



Gutachtliche Stellungnahme 14S001

*Auswertung der 57 HOLCOFIRE Versuche hinsichtlich der Übertragbarkeit der
Ergebnisse zur Beurteilung der Tragfähigkeit im Brandfall der
Spannbetonhohldeckenquerschnitte aus dem Portfolio der BVSF-Mitglieder*

Datum: 22.07.2014

Auftraggeber: Bundesverband Spannbeton-Fertigdecken e. V.
Paradiesstraße 208
12526 Berlin

Bearbeiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Zehfuß
Dipl.-Ing. Matthias Siemon

Dieses Schriftstück umfasst 47 Seiten. Es darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung – auch auszugsweise – bedarf in jedem Einzelfall der schriftlichen Genehmigung.

Inhaltsverzeichnis

1	Anlass und Untersuchungsgegenstand	4
2	Auswertung der Daten aus HOLCOFIRE	5
2.1	Allgemeines	5
2.2	Bewertungskriterien	5
2.3	Identifizierte Versuche	6
2.4	Versuch H74	6
2.4.1	Randbedingungen und Prüflasten	6
2.4.2	Kriterium geometrische Eigenschaften und Baustoffe	9
2.5	Versuch H75	10
2.5.1	Randbedingungen und Prüflasten	10
2.5.2	Kriterium geometrische Eigenschaften und Baustoffe	10
2.6	Versuch H78	10
2.6.1	Randbedingungen und Prüflasten	10
2.6.2	Kriterium geometrische Eigenschaften und Baustoffe	12
2.7	Versuch H79	13
2.7.1	Randbedingungen und Prüflasten	13
2.7.2	Kriterium geometrische Eigenschaften und Baustoffe	14
2.8	Versuch G6	15
2.8.1	Randbedingungen und Prüflasten	15
2.8.2	Kriterium geometrische Eigenschaften und Baustoffe	17
2.9	Abgleich der Querschnitte der Hersteller mit den Versuchsquerschnitten	19
3	Bewertung der Ringankerkonstruktionen	20
3.1	Thermisch induzierte Ausdehnung	20
3.2	Dehnbehinderung im Versuch	21
3.3	Vergleich mit Einbausituationen der Praxis	24
4	Bewertung des Portfolios der BVSF-Mitglieder	25

4.1	Allgemeines	25
4.2	Eigenschaften zur Klassifizierung des BSVF-Portfolios	25
4.3	Querschnittsgruppen und zu untersuchende Querschnitte	27
5	Zusammenfassung	28
6	Anhang	30
7	Literaturverzeichnis.....	45

1 Anlass und Untersuchungsgegenstand

Während zweier Arbeitstreffen im iBMB in Braunschweig mit Vertretern des Bundesverbandes Spannbetonfertigdecken e.V. wurde die Auswertung von 57 Brandversuchen mit Blick auf die Anwendbarkeit als Zulassungsversuche für die Querschnitte aus dem BVSF-Portfolio besprochen. Diese wurden im Projekt HOLCOFIRE zusammengestellt und enthalten Versuche an Probekörpern bestehend aus mindestens zwei Plattenquerschnitten, die mit einer Prüflast und mit Temperatureinwirkung beaufschlagt wurden. Im Ergebnis der Arbeitstreffen wurde beschlossen, die vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) mit Schreiben vom 15. April 2014 aufgeführten Punkte im Rahmen einer Gutachterlichen Stellungnahme zu untersuchen. Explizit gefordert wurde eine Bewertung der Vergleichbarkeit der

- Querschnittsgeometrien
- Prüflasten
- Baustoffe
- Randbedingungen

Die vorliegende Gutachterliche Stellungnahme zur Bewertung der oben aufgeführten Punkte basiert dabei auf der Auswertung aller 57 Versuchsberichte. Die textliche Beschreibung der Vergleichbarkeit mit Blick auf die genannten Punkte beschränkt sich auf die als anwendbar identifizierten Versuche, die tabellarische Auswertung aller 57 Versuche ist aus Gründen der Übersichtlichkeit im Anhang aufgeführt.

Die der Auswertung zugrunde liegenden originalen Prüfberichte aller Versuche sind in digitaler Form auf einem Datenträger beigelegt. Alle weiteren Grundlagen dieser Gutachterlichen Stellungnahmen sind im Literaturverzeichnis in Abschnitt 7 aufgeführt.

2 Auswertung der Daten aus HOLCOFIRE

2.1 Allgemeines

Im Projekt HOLCOFIRE wurden 57 Versuche aus insgesamt 162 zur Verfügung stehenden Versuchen zusammengestellt, welche mehr als eine Deckenplatte untersuchen [1]. Alle Versuche, bei denen nur eine einzelne Platte untersucht wurden, können nicht zur Bewertung der Tragfähigkeit von Deckenkonstruktionen herangezogen werden und sind daher nicht in der Auswertung enthalten.

2.2 Bewertungskriterien

Um die Bewertung der Deckenkonstruktionen der Mitglieder des BVSF hinsichtlich der Tragfähigkeit im Brandfall anhand der verbleibenden 57 Versuche zu bewerten, müssen weitere Kriterien erfüllt sein. Diese sind:

- Randbedingungen / Vorhandensein von Ringanker / Ausführung der Ringanker
- Experimentell ermittelte Feuerwiderstandsdauer größer als 90 min
- Prüflasten aus dem Versuch entsprechen der erforderlichen Prüflast
- Geometrische Eigenschaften vergleichbar mit denen der Querschnitte aus BVSF-Portfolio
- Verwendete Baustoffe vergleichbar mit denen der Querschnitte aus BVSF-Portfolio

Die Ausführung bzw. das Vorhandensein einer Ringankerkonstruktion ist zwingend erforderlich, um das Tragverhalten bei Querdehnbehinderung beurteilen zu können. Alle Versuche, welche diesen Punkt nicht erfüllen, müssen daher ausgeschlossen werden, auch wenn die Querschnitte ansonsten mit denen des Portfolios der BVSF-Mitglieder vergleichbar sind.

Ein weiteres Ausschlusskriterium ist eine im Versuch nachgewiesene Feuerwiderstandsdauer kleiner als 90 min. Die 57 Versuche enthalten eine Reihe von Versuchen, die nach 60 min abgebrochen wurden, weil keine Bewertung einer Feuerwiderstandsdauer von 90 min angestrebt wurde.

Die Querschnitte können anhand einer Reihe von geometrischen Eigenschaften charakterisiert werden. Hierzu gehören:

- Plattendicke
- Plattenbreite
- Betonfestigkeit
- Hohlkörpergeometrie

- Anzahl der Hohlräume
- Hohlraumbreite
- Stegbreite
- Spiegeldicke oben
- Spiegeldicke unten
- Querschnittsfläche
- Querschnittsfläche Spannbewehrung unten
- Querschnittsfläche Spannbewehrung oben

2.3 Identifizierte Versuche

Insgesamt erfüllen fünf Versuche sowohl die Anforderung an die Feuerwiderstandsdauer von mind. 90 min sowie die Anforderungen an die Ausführung von Ringankerkonstruktionen.

Tab. 2.1: Identifizierte Versuche

Bez. aus HOLCOFIRE	Plattenquerschnitt	Hersteller	Jahr
Versuch H74	L4 A120	-	1990
Versuch H75	L4 A120	-	1990
Versuch H78	V-6-200	Oberndorfer	1993
Versuch H79	V-5-265	Oberndorfer	1993
Versuch G6	MV5/265-167	DW Systembau	2012

Die Tabelle mit Abgleich aller Versuchsdaten mit den Herstellerquerschnitten, den Rand- und Lagerbedingungen ist im Anhang als Tab. 6.1 aufgeführt. Ebenfalls enthalten ist eine kurze Erläuterung zu dieser Tabelle.

2.4 Versuch H74

2.4.1 Randbedingungen und Prüflasten

Die Versuche H74 und H75 wurden identisch aufgebaut und mit den gleichen Prüflasten beaufschlagt. Die Prüfeinrichtung war das VTT in Finnland. Der Probekörper besteht aus einer kompletten und zwei halben Deckenplatten, welche umlaufend mit einem Ringanker ausgeführt wurden. Die angestrebte Feuerwiderstandsdauer betrug 120 min, welche in beiden Versuchen erreicht wurde.

Die Last wurde über vier Pressen und eine Stahlkonstruktion eingeleitet, welche zu insgesamt 32 auf dem Deckensystem angebrachten Lasteinleitungspunkten führt. Der Versuchsaufbau ist in Abb. 2.1 als Draufsicht dargestellt.

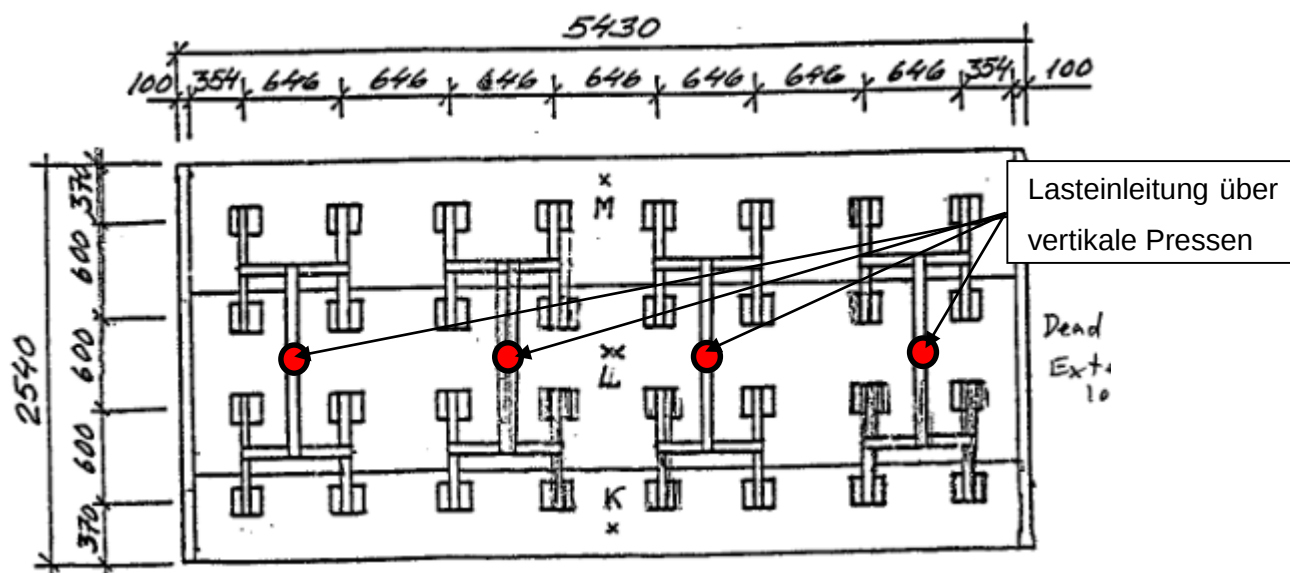


Abb. 2.1: Lasteinleitung in den Versuchen H74 und H75 (aus den Prüfberichten [9],[10])

Eine Übersicht der im Prüfbericht berechneten einwirkenden Biege- und Querkraftbelastung ist in Tab. 2.2 aufgeführt.

Tab. 2.2: Prüflasten in den Versuchen H74 und H75 aus [9],[10]

	Wert	Erläuterung
L_{Ext}	10 kN/m ²	Extern aufgebrauchte Last
M_P	85 kNm	Biegebelastung des Probekörpers
A_P	66 kN	Einwirkung Querkraft auf Probekörper
M_{SPez}	49,4 kNm/m	Spezifische Biegebelastung
A_{Spez}	38,2 kN/m	Spezifische Querkraftbelastung
P	66 kN	Pressenkraft

Die Ausbildung der Fugen und der Ringanker ist in Abb. 2.2 sowohl für die Längs- als auch die Querrichtung dargestellt. Die Fugen sind dabei mit 2 Ø 16 mm Bewehrung mit einer Länge von 2,5 m, die Ringanker mit 3 Ø 10 mm ausgeführt. Dabei sind die Ringanker in Querrichtung mit einer Breite von 100 mm ausgeführt, während die Ringanker in Längsrichtung in den

Abmessungen variieren, da die angeschnittenen Hohlkammern der Passplatten mit Beton verfüllt wurden. Aus Gründen der Vereinfachung werden die in Abb. 2.2 (aus [9],[10]) angegebenen 70 mm zusätzliche Breite für die weitere Auswertung verwendet.

