordnung

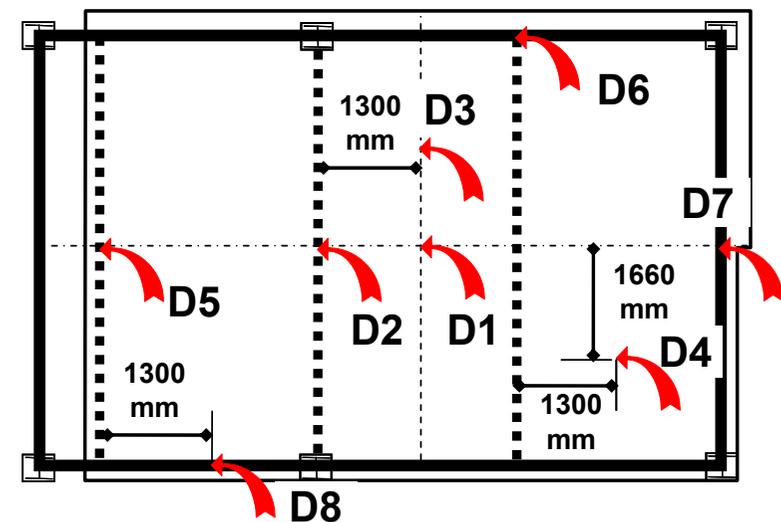
Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit



Test 1



Test 2



- **Biegung der Decken**

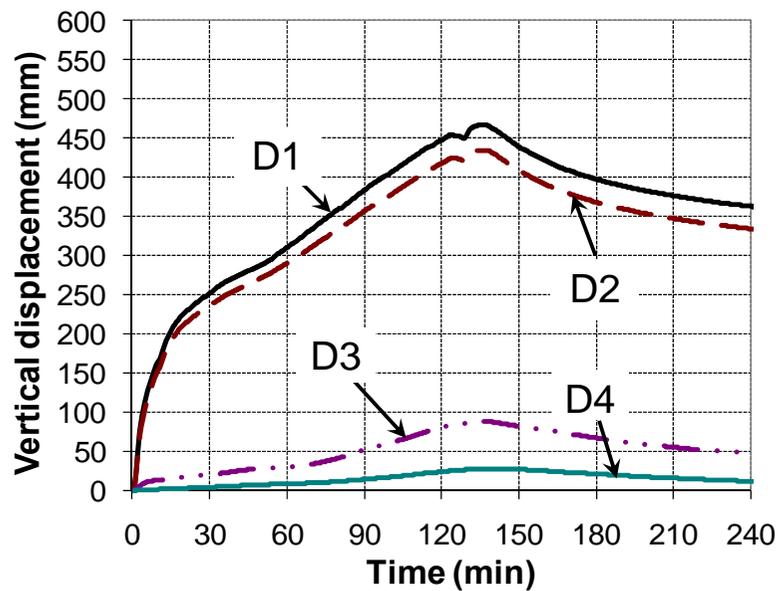
Ziele

Test Anordnung

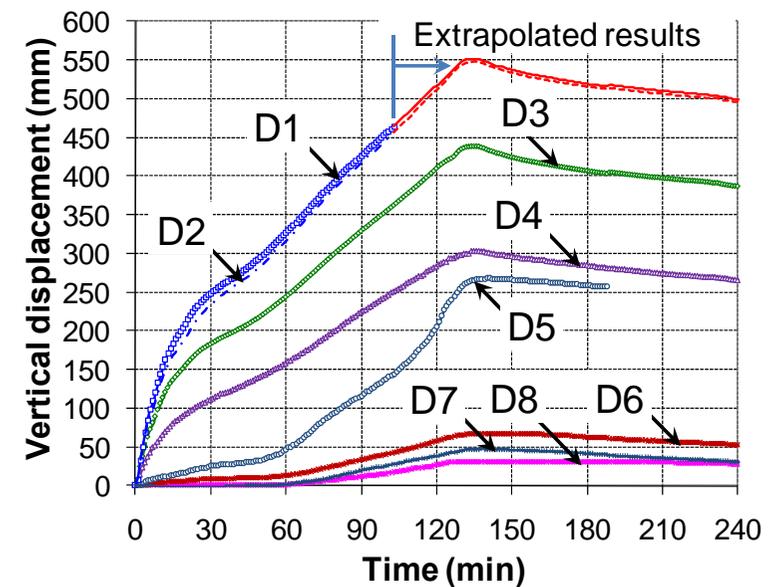
**Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung**