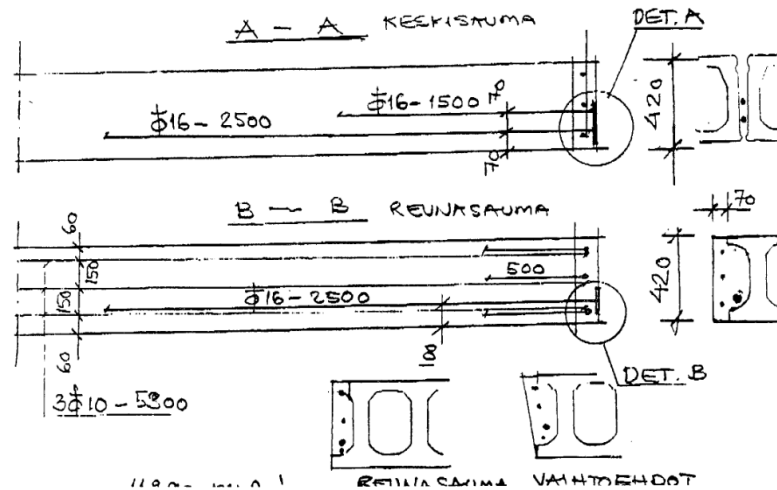


Abb. 2.2: Ausbildung der Ringanker in Längs- und Querrichtung für die Versuche H74 und H75 (aus den Prüfberichten [9],[10])

Die Lagerung der Platten in Quer- und Längsrichtung ist in Abb. 2.3 dargestellt. Die Enden des Deckenprobekörpers sind in beiden Versuchen gelenkig gelagert, in Längsrichtung ist das System nur durch den Ringanker dehnbehindert.

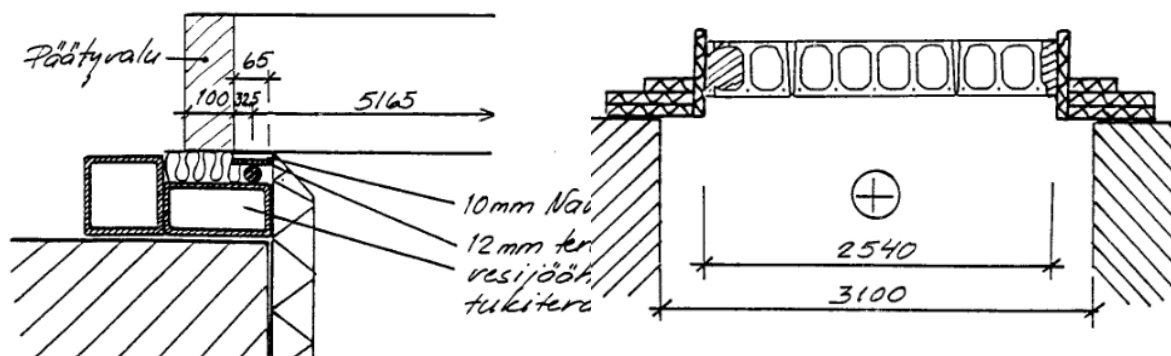


Abb. 2.3: Auflagersituation für die Versuche H74 und H75 (aus den Prüfberichten [9],[10])

Nach Abb. 2.3 werden die Ringanker in Längsrichtung mit der Brandraumtemperatur beaufschlagt. Die pauschale Annahme von 70 mm Breite der Ringanker ohne Berücksichtigung der zusätzlichen Flächenanteile in der verfüllten Hohlkammer trägt diesem Umstand Rechnung und führt zu einer rechnerisch geringeren Biegesteifigkeit. Grundsätzlich ist die Steifigkeit des Ringankers in Längsrichtung für die Versuche H74/H75 schwierig zu quantifizieren und

aufgrund der unbekannten Temperaturen der Bewehrung im Vergleich zu den anderen Versuchen mit thermisch isolierten Ringankern als Abschätzung zu betrachten.

2.4.2 Kriterium geometrische Eigenschaften und Baustoffe

Der in den Versuchen H74 und H75 verwendete Querschnitt ist ebenfalls identisch. Die Betonzusammensetzung der Probekörper ist in Tab. 2.3 aufgelistet.

Tab. 2.3: Betonzusammensetzung (Angaben aus den Prüfberichten [9],[10])

Fraktion	Masse [kg]
Sand 0/2 (Rundkorn)	250
Sand 0/8	748
Splitt 6/12	606
Kies 8/16	481
Zement	330
Hochofenschlacke	20
Peramin F (Fließmittel)	20
<u>W/Z-Wert</u>	<u>0,42</u>

Alle geometrischen Eigenschaften des untersuchten Querschnitts sind eindeutig identifizierbar und wurden bereits in Abschnitt 2.2 aufgelistet.

Die geometrischen Eigenschaften werden in Tab. 2.8 mit denen des jeweils zugeordneten Querschnitts des BVSF-Portfolios verglichen und die Abweichungen quantifiziert. Ohne Gewichtung einzelner Parameter ergibt das arithmetische Mittel aller Abweichungen der geometrischen Eigenschaften und der Baustoffe einen Wert von **8,2 % für H74** und **7,6 % für H75**. Die Anteile der einzelnen Abweichungen sind in Tab. 2.8 enthalten.

Der Querschnitt der geprüften Decken (H74 und H75) ist in Abb. 2.4 dargestellt. Die Querschnittshöhe beträgt 420 mm.

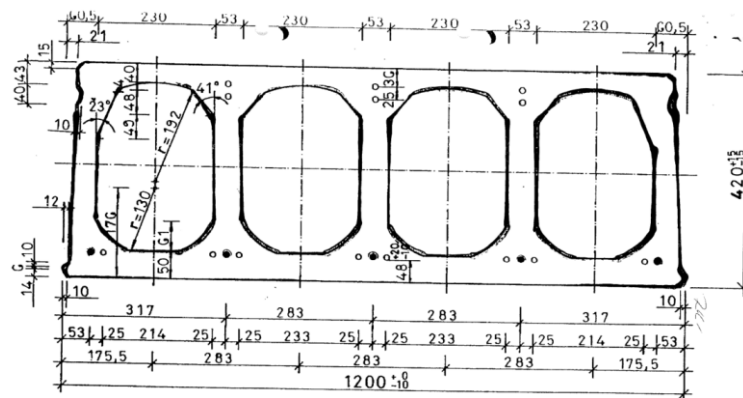


Abb. 2.4: Querschnitt der geprüften Decke (aus den Prüfberichten [9],[10])

2.5 Versuch H75

2.5.1 Randbedingungen und Prüflasten

Versuch H75 entspricht in Randbedingungen und Prüflasten dem Versuch H74. Die Angaben sind in Abschnitt 2.4.1 enthalten.

2.5.2 Kriterium geometrische Eigenschaften und Baustoffe

Versuch H75 entspricht hinsichtlich der geometrischen Eigenschaften und der Baustoffe dem Versuch H74. Die Angaben sind in Abschnitt 2.4.2 enthalten.

2.6 Versuch H78

2.6.1 Randbedingungen und Prüflasten

Die Prüfungsgrundlagen des Versuches waren die ÖNORM B 3800 Teil 2, welche an die damalige DIN 4102 Teil 2 angelehnt ist. Ziel der Prüfung war die Überprüfung der geforderten Brandwiderstandsklasse F 90, „brandbeständig“, die mit einer Feuerwiderstandsdauer von 123 min auch erreicht wurde. Neben dem geprüften Querschnitt V-6-200 wurden vom Prüfer auf Grundlage des Versuchs auch die weiteren Querschnitte des Herstellers (Höhen 160, 265, 320, 400 mm) die Brandwiderstandsklasse mit F 90, „brandbeständig“, beurteilt.

Die Deckenplatten wurden nach Angaben im Prüfbericht praxisgerecht eingebaut und mit einem nach nicht näher beschriebener DIN-Norm entsprechenden Ringanker versehen. Dieser bestand aus einem Beton der Güte B 25 und vier Bewehrungsstäben, welche im Weiteren als 4 Ø 10 mm angenommen werden. Die Fugen bestanden aus Beton der Güte B 15, welche mit je einem Bewehrungsstab Ø 8 mm ausgeführt wurden.

Die Prüflast von 12 kN/m² wurde als rechnerisch zulässige Gebrauchslast ermittelt. Der Ort der Lasteinleitung oder die Ausführung der Lasteinleitungskonstruktion ist nicht zweifelsfrei

2.6.2 Kriterium geometrische Eigenschaften und Baustoffe

Der Brandversuch wurde an einem Probekörper, bestehend aus zwei Deckenelementen mit einer Plattenbreite von je 1,20 m und einer Gesamtlänge von 4,40 m bei einer Stützweite von 4,15 m durchgeführt. Die geprüften Deckenquerschnitte wurden in der Betongüte B 55 hergestellt. Die Betonzusammensetzung ist in Tab. 2.4 aufgeführt.

Tab. 2.4: Betonzusammensetzung (Angaben aus Prüfbericht [6])

Fraktion	Masse [kg]	Volumen [Liter]	Anteile [%]
Sand 0/4 (Rundkorn)	1100	687	52,9
Splitt 4/8	220	137	10,5
Splitt 8/12	450	281	21,6
Kies 8/16 (Rundkorn)	330	194	14,9

Der eingebaute Spannstahl ist ein SD1570/1770. Alle geometrischen Eigenschaften des untersuchten Querschnitts sind eindeutig identifizierbar.

Die geometrischen Eigenschaften werden in Tab. 2.8 mit denen des jeweils zugeordneten Querschnitts des BVSF-Portfolios verglichen und die Abweichungen quantifiziert. Ohne Gewichtung einzelner Parameter ergibt das arithmetische Mittel aller Abweichungen der geometrischen Eigenschaften und der Baustoffe einen Wert von **9,5 %**. Die Anteile der einzelnen Abweichungen sind in Tab. 2.8 enthalten.

Der Querschnitt der geprüften Decke ist in Abb. 2.7 dargestellt.

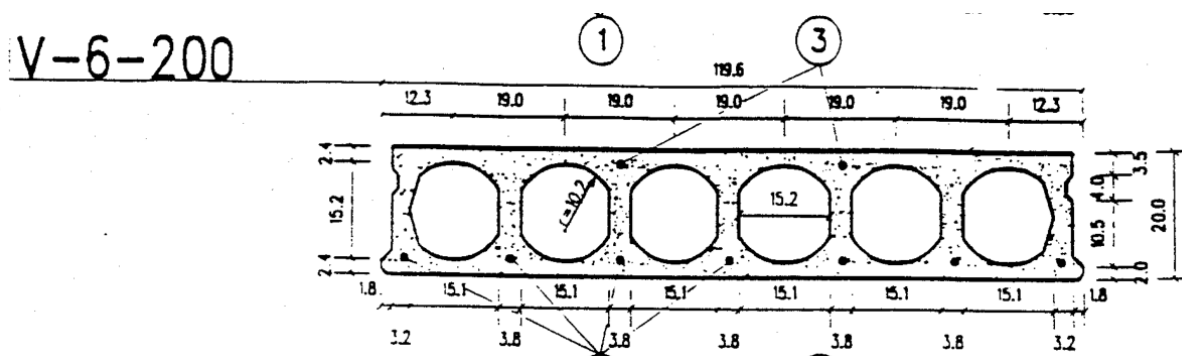


Abb. 2.7: Querschnitt der geprüften Decke (aus Prüfbericht [6])

2.7 Versuch H79

2.7.1 Randbedingungen und Prüflasten

Die Grundlagen des Versuchs H79 entsprechen denen des bereits beschriebenen Versuchs H78, so dass hier nicht erneut darauf eingegangen wird. Geprüft wurde der Querschnitt V-5-265, wobei eine Feuerwiderstandsdauer von 135 min erreicht wurde, so dass auch dieser Querschnitt als F 90, „brandbeständig“, eingestuft werden konnte.

Ringanker und Fugen wurden wie für Versuch H78 beschrieben ausgeführt, allerdings mit einer Höhe von 0,265 m entsprechend dem höheren Querschnitt. Die Prüflast betrug für Versuch H79 11 kN/m² und wurde wie bei Versuch H78 als rechnerisch zulässige Gebrauchslast ermittelt. Auch die Rand- und Lagerbedingungen entsprechen denen des Versuchs H78. Die beflammete Fläche und die Temperaturbeanspruchung entspricht ebenfalls dem Versuch H79.

In Abb. 2.5 ist die Situation für das als eingespannt beschriebene Lager dargestellt. Weitere Angaben zu den Lagerbedingungen in Längsrichtung sind dem Versuchsbericht nicht zu entnehmen.

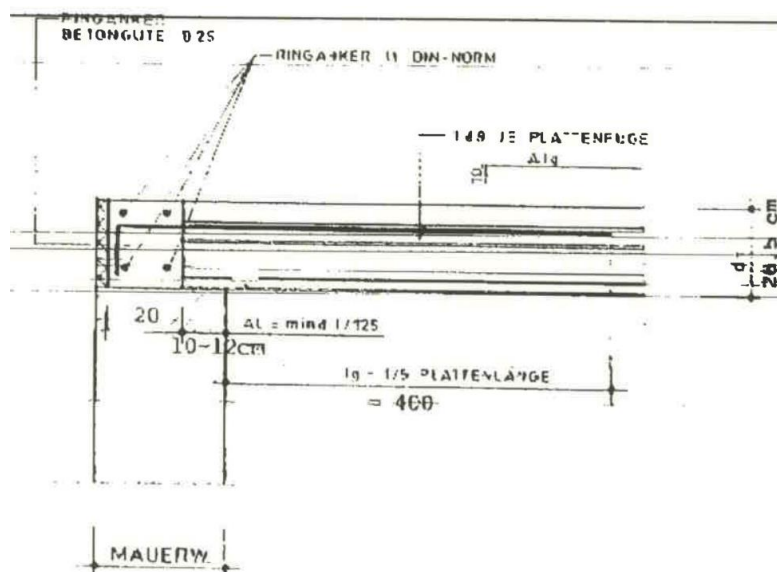


Abb. 2.8: Auflager und Ringankerkonstruktion Versuch H79 (aus Prüfbericht [7])

Die Fugenkonstruktion ist im Detail in Abb. 2.9 dargestellt.

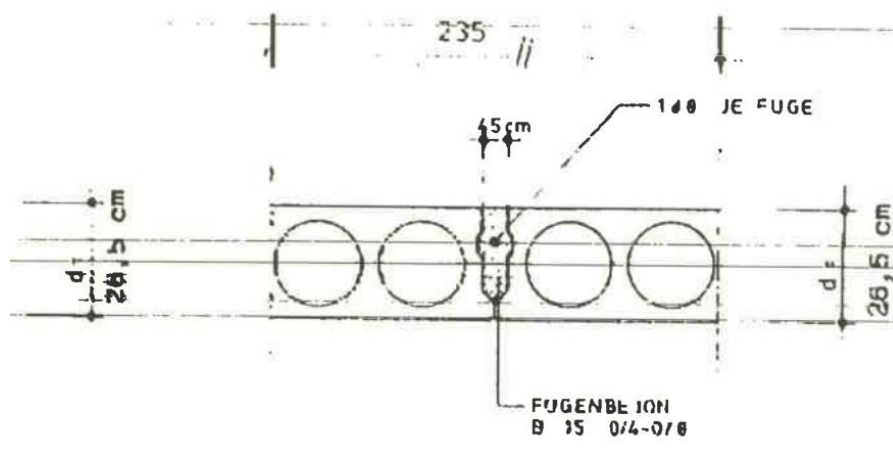


Abb. 2.9: Fugenkonstruktion Versuch H79 (aus Prüfbericht [7])

2.7.2 Kriterium geometrische Eigenschaften und Baustoffe

Bis auf die unterschiedliche Querschnittshöhe entspricht der Probekörper dem des Versuchs H78. Die Betonzusammensetzung, Betongüte sowie der Spannstahl sind ebenfalls identisch.

Alle geometrischen Eigenschaften des untersuchten Querschnitts sind eindeutig identifizierbar und wurden bereits in Abschnitt 2.2 aufgelistet.

Die geometrischen Eigenschaften werden in Tab. 2.8 mit denen des jeweils zugeordneten Querschnitts des BVSF-Portfolios verglichen und die Abweichungen quantifiziert. Ohne Gewichtung einzelner Parameter ergibt das arithmetische Mittel aller Abweichungen der geometrischen Eigenschaften und der Baustoffe einen Wert von **7,6 %**. Die Anteile der einzelnen Abweichungen sind in Tab. 2.8 enthalten.

Der Querschnitt der geprüften Decke ist in Abb. 2.10 dargestellt.

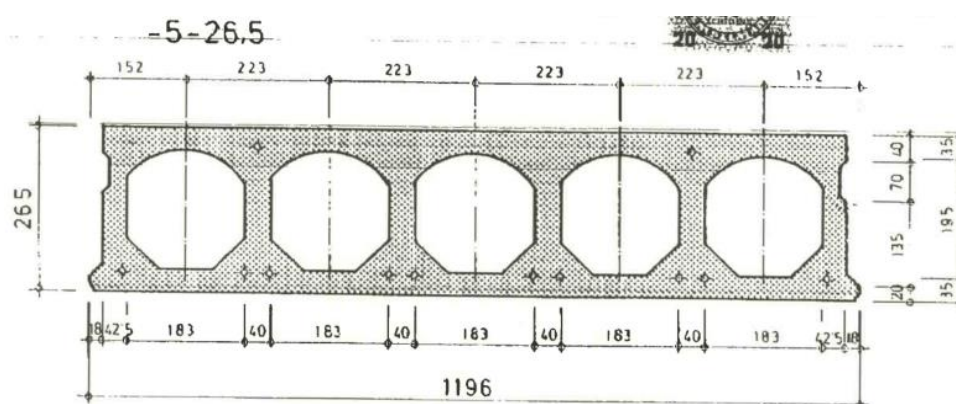


Abb. 2.10: Querschnitt der geprüften Decke (aus Prüfbericht [7])

2.8 Versuch G6

2.8.1 Randbedingungen und Prüflasten

Neben der Zusammenstellung und Untersuchung von bereits durchgeführten Versuchen wurden im Rahmen des HOLCOFIRE Projektes Versuche zur Querkrafttragfähigkeit von Spannbetonhohldecken mit Querdehnbehinderung durchgeführt. Im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Versuchen ist die Versuchsdokumentation aufgrund der wissenschaftlichen Zielsetzung sehr umfangreich. Ziel der Versuche war es, das Verhalten der Deckenkonstruktionen unter Querkraft- und Brandbelastung zu untersuchen. Die Ergebnisse sind als Forschungsbericht in Buchform [3] veröffentlicht. Aus der Versuchsserie wird der in Abb. 2.11 dargestellte Versuch G6 herangezogen.

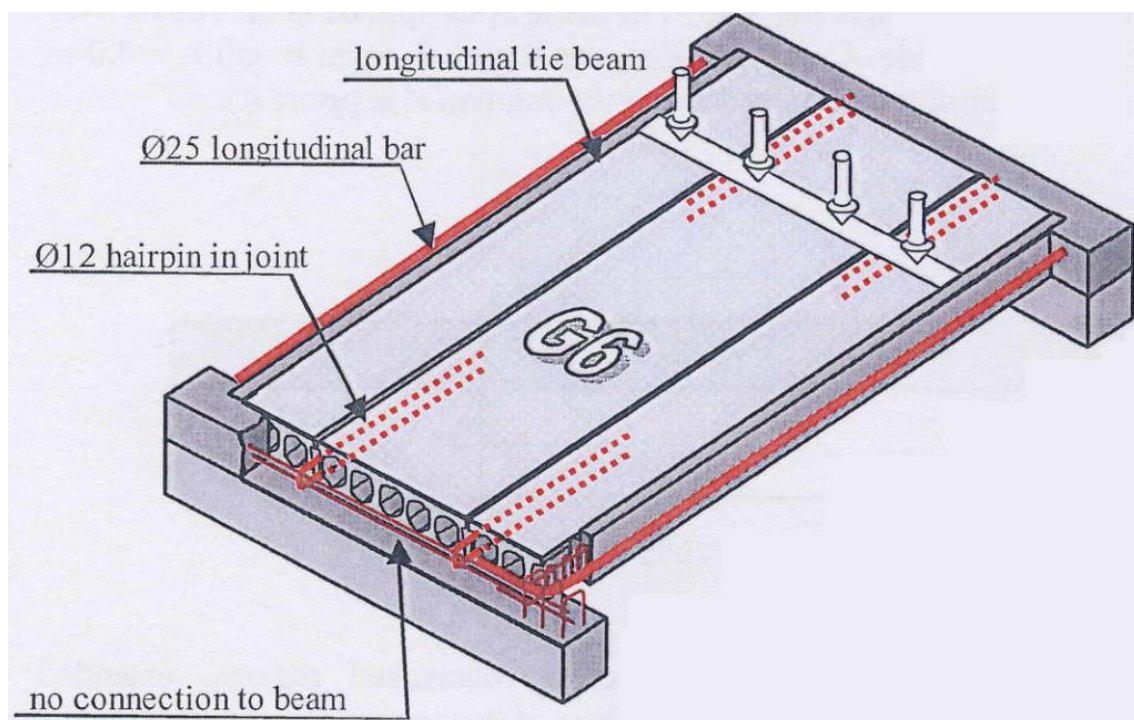


Abb. 2.11: Übersicht Versuchsaufbau G6 (aus [2])

Der Probekörper wurde aus einer kompletten und zwei halben Spannbetonfertigplatten hergestellt. Die wesentlichen Eigenschaften des Probekörpers sind nachfolgend in Tab. 2.5 zusammengefasst.

Tab. 2.5: Eigenschaften des Probekörpers im Versuch G6 nach [2]

	Wert	Erläuterung
Länge	3,9 m	Länge inkl. Ringanker
Breite	2,6 m	Breite inkl. Ringanker

Höhe	265 mm	Höhe des Probekörpers
Bewehrung Fuge	1 Ø 12	Verbindungsbewehrung zwischen Fuge und Balken
$A_{\text{Bew,Fuge}}$	94 mm ² /m	Bewehrungsfläche Fuge-Balken pro m
$A_{\text{Ringanker,längs}}$	100 * 265 mm ²	Fläche des Ringankers in Längsrichtung
Bewehrung Ringanker	2 Ø 12	Bewehrung des Ringankers in Längs- und Querrichtung
Bewehrung sonst.	2 Ø 25	Außenliegende Bewehrungsstäbe parallel zum Ringanker in Längsrichtung

Der Versuch G6 soll die Lagerung von Spannbetonfertigplatten auf Mauerwerk simulieren. Daher wurde auf eine Bügelverbindung zwischen dem Ringanker in Querrichtung und dem Auflager verzichtet (siehe Abb. 2.11). Die Dehnbehinderung durch angrenzende Bauteile wurde durch zwei zusätzlich zu den Ringanker in Längsrichtung angebrachte Bewehrungsstäbe mit Durchmesser Ø 25 nachgestellt. Quer zu den Platten wirkt nur der Ringanker dehnbehindernd.

Die Last wurde entsprechend der nach EN1168:2005+A3:2011 Anhang G [5] berechneten Tragfähigkeit im Brandfall nach 120 min ermittelt und mit zwei Pressen über eine Stahlkonstruktion eingeleitet. Die Belastung des Probekörpers ist in Tab. 2.6 zusammengefasst.

Tab. 2.6: Prüflast des Probekörpers im Versuch G6 nach [2]

	Wert	Erläuterung
L_{Beflammt}	3340 mm	Beflammte Länge des Probekörpers
L_{Statisch}	3420 mm	Länge des statischen Systems
$V_{\text{RD,c,fi,120}}$	48,7 kN/m	Nach EN1168:2005+A3:2011 Anhang G
$F_{\text{Pressen,spez}}$	52,3 kN/m	Aufgebrachte Linienlast pro m
F_{Pressen}	136,1 kN	Gesamtbelastung aus zwei Pressen

Genaue Angaben über die Ausführung des Ringankers, der Verbindung der Fugen mit dem Ringanker sowie der Lasteinleitung sind in Abb. 2.12 enthalten.