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit



Test 1



Test 2



- **Test 3 Wegmesssysteme für Biegung**

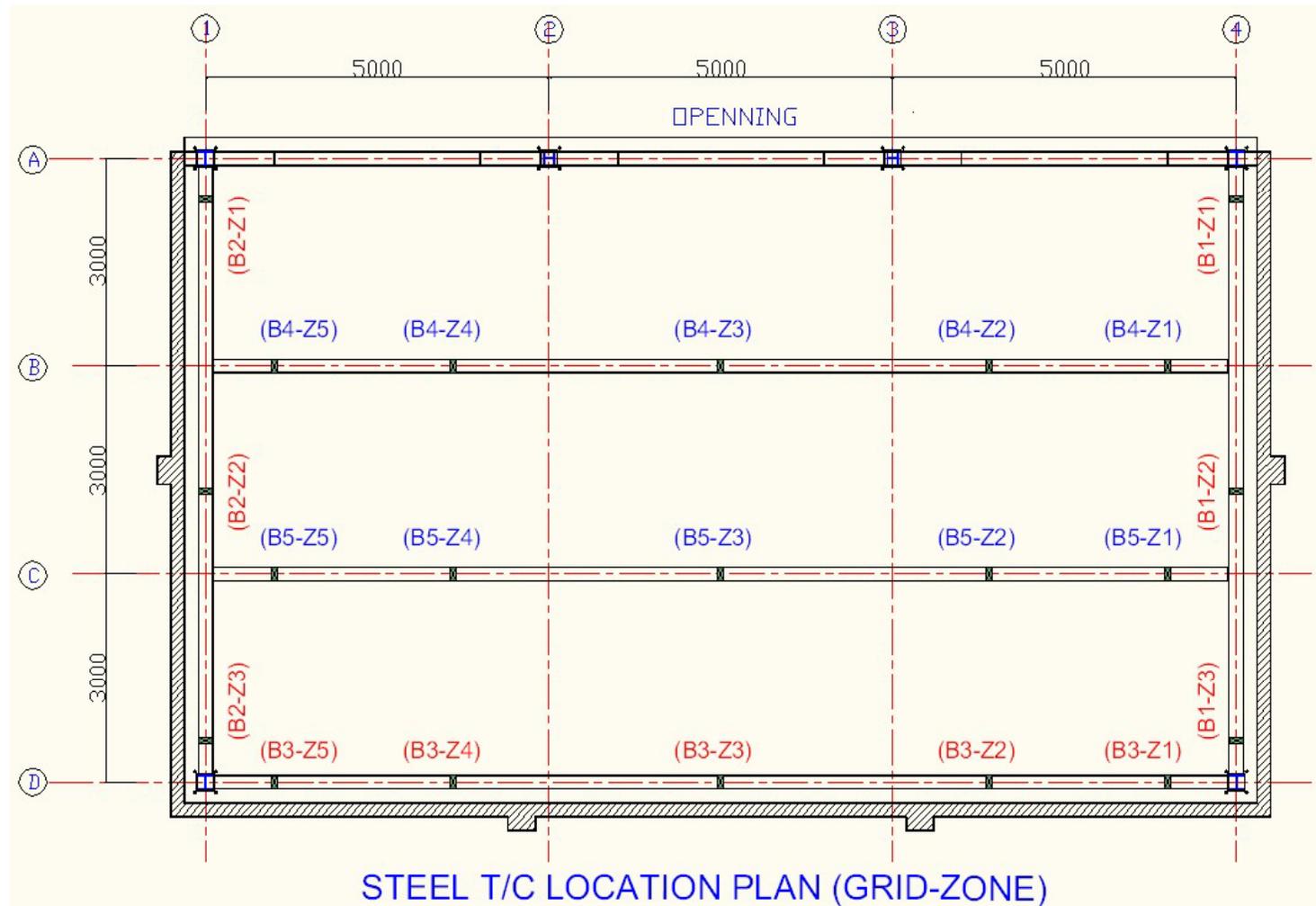
Ziele

Test Anordnung

**Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung**

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit





- **Test 3 Biegung der Decken**

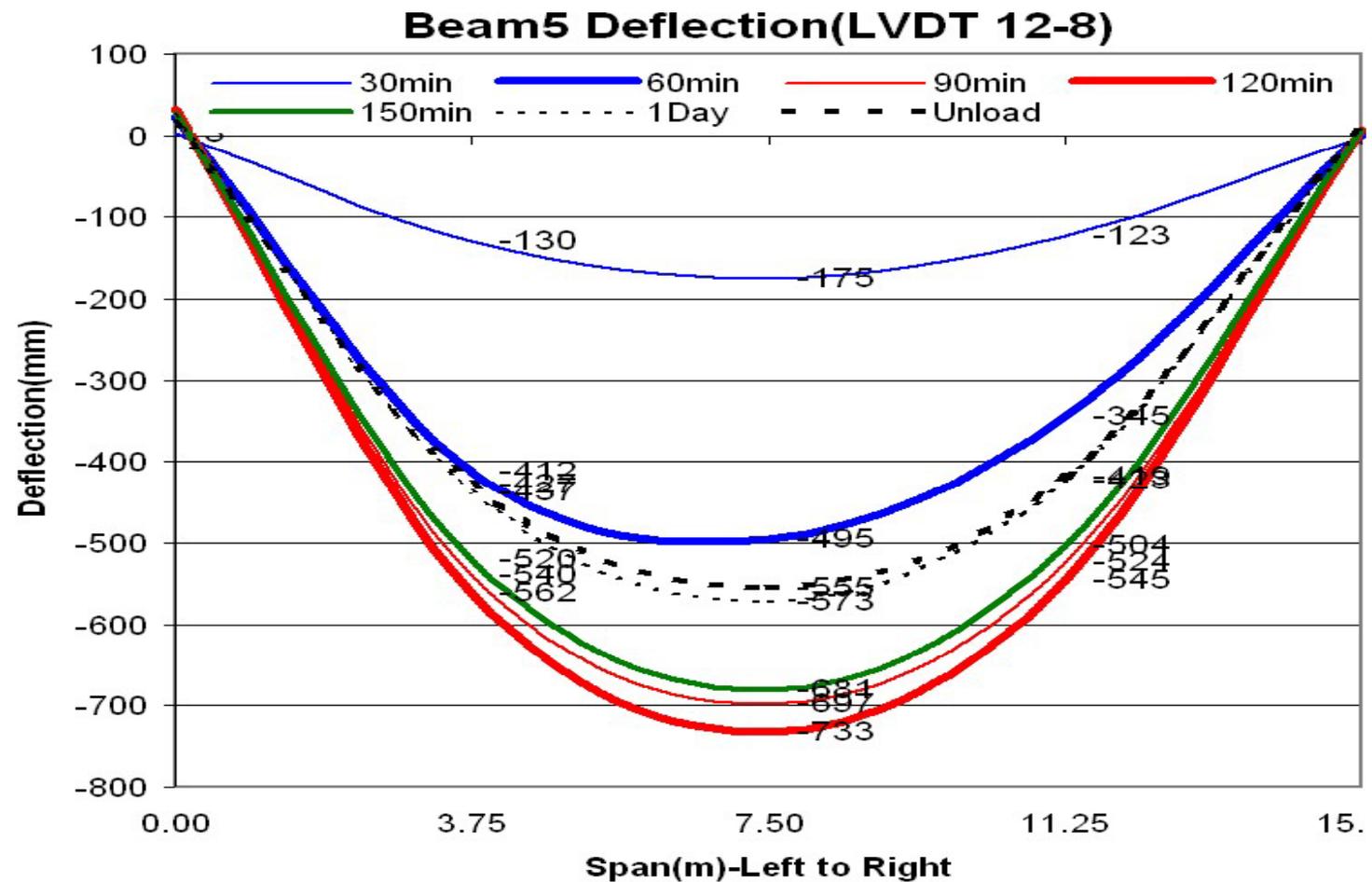
Ziele

Test Anordnung

Experimentelle Ergebnisse & Beobachtung

Vergleich mit Simple Design Methoden

Fazit





- **Reißen von Beton (Test 1)**

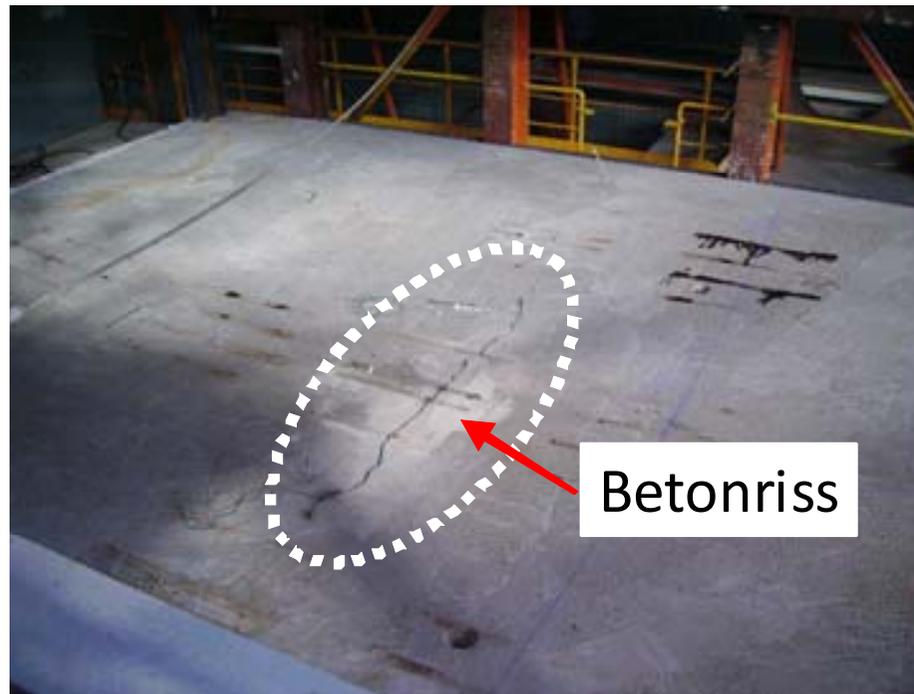
Ziele

Test Anordnung

**Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung**

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit



- **Beobachtung**

- **Exzellente umfassende Stabilität der Decke trotz Versagen der Stahlbewehrungsmatte**



- **Reißen von Beton (Test 3)**

Ziele

Test Anordnung

**Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung**

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit



- **Beobachtung**
 - **Exzellente umfassende Stabilität der Decke trotz Auftreten des Risses**



- **Steginstabilität des Trägers (Test 3)**

Ziele

Test Anordnung

**Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung**

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit





- **Brechen von Beton (Test 2)**

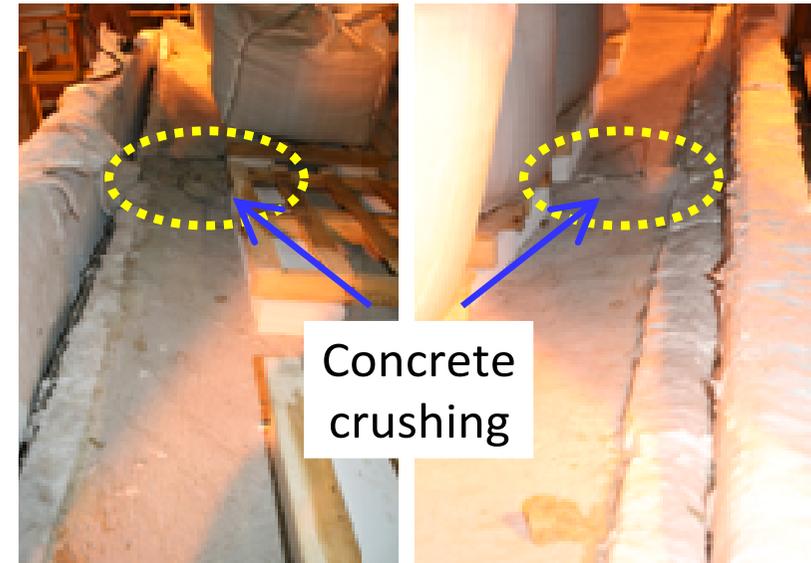
Ziele

Test Anordnung

**Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung**

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

Fazit



- **Beobachtung**

- **Umfassende Stabilität der Decke blieb angemessen trotz des Versagens eines Eckträgers**



Vergleich mit Simple Design Regeln



Ziele

Test Anordnung

Experimentelle

Ergebnisse &

Beobachtung

Vergleich mit

Simple Design

Methoden

Fazit

	Test 1		Test 2	
	Test	Simple Design Methoden	Test	Simple Design Methoden
Brand-bemessung (min)	> 120	120	> 120	96
Biegung (mm)	450	366 ^(*)	510	376 ^(*)

- **Beobachtung**

- Experimentelle Ergebnisse :

- **Brandbemessung > 120 Minuten**



Ziele

- **Allgemeine Schlussfolgerungen relativ zu neuen Feuertests**

Test Anordnung

- **Exzellente Performance der Verbunddeckensysteme unter membraner Wirkung für lange ISO Brandeinwirkung (>120 minutes)**

Experimentelle
Ergebnisse &
Beobachtung

- **Hoher Grad an Robustheit des Verbunddeckensystems trotz bestimmten lokalen Fehlern**

Vergleich mit
Simple Design
Methoden

- **Spezielle Aufmerksamkeit gilt den Konstruktionsdetails in Bezug auf Stahlmattenbewehrung um eine gute Performance von Integritätskriterien zu gewähren**

Fazit

- **Die Simple Design Methode ist auf der sicheren Seite im Vergleich mit den Testergebnissen**
- **Keine Anzeichen von Versagen während der Abkühlungsphase des Verbunddeckensystems**