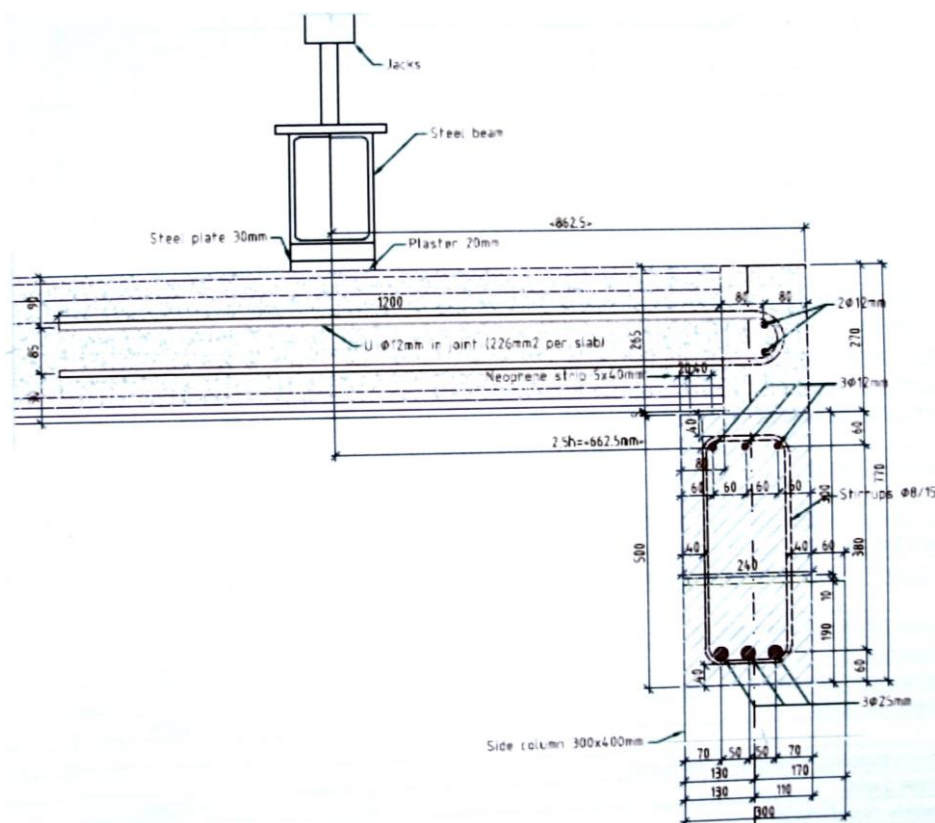


Abb. 2.12: Auflager und Ringankerkonstruktion Versuch G6 nach [2]

2.8.2 Kriterium geometrische Eigenschaften und Baustoffe

Der Brandversuch wurde an einem Probekörper mit den Gesamtabmessungen von 3,42 m Länge und 2,60 m Breite durchgeführt. Die verwendeten Materialien der geprüften Deckenquerschnitte sind in Tab. 2.7 aufgeführt.

Tab. 2.7: Materialeigenschaften des Probekörpers aus Versuch G6 nach [2]

Bauteil	Material
Beton Ringanker	C25/30 XC1 S3 aus CEM I 52.5 4/14 mit PP-Fasern (2 kg/m ³)
Bewehrung Ringanker	HA B500-B
Beton Deckenelemente	C45/55 aus CEM I 52.5 R
Spannstahl Deckenelement	6 x T12,5 Stäbe pro Deckenelement mit $f_{pm} = 1951 \text{ N/mm}^2$; $\sigma_{pm0} = 1100 \text{ N/mm}^2$
Gesteinskörnung Deckenelemente	Quarztisch
Herstelldatum Deckenelemente	18. August 2010
Fugenbeton	C25/30 S4 aus CEM I 52.5, Gesteinskörnung 4/8

Alle geometrischen Eigenschaften des untersuchten Querschnitts sind eindeutig identifizierbar und wurden bereits in Abschnitt 2.2 aufgelistet.

Die geometrischen Eigenschaften werden in Tab. 2.8 mit denen des jeweils zugeordneten Querschnitts des BVSF-Portfolios verglichen und die Abweichungen quantifiziert. Ohne Gewichtung einzelner Parameter ergibt das arithmetische Mittel aller Abweichungen der geometrischen Eigenschaften und der Baustoffe einen Wert von **11,8 %**. Die Anteile der einzelnen Abweichungen sind in Tab. 2.8 enthalten.

Der Querschnitt der geprüften Decke ist in Abb. 2.13 dargestellt.

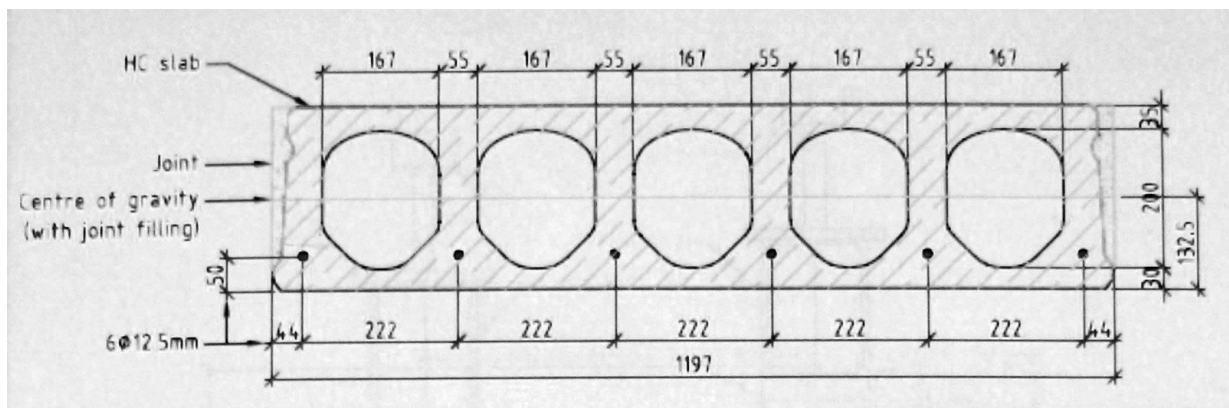


Abb. 2.13: Querschnitt der geprüften Decke

2.9 Abgleich der Querschnitte der Hersteller mit den Versuchsquerschnitten

Tab. 2.8: Zusammenfassung der Herstellerquerschnitte und der identifizierten Versuche

Hersteller	Plattentyp lt. Zulassung / zugeordneter Versuch	Plattendicke [mm]	Plattenbreite [mm]	Betonfestigkeit	Hohlkörpergeometrie	Anz. der Hohlräume	Hohlraumbreite [mm]	Stegbreite [mm]	obere Spiegeldicke [mm]	untere Spiegeldicke [mm]	Querschnittsfläche A _c [mm ²]	max. Spannbew. unten	max. Spannbew. oben
Oberndorfer	V-6-200	200	1196		3	6	140	45	30	30	132590	7 Ø 12,5	
	H78	200	1200	B 55	3	6	151	38	24	24	114283.1	7 Ø	-
Abweichung in [%]		0,00 %	0,33 %	8,33 %	-	0,00 %	7,86 %	15,56 %	20,00 %	20,00 %	13,81 %	-	-
Oberndorfer	V-5-265	265	1196		3	5	172	50	40	40	171380	10 Ø 12,5	2 Ø 9,3
	H79	265	1200	B 55	3	5	183	40	35	35	156860.6	10 Ø	
Abweichung in [%]		0,00 %	0,33 %	8,33 %	-	0,00 %	6,40 %	20,00 %	12,50 %	12,50 %	8,47 %	-	-
DW Systembau	MV5/265-167	265	1196	C45/55	3	5	167	55	34	31	168440	12 Ø 12,5	2 Ø 9,3
	G6	265	1196	C45/55	3	5	167	55	35	30		6 Ø 12,5	
Abweichung in [%]		0,00 %	0,00 %	0,00 %	-	0,00 %	0,00 %	0,00 %	2,94 %	3,23 %	-	100 %	-
DW Systembau	MV4/400-215	400	1196	min. C 45/55	3	4	215	60	50	40	228990	13 Ø 12,5	6 Ø 5
	H74	420	1196	59	3	4	230	53	43	50	219621	13 Ø 12,5	6 Ø 5
	H75	420	1196	54	3	4	230	53	43	50	219621	13 Ø 12,5	6 Ø 5
Abweichung in [%] (H74 / H75)		5,00 %	0,00 %	7,27 % / 1,82 %	-	0,00 %	6,98 %	11,67 %	14,00 %	25,00 %	4,09 %	0,00 %	0,00 %

3 Bewertung der Ringankerkonstruktionen

3.1 Thermisch induzierte Ausdehnung

Die Ringankerkonstruktionen stellen für die untersuchten Platten eine Querdehnbehinderung dar. Je nach Steifigkeit dieser Ringanker wird die thermisch induzierte Ausdehnung der Platten behindert, was dann zu entsprechenden Zwangskräften im Querschnitt führt. Die Ausdehnung ist dabei richtungsunabhängig und betrifft bei Spannbetonhohldecken konstruktionsbedingt den unteren Plattenspiegel, welcher im Vergleich zum restlichen Querschnitt stark durchwärmt wird. Die thermisch induzierte Ausdehnung, sowohl in Längs- als auch in Querrichtung der beflaminten Deckenfelder ist in Abb. 3.1 dargestellt.

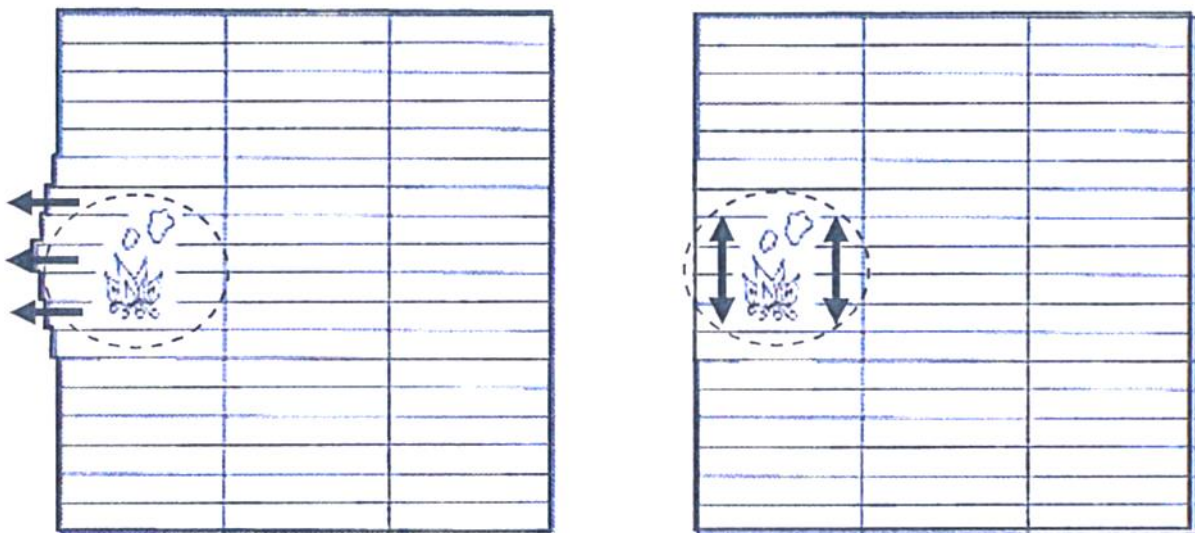


Abb. 3.1: Thermisch induzierte Ausdehnung von Spannbetonhohldecken bei Brandbeanspruchung (aus [3])

Im realen Bauwerk wird diese Ausdehnung je nach Auflagersituation und Randbedingungen von angrenzenden, kalten Deckenfeldern oder anderen Bauteilen behindert. Der Grad der Dehnbehinderung der Deckenfelder in Längs- sowie Querrichtung kann je nach Randausbildung sehr hoch oder auch gering sein. Der Einfluss der zahlreichen Faktoren wie der Größe und dem Verhältnis von Längs- und Querdehnbehinderung, der Querschnittsgeometrie sowie der allgemeinen konstruktiven Ausbildung der Auflager und der Deckensysteme auf die Tragfähigkeit im Brandfall ist Gegenstand eines aktuellen Forschungsvorhabens. Dazu gehört auch die Quantifizierung üblicher Grade der Dehnbehinderung für relevante Einbausituationen. Grundsätzlich ist in der praktischen Ausführung jeder Grad der Dehnbehinderung vorhanden.

3.2 Dehnbehinderung im Versuch

Im Versuch wird die Dehnbehinderung meist durch die Ausbildung einer Ringankerkonstruktion gewährleistet. Die Probekörper der Versuche H78 und H79 bestanden aus zwei Deckenplatten, der Versuch HOLCOFIRE G6 aus einer kompletten und je zwei halben Deckenplatten. Diese wurden umlaufend mit einem Ringanker versehen, welcher sich für den Versuch G6 in Längs- und Querrichtung in seinen Abmessungen unterscheidet. Zur Erhöhung der Dehnbehinderung in Längsrichtung wurde bei dem Versuch HOLCOFIRE G6 außerdem zwei außenliegende Bewehrungsstäbe mit Durchmesser $\varnothing$ 25 mm angebracht.

Für den Versuch HOLCOFIRE G6 wurden die Dehnungen dieser außenliegenden Stäbe aufgezeichnet und die daraus resultierenden Zugspannungen berechnet. Der gleiche Schritt wurde für die beiden Bewehrungsstäbe des Ringankers mit $\varnothing$ 12 mm durchgeführt (siehe Abb. 3.2). Hierbei wurde angenommen, dass die gemessenen Dehnungen komplett aus spannungsinduzierenden Dehnungen bestehen. Mögliche thermische Dehnanteile aufgrund von Erwärmung des Ringankers sind hier vernachlässigt und würden bei Berücksichtigung zu einer geringeren ermittelten Zwängung führen. Im Maximum wurden so die Zwangskräfte von $309 \text{ kN} + 100 \text{ kN} = 409 \text{ kN}$ für den Versuch G6 ermittelt [2].

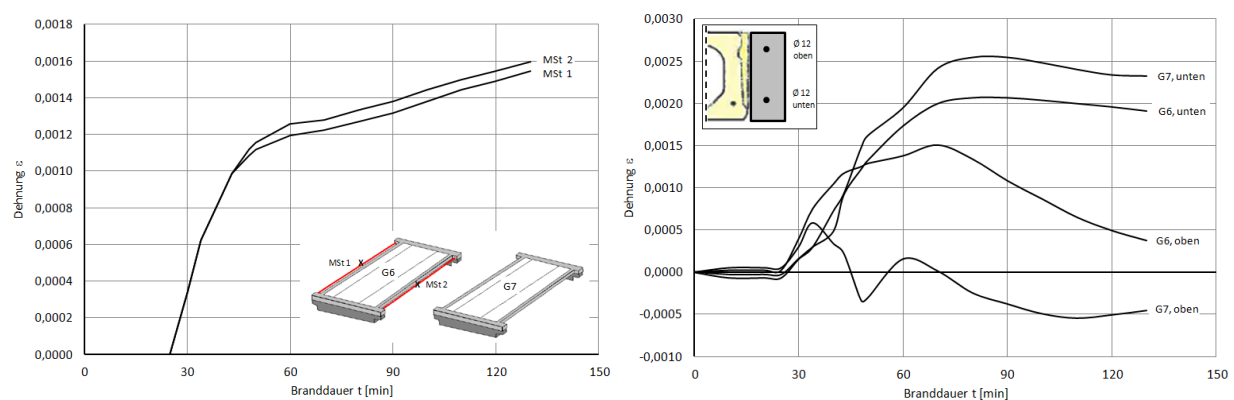


Abb. 3.2: Dehnungen der außenliegenden Bewehrungsstäbe (links) und der Ringankerbewehrung (rechts), (Diagramm aus [8])

Die Dehnbehinderung quer zur Haupttragrichtung wurde nicht bewertet. Die Prüfberichte der Versuche H78 und H79 enthalten keine Ausführungen zur Bewertung der Dehnbehinderung.

Um die fünf identifizierten Versuche hinsichtlich der Dehnbehinderung untereinander bewerten zu können, wird eine eigene Bewertung der Dehnbehinderung vorgenommen. Grundlage der Überlegung ist die Ermittlung der Dehn- und Biegesteifigkeiten der Ringanker in Längs- und Querrichtung. Die Dehnbehinderung der Deckenplatten ist dabei in der Ecke am größten und im Wesentlichen durch die Dehnsteifigkeit der Ringanker bestimmt. Wie in Abb. 3.3

schematisch dargestellt ist, wird bei einer Querdehnung der äußersten Fasern der Ringanker quer zur Haupttragrichtung auf Zug belastet, während eine Längsdehnung den Ringanker in Längsrichtung auf Zug belastet. Aus den Dehnsteifigkeiten und der Länge der beiden Ringanker kann dann die zugehörige Federkonstante $F_{EA,L}$ und $F_{EA,Q}$ bestimmt werden.

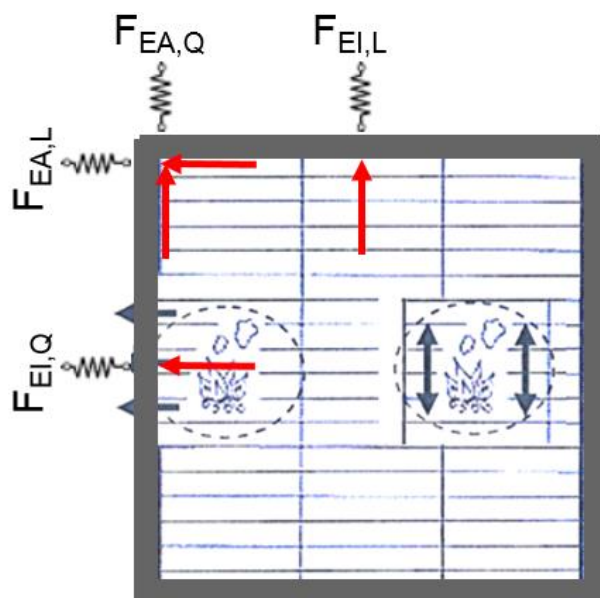


Abb. 3.3: Querdehnbehinderung von Spannbetonhohldecken aufgrund von Ringankerkonstruktion

Die geringste Dehnbehinderung liegt bei diesem Aufbau für die Fasern vor, die bei $L_{\text{Ringanker}}/2$ von den Ringankern in der thermischen Ausdehnung behindert sind. Unter der Annahme, dass Deckenplatte und Ringanker nicht zugfest miteinander verbunden sind, wird hier zur Ermittlung der Federkonstanten die Biegesteifigkeit der Ringanker herangezogen. Die aus den Versuchsberichten entnommenen Angaben zu den Ringankerkonstruktionen sind in Tab. 3.1 angegeben.

Tab. 3.1: Ringankerkonstruktionen bei den Versuchen H78, H79, G6

Versuch	Kante	H [m]	B [m]	L [m]	Betongüte	Bewehrung	Bild
H74 / H75	Längs	0,42	0,07	5,25	B25 (Annahme)	3 Ø 10 mm	
H78	Längs	0,2*	0,2*	4,4	B 25	4 Ø 10 mm*	
H79	Längs	0,265*	0,2*	4,4	B 25	4 Ø 10 mm*	

G6	Längs	0,265	0,1	3,6	C35/45	2 Ø 12 mm 1 Ø 25 mm (außenliegend)	
H74 / H75	Quer	0,42	0,1	2,4	B25 (Annahme)	3 Ø 10 mm	
H78	Quer	0,2	0,2	2,4	B 25	4 Ø 10 mm	
H79	Quer	0,265	0,2	2,4	B 25	4 Ø 10 mm	
G6	Quer	0,265	0,16	2,5	C35/45	2 Ø 12 mm	

* In den Prüfberichten der Versuche H78 und H79 ist nur der Querschnitt des Ringankers für die Kante Quer genau beschrieben. Für den in Längsrichtung ausgeführten Ringanker wird daher der gleiche Querschnitt angenommen.

Für die Berechnung der Dehn- und Biegesteifigkeiten wurde für die Bewehrung ein E-Modul von 200.000 N/mm² angesetzt, für den Beton C35/45 ein Wert von 33.000 N/mm² nach EC 2-1-1 [4] und für den B 25 nach DIN 1045 von 1988 ein Wert von 17500 N/mm². Zusammen mit den in Tab. 3.1 aufgeführten geometrischen Eigenschaften ergeben sich die in Tab. 3.2 enthaltenen Werte. Die Zugfestigkeit des Betons wurde vernachlässigt.

Tab. 3.2: Dehnbehinderung bei den identifizierten Versuchen

Versuch	EA _L [MN]	EI _L [MNm ²]	F _{EA,L} [MN/m]	F _{EI,L} [MN/m]	EA _Q [MN]	EI _Q [MNm ²]	F _{EA,Q} [MN/m]	F _{EI,Q} [MN/m]
H74/H75	47,12*	0,20*	8,98*	0,066*	47,12	0,583	19,63	2,03
H78	62,83	2,33	14,28	1,31	62,83	2,33	26,18	8,1
H79	62,83	3,09	14,28	1,74	62,83	3,09	26,18	10,73
G6	143,41	0,82	39,84	0,84	45,24	3,35	18,10	10,28

* Siehe Anmerkungen Abschnitt 2.4.1 zu Ringanker in Längsrichtung

Die Federkonstanten für die auf Biegung beanspruchten Balken wurden dabei vereinfachend mit dem Zusammenhang aus Gl. 3.1

$$w''(x) = -\frac{M}{EI} \Rightarrow w''\left(\frac{L}{2}\right) = -\frac{[(q \cdot L) / 2]}{EI} \Rightarrow w\left(\frac{L}{2}\right) = \left| -\frac{[(q \cdot L) / 2] \cdot L^3}{48EI} \right| \quad \text{Gl. 3.1}$$

berechnet.

Bei dem beschriebenen Ansatz wird davon ausgegangen, dass die Ringanker eine Temperatur von 20 °C besitzen (außer für H74/H75, siehe Abschnitt 2.4). Da für keinen der Versuche Temperaturmessungen für die Ringanker vorliegen, ist eine Bewertung einer möglichen Erwärmung nicht möglich. Die Vorgehensweise ermöglicht aber den Vergleich der verschiedenen Ringankerkonstruktionen untereinander, bezogen auf ihre Querdehnbehinderung.

3.3 Vergleich mit Einbausituationen der Praxis

Werden die Einbausituationen in der Praxis nach dem gleichen Verfahren bewertet, kann den Versuchsergebnissen auch explizit eine in der Baupraxis vergleichbare Auflagerausbildung zugeordnet werden. Dies ist in Abb. 3.4 qualitativ für die Versuche G6 und H78 / H79 dargestellt. Links ist das Endauflager einer Geschossdecke auf einem Stahlbetonbalken für Industrie- und Gewerbegebäude der Firma DW dargestellt, was dem Versuchsaufbau HOLCO-FIRE G6 entspricht. Die rechts dargestellte Auflagersituation aus technischen Unterlagen der Firma Heidelberger entspricht qualitativ den Prüfrandbedingungen der Versuche H78 / H79.

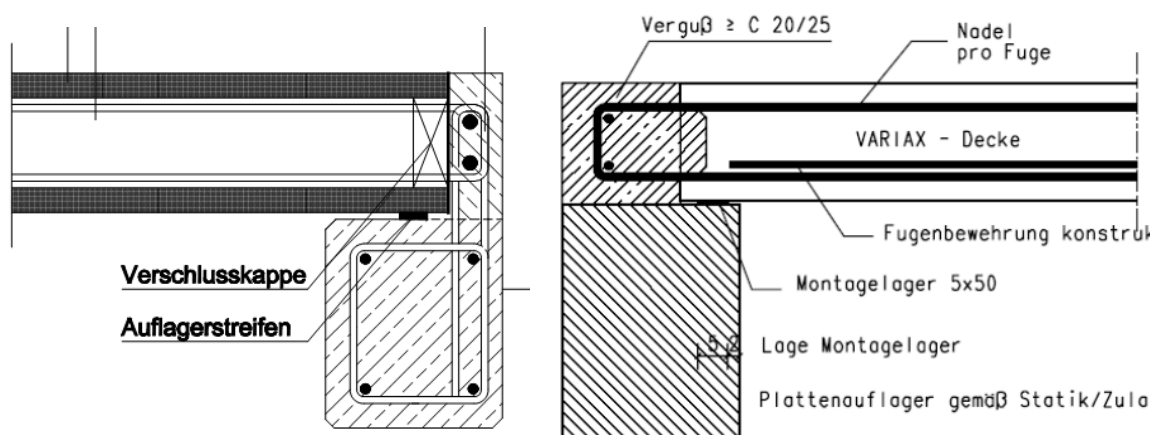


Abb. 3.4: Auflagersituationen aus der Praxis, ähnlich zu den Versuchsrandbedingungen

Alle fünf identifizierten Versuche erfüllen die in Abschnitt 2.2 genannten Kriterien

- Randbedingungen / Vorhandensein von Ringanker / Ausführung der Ringanker
- Experimentell ermittelte Feuerwiderstandsdauer größer als 90 min
- Prüflasten aus dem Versuch entsprechen der erforderlichen Prüflast
- Geometrische Eigenschaften vergleichbar mit denen der Querschnitte aus BVSF-Portfolio

- Verwendete Baustoffe vergleichbar mit denen der Querschnitte aus BVSF-Portfolio

und können daher zur Bewertung der Tragfähigkeit von Spannbetonhohldecken, bestehend aus den entsprechenden Querschnitten, für den Brandfall herangezogen werden.

4 Bewertung des Portfolios der BVSF-Mitglieder

4.1 Allgemeines

Aus den insgesamt 57 Versuchen aus dem Forschungsvorhaben HOLCOFIRE wurden fünf als übertragbar mit Blick auf die hier zu beantwortende Problemstellung identifiziert. In Abschnitt 2, Tab. 2.8 wurden die Versuche außerdem den Querschnitten des Portfolios der BVSF-Mitglieder zugeordnet. In einem weiteren Schritt werden nun alle Querschnitte aus dem Portfolio der Mitglieder des BVSF aufgelistet und bei identischen Eigenschaften als eine Querschnittsgruppe definiert.

Diese Auflistung dient dann zur Ableitung und Identifikation maßgeblicher, als kritisch beurteilter Querschnitte, welche entweder durch die fünf identifizierten Versuche abgedeckt sind, oder in weiteren Untersuchungen nachgewiesen werden müssen. Die Beurteilung der Querschnitte erfolgt dabei anhand verschiedener geometrischer Eigenschaften, der Anzahl und Art der Spannglieder, der Hohlkörpergeometrie sowie dem Verhältnis der Stegbreite zur Plattenhöhe. Inwieweit diese Eigenschaften einen Einfluss auf die Feuerwiderstandsdauer REI haben, ist aktuell noch ungeklärt. Die Zuordnung der Querschnitte zu den 57 Versuchen aus HOLCOFIRE sowie die Identifikation kritischer Querschnitte anhand eben dieser Eigenschaften unterstellt hier einen hypothetischen Einfluss, der noch nicht abschließend untersucht ist.

Der aktuelle Stand der Technik lässt abgesehen von den Grenzwerten der DIN EN 1168 [5] (Stegbreite, Dicke der Plattenspiegel) keine trennscharfe Klassifizierung nach einzelnen Eigenschaften zu. Eine zweifelsfreie Aussage, ob ein bestimmter Querschnitt noch durch einen Versuch abgedeckt ist oder in der Summe seiner Eigenschaften zu weit von dem Versuchsquerschnitt entfernt ist, kann daher nicht getroffen werden.

Die Tabelle ist aufgrund ihrer Länge im Anhang als Tab. 6.1 enthalten.

4.2 Eigenschaften zur Klassifizierung des BSVF-Portfolios

Die Zuordnung der Querschnitte des BSVF-Portfolios erfolgt anhand der folgenden geometrischen Eigenschaften der einzelnen Platten:

- Querschnittshöhe
- Anzahl der Hohlräume

- Stegbreite
- Höhe des Stegs bei konstanter Dicke
- Anfang Steg mit konstanter Dicke
- Hohlraumbreite
- Spiegeldicke oben
- Spiegeldicke unten
- Hohlkörpergeometrie
- Max. Spannbewehrung pro Steg
- Verhältnis Stegbreite / Plattenhöhe

Das Verhältnis der Stegbreite zur Plattenhöhe dient dabei zur Abschätzung der Querschnittsschlankheit bezogen auf die Schubtragfähigkeit und wird durch die Stegbreiten multipliziert mit der Anzahl der Stege bezogen auf die Querschnittshöhe ermittelt.

Eine weitere zur Bewertung herangezogene Eigenschaft ist die Geometrie der Hohlkammern, die anhand der in Tab. 4.1 dargestellten Beispielquerschnitte unterschieden wurden. Auch für diese Eigenschaft gilt, dass eine zweifelsfreie Zuordnung nicht immer möglich ist.

Tab. 4.1: Geometrie der Hohlkammern

Beschreibung	Zugeordnete Nummer	Beispielquerschnitt
Rund	1	
Oval	2	
Länglich breit	3	
Länglich schmal	4	

Der allgemeine Bezeichnungsschlüssel für die Deckenquerschnitte lautet:

$$\text{SFD } H_{\text{Querschnitt}} - H_{\text{Anz}} - H_{\text{Breite}}$$

Dieser setzt sich aus dem Präfix SFD, der Querschnittshöhe $H_{\text{Querschnitt}}$, der Anzahl der Hohlräume H_{Anz} sowie der Breite der Hohlräume H_{Breite} zusammen.

4.3 Querschnittsgruppen und zu untersuchende Querschnitte

Abschließend werden alle in Tab. 6.1 aufgeführten Querschnitte nach den in Abschnitt 2.2 beschriebenen Eigenschaften in Querschnittsgruppen eingeordnet. Kann einer Querschnittsklasse keiner der fünf Versuche aus HOLCOFIRE zugeordnet werden, wird ein bestimmter Querschnitt dieser Klasse auf Grundlage der gleichen Eigenschaften als für diese Klasse maßgeblicher Querschnitt definiert (Spalte Gew. QS). Die zusammengefassten Querschnittsgruppen und die oben beschriebenen Zuordnungen sind in Tab. 4.2 aufgeführt.

Tab. 4.2: Zusammengefasste Querschnittsgruppen mit Zuordnung der Versuche aus HOLCOFIRE oder Identifikation noch zu untersuchender Querschnitte

Nr.	Beschreibung	NW REI 90	Gew. QS	Begründung
1	Höhe < 200 mm, haupts. runde Hohlkammern, 1 Ø 12,5 mm Spannstahl	-	SFD 160- 8-100	Geringe Querschnittshöhe bei mittlerem Wert Stegbreite/Plattenhöhe
2	Höhe 200 -250 mm, haupts. runde Hohlkammern, 1 Ø 12,5 mm Spannstahl	H78	-	-
3	Höhe 250 -300 mm, verschiedene Hohlkammern, 2-3 Ø 12,5 mm Spannstahl	H79/ G6	-	-
4	Höhe 300 -400 mm, annähernd runde Hohlkammern, 2-3 Ø 12,5 mm Spannstahl	-	SFD 320- 4-220	Geringe Dicke des unteren Plattenspiegels, geringer Wert Stegbreite/ Plattenhöhe
5	Höhe >= 400 mm, länglich breite Hohlkammern, 4 Ø 12,5 mm Spannstahl	H74 / H75	-	Geringe Dicke des unteren Plattenspiegels, geringer Wert Stegbreite/ Plattenhöhe
6	Einzelquerschnitt SFD 400-7-107	-	SFD 400- 7-107	Besondere Hohlkammergeometrie und Anzahl im Vergleich zu den restlichen Querschnitten

Für Tab. 6.2 im Anhang sind die einzelnen Querschnittsklassen durch einen doppelten Trennstrich zwischen den Zellen abgegrenzt. Dort sind außerdem Bilder der Querschnitte enthalten.

Wird für die noch zu untersuchenden Querschnitte der Nachweis der Feuerwiderstandsdauer REI 90 erbracht, kann diese aus Sicht der Unterzeichner auch auf die weiteren Querschnitte der hier definierten Querschnittsklassen übertragen werden.

5 Zusammenfassung

Anlass und Gegenstand dieser Gutachterlichen Stellungnahme war die Untersuchung der vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) mit Schreiben vom 15. April 2014 aufgeführten Punkte und der Vergleichbarkeit der Querschnitte aus dem Portfolio der BVSF-Mitglieder mit den Versuchen aus HOLCOFIRE.

Zunächst werden in Abschnitt 2 die fünf identifizierten Versuche erläutert, die hinsichtlich der Punkte Prüflasten, Baustoffe und den Randbedingungen der Ausführungen der BVSF-Mitglieder entsprechen und auch hinsichtlich der Eigenschaften der untersuchten Querschnitte mit denen des Portfolios der Mitglieder des BVSF vergleichbar sind. Im Rahmen des HOLCOFIRE Projektes wurden dabei die Querschnitte der BVSF-Mitglieder den 57 Versuchen zugeordnet. Die Abweichungen hinsichtlich der wesentlichen Eigenschaften wurden soweit wie möglich quantifiziert, indem der jeweilige Querschnitt aus dem BVSF-Portfolio als Referenz herangezogen und die Abweichung zu den zugeordneten Versuchen bestimmt wurde. Die meisten der 57 Versuche konnten dabei nicht berücksichtigt werden, weil entweder keine oder keine hinreichend beschriebene Ringankerkonstruktion vorlag oder eine Feuerwiderstandsdauer von 90 min nicht erreicht wurde (planmäßig oder unplanmäßig). Die Zuordnung der zur weiteren Bewertung der Tragfähigkeit im Brandfall von Spannbetonhohldecken identifizierten Versuche mit den Querschnitten der BVSF-Mitglieder ist abschließend als tabellarische Übersicht dargestellt.

Abschnitt 3 bewertet in einem nächsten Schritt den Grad der Dehnbehinderung, der durch die vorhandene Ringankerkonstruktion vorliegt. Die Prüfberichte der Versuche H74, H75, H78 und H79 enthalten keine Aussagen zum Grad der Dehnbehinderung und im Bericht zu den HOLCOFIRE-Versuch G6 werden die resultierenden Zwangkräfte durch die gemessenen Dehnungen der Bewehrung in Längsrichtung abgeschätzt. Die eigene Ermittlung der Dehnbehinderung durch die Ringankerkonstruktion berücksichtigt die Dehn- und Biegesteifigkeiten sowohl in Längs- als auch Querrichtung und bewertet die beiden maßgebenden Situationen, die Ecke des Deckenfeldes und die Mittelpunkte der Kanten. Auf Grundlage der Querschnittsgeometrie der Ringanker und der Materialsteifigkeiten kann die Dehn- und Biegesteifigkeit ermittelt und mit den Längen der Ringanker auch Federkonstante berechnet werden. Dieser vereinfachte Ansatz ermöglicht im Ausblick auch den Vergleich mit in der Praxis vorhandenen Auflagersituationen, welcher hier nur qualitativ in Abschnitt 3.3 aufgeführt ist. Es kann aber gezeigt werden, dass sowohl der gewählte Aufbau aus HOLCOFIRE G6 als auch die Versuche H74, H75, H78 und H79 denen in der Baupraxis üblichen Auflagersituationen bei unterschiedlicher Querdehnbehinderung entsprechen.

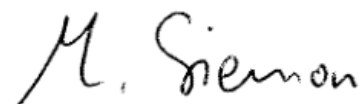
In Abschnitt 4 wird das Portfolio der BVSF-Mitglieder anhand einer Vielzahl von Querschnittseigenschaften in Querschnittsgruppen eingeteilt, die durch vergleichbare geometrische Eigenschaften charakterisiert sind. Dabei wurden insgesamt 5 Querschnittsgruppen und ein als Einzelquerschnitt nicht ohne weiteres zuzuordnender Querschnitt definiert. Wichtige Eigenschaften waren hier die Querschnittshöhe, die Geometrie der Hohlkammern, die Anzahl der Spannstahlstäbe pro Steg sowie das Verhältnis der Summe der Stegbreiten zur Querschnittshöhe. Die bereits in Abschnitt 2 durchgeführte Zuordnung der Versuche aus HOLCOFIRE zu den Querschnitten des BVSF-Portfolios zeigt nun, dass diese für die Querschnittsgruppen **2**, **3** und **5** als Nachweis der Tragfähigkeit im Brandfall nach allen vom DIBt im Schreiben vom 15.04.2014 genannten Punkten herangezogen werden können. Die weiteren Querschnittsgruppen können nicht durch Versuche aus dem HOLCOFIRE-Bericht nachgewiesen werden. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass die Einteilung in Querschnittsgruppen keine scharfe Trennung erlaubt, da der Einfluss der einzelnen Parameter auf die Tragfähigkeit im Brandfall noch ungeklärt ist.

Wir empfehlen, dass der Brandschutz in der Zulassung nach DIN EN 1168: 2011-12, Abschnitt 4.3.4 in Verbindung mit Annex G ohne Einschränkung zu regeln ist.

Braunschweig, den 22. Juli 2014



Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Zehfuß



Dipl.-Ing. M. Siemon

6 Anhang

Tab. 6.1: Zuordnung der SFD-Querschnitte des BVSF zu den Versuchen aus HOLCOFIRE

Oberndorfer				Oberndorfer	Hersteller
V-6-200	H137	H44		V-8-160	Plattentyp lt. Zulassung
	FR	FR			Auflagerbedingung (FR, FX, CL, BSF, BPT, EB, U)
200	160	160		160	Plattendicke [mm]
	0,00%	0,00%			Abweichung [%]
1196	1200	1200		1196	Plattenbreite [mm]
	0,33%	0,33%			Abweichung [%]
50/60	60	50		50/60	Betonfestigkeit
	0,00%	16,67%			Abweichung [%]
3	1	2		1	Hohlkörpergeometrie
6	8	9		8	Anz. Hohlräume
	0,00%	12,50%			Abweichung [%]
1	1	1		1	Anz. Hohlraumformen
140	110	76		105	Hohlraum- breite [mm]
	4,76%	27,62%			Abweichung [%]
45	29	44,6		34	Stegbreite [mm]
	14,71%	31,18%			Abweichung [%]
30	25	30		28	Spiegeldicke oben [mm]
	10,71%	7,14%			Abweichung [%]
30	25	30		28	Spiegeldicke unten [mm]
	10,71%	7,14%			Abweichung [%]
132590	109789,2	126173,03		117640	Querschnittsfläche [mm ²]
	6,67%	7,25%			Abweichung [%]
7 Ø 12,5	9 Ø	10 Ø		9 Ø 9,3	max. Spannbewehrung unten
859,03				611,36	Querschnittsfläche Spannbewehrung unten [mm ²]
	-	6 Ø			max. Spannbewehrung oben
					Querschnittsfläche Spannbewehrung oben [mm ²]
	90	90			REI [min]
	94	90			Brandversuchsdauer [min]
	1				sonstige Bemerkungen
	5,3%	12,2%			Gesamtabweichung [%]

Oberndorfer		Oberndorfer				Oberndorfer
V-4-400	H139	V-4-320	H79	H64	V-5-265	H78
	FR		EB, FR	FR		EB, FR
400	320	320	265	265	265	200
	0,00%		0,00%	0,00%		0,00%
1196	1200	1196	1200	1200	1196	1200
	0,33%		0,33%	0,33%		0,33%
50/60	60	50/60	55	60	50/60	55
	0,00%		8,33%	0,00%		8,33%
3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	5	5	5	6
	0,00%		0,00%	0,00%		0,00%
1	1	1	1	1	1	1
210	217	210	183	183	172	151
	3,33%		6,40%	6,40%		7,86%
64	58	64	40	40	50	38
	9,38%		20,00%	20,00%		15,56%
40	35	40	35	35	40	24
	12,50%		12,50%	12,50%		20,00%
40	35	40	35	30	40	24
	12,50%		12,50%	25,00%		20,00%
223680	179965,38	197870	156860,59	149683,64	171380	114283,14
	9,05%		8,47%	12,66%		13,81%
14 Ø 12,5	13 Ø	13 Ø 12,5	10 Ø	8 Ø	10 Ø 12,5	7 Ø
1718,06		1595,34			1227,18	
2 Ø 9,3	2 Ø	2 Ø 9,3		-	2 Ø 9,3	-
135,86		135,86			135,86	
	90		90	90		90
	105		135	90,4		123
	3			2		
	5,2%		7,6%	8,5%		9,5%

Kastell		Kastell				Kastell			
V8/200-	H96	V8/180-	H66	H63	V8/160-	H65			
	FR		FR	FR		FR			
200	185	180	160	160	160	400			
	2,78%		0,00%	0,00%		0,00%			
1197	1197	1197	1200	1200	1197	1200			
	0,00%		0,25%	0,25%		0,33%			
mind, Kastell	62,5	mind, Kastell	U	U	mind, Kastell	61			
	13,64%					1,67%			
1	1	1	3	3	1	3			
8	7	8	11	11	8	4			
	12,50%		37,50%	37,50%		0,00%			
1	1	1	1	1	1	1			
100	114	100	68	68	100	183			
	14,00%		32,00%	32,00%		12,86%			
39	36	39	31	31	39	40			
	7,69%		20,51%	20,51%		37,50%			
50	39	40	26	26	30	35			
	2,50%		13,33%	13,33%		12,50%			
50	32	40	24	24	30	30			
	20,00%		20,00%	20,00%		25,00%			
168000	142978,68	145000	112111	112111	122000	208850,11			
	1,39%		8,11%	8,11%		6,63%			
9 Ø 1/2"	8 Ø	9 Ø 1/2"	20 Ø	10 Ø	9 Ø 3/8"	8 Ø			
1140,09		1140,09			641,3				
4 Ø 3/8"		2 Ø 3/8"	4 Ø	3 Ø	2 Ø 3/8"	-			
285,02		142,51			142,51				
	60		120	60		90			
	21		153	84		90			
			1	1		4			
	8,3%		16,5%	16,5%		10,7%			

	Kastell		Kastell		Kastell		Kastell
H150	V5/250-	H97	V6/220-	H132	V6/200-	H113	
FR		FR		KA		FR	
250	250	220	220		200	200	
0,00%		0,00%		100,00%		0,00%	
1200	1196	1197	1196		1196	1197	
0,33%		0,08%		100,00%		0,00%	
35	mind, AFCE	61,4	mind, AFCE	U	mind, AFCE	65	
36,36%		11,64%		#WERT!		18,18%	
2	3	2	1		1	2	
11	5	7	6		6	7	
120,00%		16,67%		100,00%		12,50%	
1	1	1	1	?	1	1	
60	163	149	145		145	121,38	
63,19%		2,76%		100,00%		21,38%	
40	59		42,6		42,6	45	
32,20%		100,00%		100,00%		15,38%	
35	40	39	37,5		28	39	
12,50%		4,00%		100,00%		22,00%	
35	40	32	37,5		28	33	
12,50%		14,67%		100,00%		34,00%	
182173,84	185000	155403,68	156000		133000	147582,7	
1,53%		0,38%		100,00%		12,15%	
10 Ø	14 Ø 1/2"	8 Ø 9,3	7 Ø 1/2"	?	7 Ø 1/2"	8 Ø	
	1773,48	543,43	886,74		886,74		
-	4 Ø 1/2"	-	4 Ø 1/2"	?	4 Ø 3/8"	-	
	506,71		506,71		285,02		
90		60		U		U	
92		26		35		117	
		2					
31,0%		16,7%		88,9%		15,1%	

		Kastell		Kastell		Kastell		Kastell
H108	H65	V4/400-	H139	V4/320-	H60	V5/265-		
FR	FR		FR		EB, FR			
403	400	400	320	320	265	265		
0,75%	0,00%		0,00%		0,00%			
561	1200	1197	1200	1197	1198	1196		
53,13%	0,25%		0,25%		0,17%			
67	61	mind, 4000	60	mind, 4000	61,1	mind, 4000		
21,82%	10,91%		9,09%		11,09%			
2	3		3	3	1	3		
1 + 2*0,5	5	4	4	4	5	5		
50,00%	25,00%		0,00%		0,00%			
2	1	1	1	1	1	1		
193,7	183	213	217	215	149	163		
9,06%	14,08%		0,93%		8,59%			
69 o, 77	40	62	58	60	700d, 730d	59		
17,74%	35,48%		3,33%		23,73%			
51	35	50	35	40	62/63/61	40		
2,00%	30,00%		12,50%		55,00%			
40	30	45	35	40	54/56	40		
11,11%	33,33%		12,50%		37,50%			
116730,94	208850,11	236000	179965,38	206000	212747,81	197000		
50,54%	11,50%		12,64%		7,99%			
8 Ø	8 Ø	16 Ø 1/2"	13 Ø	13 Ø 1/2"	10 Ø	14 Ø 1/2"		
		2026,83		1646,8		1773,48		
-	-	3 Ø 1/2"	2 Ø	3 Ø 1/2"	-	3 Ø 1/2"		
		380,03		380,03		380,03		
60	90		90		120			
60	90		105		66			
	4		3		1			
24,0%	17,8%		5,7%		16,0%			

DW Systembau							DW Systembau	
MV5/265-	H43	H42	H2	H1	A150	H111		
	FR	FR	FR	FR		FX		
265	160	140	120	140	150	399		
	6,67%	6,67%	20,00%	6,67%		0,25%		
1196	497	497	497	497	1196	582		
	58,44%	58,44%	58,44%	58,44%		51,38%		
mind, AFCE	50	Cu 50	30	30	mind, AFCE	68,6		
	9,09%	9,09%	45,45%	45,45%		24,73%		
	2	2	2	2	2	2		
5	5	5	5	5	11	1 + 2*0,5		
	54,55%	54,55%	54,55%	54,55%		50,00%		
1	1	1	1	1	1	2		
167	50	75	50	50	60	193,7		
	16,67%	25,00%	16,67%	16,67%		9,06%		
55	25	25		25	40	69 0, 77		
	37,50%	37,50%	100,00%	37,50%		17,74%		
34	42	42	22	42	30	51		
	40,00%	40,00%	26,67%	40,00%		2,00%		
31	42	22	22	22	30	40		
	40,00%	26,67%	26,67%	26,67%		11,11%		
168440	62666,99	49893,35	30903,67	40703,67	126290	116432,43		
	50,38%	60,49%	75,53%	67,77%		50,66%		
12 Ø 12,5	5 Ø	6 Ø	6 Ø	6 Ø	12 Ø 9,3	8 Ø		
1472,62					815,15			
2 Ø 9,3	3 Ø	4 Ø	2 Ø	2 Ø	6 Ø 5	-		
135,86					117,81			
	90	30	60	120		60		
	95	47	67	129		30		
			1	1				
	34,8%	35,4%	47,1%	39,3%		24,1%		

		DW Systemba							
H75	H74	MV4/400-	H62	H57	H56	H51			G6
BPT,FR	BPT,FR		EB,FR	EB, FR	EB, FR	BPT,FR			
420	420	400	265	265	263	265			265
5,00%	5,00%		0,00%	0,00%	0,75%	0,00%			0,00%
1196	1196	1196	1200	1200	1197	1200			1196
0,0%	0,0%		0,33%	0,33%	0,08%	0,33%			0,00%
54	59	45/55	73,8	70,5	62	59,3			45/55
1,82 %	7,27 %		34,18%	28,18%	12,73%	7,82%			0,00%
3	3		3	3	3	3			3
4	4	4	5	5	5	5			5
0,00%	0,00%		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%			0,00%
1	1	1	1	1	1	1			1
230	230	215	118	190,4	Ø 189,8	186			167
6,98%	6,98%		29,34%	14,01%	113,65%	11,38%			0,00%
53	53	60	37	37	40,5	36			55
11,67 %	11,67 %		0,00%	0,00%	9,46%	2,70%			0,00%
43	43	50	39/35/32	30	38/40	30			35
14,00%	14,00%		2,94%	11,76%	14,71%	11,76%			2,94%
50	50	40	30	30	Ø 33	30			30
25,00 %	25,00 %		3,23%	3,23%	6,45%	3,23%			3,23%
219621	219621	228990	143553,4	143553,4	137937,89	147270,37			
4,09%	4,09%		14,77%	14,77%	18,11%	12,57%			100,00%
13 Ø 12,5	13 Ø 12,5	13 Ø 12,5	6 Ø	6 Ø 12,5	10 Ø	4 Ø			
1595,34	1595,34	1595,34		736,31					
6 Ø 5	6 Ø 5	6 Ø 5	-	-	-	-			
117,81	117,81	117,81							
120	120		60	60	60	60			
120	120		83	39	60	60			165
			1			1			
7,6%	8,2%		9,4%	8,0%	19,5%	5,5%			11,8%

Erläuterungen zu Tab. 6.1:

Abkürzungen der Auflagerbedingungen:

FR: Free in translation and rotation
FX: Fixed, not free in translation, and free in rotation
CL: Clamped not free in translation and rotation
BSF: Blocking steel frame
BPT: Blocking concrete peripheral tie
EB: End Beam
U: Unknown

Bemerkungen:

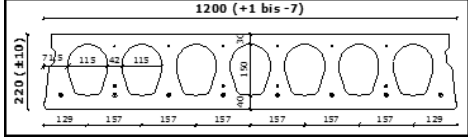
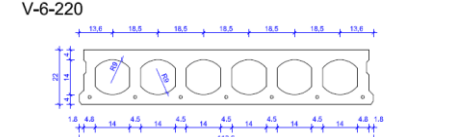
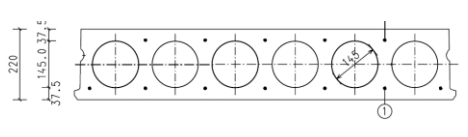
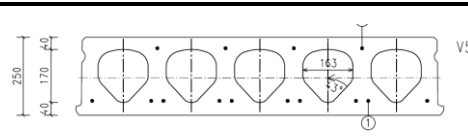
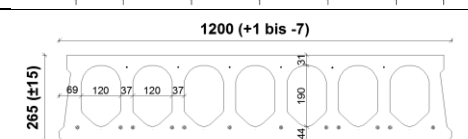
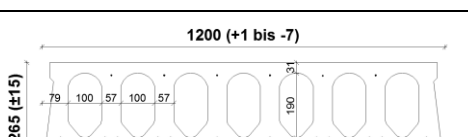
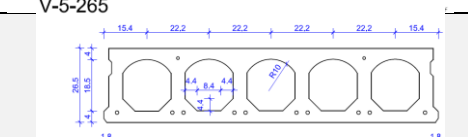
- 1: Dehnbehinderung nicht identifizierbar
- 2: Keine Dehnbehinderung vorhanden
- 3: Keine Dehnbehinderung, keine Belastung
- 4: Keine Dehnbehinderung in Längsrichtung

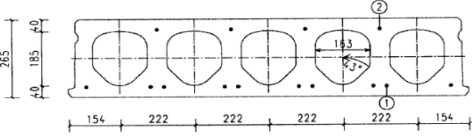
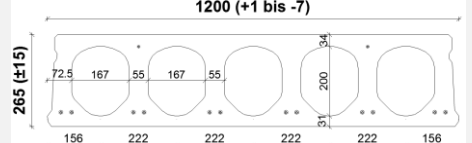
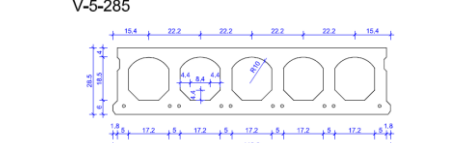
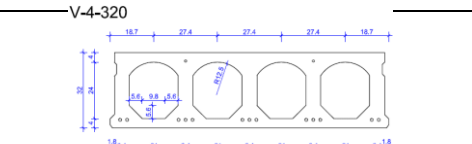
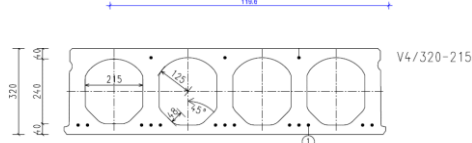
Die identifizierten Versuche sind mit fetten Schriftzeichen markiert. Die bewerteten Abweichungen der entsprechenden Parameter sind ungewichtet.

Tab. 6.2: Portfolio SFD-Querschnitte des BVSF und Abdeckung durch Versuche

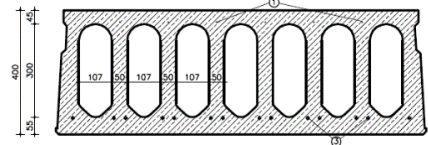
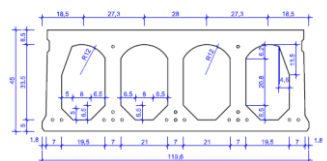
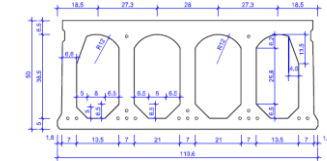
Bezeichnung	VB/ DW	Heidelberger/ Kastell	Oberndorfer	sonstige	Dicke	Hohlräume	Stegbreite	Höhe Steg mit konstanter Dicke	Anfang Steg mit konstanter Dicke	Hohlraumbreite	Spiegel Dicke oben der SFD Decken	Spiegel Dicke unten (SFD Decken)	Hohlkörpergeometrie	Max. Spann-bewehrung pro Steg	Stegbreite zu Plattenhöhe	Querschnittsdarstellung
					[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]				
SFD 150-11-60	A15B (A150)				150	11	40	18	70	60	30	30	2	1 Ø9,3	3,20	
SFD 160-8-100		V8/160-100			160	8	39	0	80	100	30	30	1	1 Ø12,5	2,19	
SFD 180-11-60	A180				180	11	40	48	70	60	30	30		1 Ø9,3	2,67	
SFD 180-8-100		V8/180-100			180	8	39	0	90	100	40	40	1	1 Ø12,5	1,95	

SFD 180-8-105			V-8-180		180	8	34	0	90	105	37,5	37,5	1	$\overset{1}{\text{Ø12,5}}$	1,70	
SFD 200-11-60	A20Q				200	11	40	68	70	60	30	30		$\overset{1}{\text{Ø12,5}}$	2,40	
SFD 200-8-100		V8/200-100			200	8	39	0	100	100	50	50	1	$\overset{1}{\text{Ø12,5}}$	1,76	
SFD 200-8-105			V-8-200		200	8	34	0	100	105	47,5	47,5	1	$\overset{1}{\text{Ø12,5}}$	1,53	
SFD 200-7-115	A20B (A200)				200	7	42	27	91	115	31	39	1	$\overset{1}{\text{Ø12,5}}$	1,68	
SFD 200-6-140	A20C		V-6-200		200	6	45	74	63	140	30	30	1	$\overset{1}{\text{Ø12,5}}$	1,58	
SFD 200-6-145	A20L (C200)	V6/200-145			200	6	42,6	0	100	145	27,5	27,5	1	$\overset{1}{\text{Ø12,5}}$	1,49	

SFD 220-7-115	A220				220	7	42	47	91	115	31	39	2	$\overset{1}{\text{Ø12,5}}$	1,53	
SFD 220-6-140		V-6-220			220	6	45	74	63	140	40	40	1	$\overset{1}{\text{Ø12,5}}$	1,43	
SFD 220-6-145		V6/220-145			220	6	42,6	0	110	145	37,5	37,5	1	$\overset{1}{\text{Ø12,5}}$	1,36	
SFD 250-5-163		V5/250-163			250	5	59	43	118	163	40	40	2	$\overset{3}{\text{Ø12,5}}$	1,42	
SFD 265-7-120	A26B (AF 265)				265	7	37	80	95	120	31	44	3	$\overset{2}{\text{Ø12,5}}$	1,12	
SFD 265-7-100	A26Q (AQ265)			A265-100	265	7	57	101	95	100	31	44	3	$\overset{2}{\text{Ø12,5}}$	1,72	
SFD 265-5-172		V-5-265			265	5	50	92	84	172	40	40	1	$\overset{2}{\text{Ø12,5}}$	1,13	

SFD 265-5-163		V5/265-163			265	5	59	58	118	163	40	40	2	³ Ø12,5	1,34	
SFD 265-5-167	A26C (C265)	V5/265-167			265	5	55	69	100	167	34	31	1	² Ø12,5	1,25	
SFD 260-7-117	A260				260	7	40	83	92	117	35	45		² Ø12,5	1,23	
SFD 285-5-172			V-5-285		285	5	50	92	104	172	40	60	1	² Ø12,5	1,05	
SFD 320-7-112	A320				320	7	45	130	93	112	40	45		² Ø12,5	1,13	
SFD 320-4-210			V-4-320		320	4	64	127	96	210	40	40	1	³ Ø12,5	1,00	
SFD 320-4-215		V4/320-215			320	4	60	86	94	215	40	40	1	³ Ø12,5	0,94	

SFD 320-4-220	A32B (C320)			V4/320-220	320	4	55	98	115	220	41	35	1	3 Ø12,5	0,86	
SFD 340-4-210			V-4-340		340	4	64	127	116	210	40	60	1	3 Ø12,5	0,94	
SFD 350-4-215		V4/350-215			350	4	60	86	109	215	55	55	1	3 Ø12,5	0,86	
SFD 400-4-213		V4/400-213			400	4	62	161	139	213	45	50	3	4 Ø12,5	0,78	
SFD 400-4-215	A40B (CF400)			V4/400-215	400	4	60	170	120	215	50	40	3	4 Ø12,5	0,75	
SFD 400-4-210			V-4-400		400	4	64	202	96	210	40	40	3	4 Ø12,5	0,80	

SFD 400-7-107	A400				400	7	50	200	100	107	45	55	4	2 Ø12,5	1,00	
SFD 450-4-210			V-4-450		450	4	70	208	115	210	65	50	3	4 Ø12,5	0,78	V-4-450 
SFD 500-4-210			V-4-500		500	4	70	258	115	210	65	50	3	4 Ø12,5	0,70	V-4-500 

7 Literaturverzeichnis

- [1] Jansze, W.; van Acker, A. et al.: Technical Paper, Project HOLCOFIRE, HOLCOFIRE Database – Meta-analysis on 162 Fire Test Results Executed Between 1966-2010, bibm, the European Federation for Precast Concrete, Brussels, 18 Juni 2013
- [2] Jansze, W.; van Acker, A. et al.: Technical Paper, Project HOLCOFIRE, Fire resistance of hollow core floors, Fire Tests to Validate the Shear and Anchorage Capacity According to EN1168:2005+A3:2011 Annex G, bibm, the European Federation for Precast Concrete, Brussels, 26 September 2012
- [3] Jansze, W.; van Acker, A. et al.: Structural Behaviour of Prestressed Concrete Hollowcore Floors Exposed to Fire, bibm, the European Federation for Precast Concrete, Brussels, 24 Januar 2014
- [4] DIN EN 1992-1-1:2011-01, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln für den Hochbau
- [5] DIN EN 1168, Betonfertigteile – Hohlplatten; Deutsche Fassung EN 1168:2005 +A3:2011; Anhang G: Feuerwiderstand
- [6] Prüfzeugnis mit BV-Zahl 3391/93 des IBS – Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung Gesellschaft m.b.H, staatlich autorisierte Prüf- und Versuchsanstalt, Prüfgegenstand: Variax-Spannbetonhohldeckenelemente V6/20, 13. September 1993 (*Bez. in HOLCOFIRE: H78*)
- [7] Prüfzeugnis mit BV-Zahl 3350/93, IBS – Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung Gesellschaft m.b.H, staatlich autorisierte Prüf- und Versuchsanstalt, Prüfgegenstand: Variax-Spannbetonhohldeckenelemente V6/265, 04. Mai 1993 (*Bez. in HOLCOFIRE: H79*)
- [8] Hosser, D.; Richter, E.: Bewertung von großmaßstäblichen Brandversuchen im Projekt HOLCOFIRE im Hinblick auf die Gültigkeit der „Zwischenlösung für die Regelung des Brandschutzes in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen von Spannbeton-Hohlplatten“ vom 6. April 2010, Gutachterliche Stellungnahme, Braunschweig, 10. Januar 2013

- [9] Prüfbericht, Research Report No. PAL 00360/90a, VTT – Technical Research Centre of Finland, Fire Technology Laboratory, Prüfgegenstand: Spannbetonhohldeckenelemente L4 A120, September 1990 (*Bez. in HOLCOFIRE: H74*)

- [10] Prüfbericht, Research Report No. PAL 00360/90b, VTT – Technical Research Centre of Finland, Fire Technology Laboratory, Prüfgegenstand: Spannbetonhohldeckenelemente L4 A120, Oktober 1990 (*Bez. in HOLCOFIRE: H75*)