

**Tragfähigkeits-
untersuchungen von
langen Blechen als
Einbauteilen zur
Erhöhung der
Durchstanztragfähigkeit**

Fachbericht 2

Deckenausschnitte mit gelochten langen
Blechen (P,R,V,Y und Z)
und
gekanteten langen Blechen
(HF,HG,HH,HI)

Andrejus Gildenstern

Inhaltsverzeichnis

1.	Versuchskörper
1.1	Geometrie
1.2	Versuchsdurchführung und Messung
1.3	Versuchsanlage
1.4	Bewehrung.....
1.5	Beton
2.	Aufbau der Versuchskörper.....
2.1	Prüfkörper P.....
2.2	Prüfkörper R
2.3	Prüfkörper V.....
2.4	Prüfkörper Y.....
2.5	Prüfkörper Z.....
2.6	Prüfkörper HF
2.7	Prüfkörper HG.....
2.8	Prüfkörper HH.....
2.9	Prüfkörper HI
3.	Zusammenstellung der Bruchlasten
4.	Mittelwerte zum Last-Verformungs-Verhalten.....
5.	Übersicht der Versuchskörper

1 Versuchskörper

1.1 Geometrie

Geprüft wurden Versuchskörper, die einen Ausschnitt aus einer Flachdecke im Bereich einer Innenstütze darstellen. Um realitätsgetreue Versuchsergebnisse zu erhalten, wurden die Versuchskörper mit praxisnahen Abmessungen hergestellt.

Die Dicke der Versuchskörper beträgt 25 cm. Die Stütze wird als Rundstütze ausgeführt mit einem Durchmesser von 30 cm und eine Höhe von 30 cm.

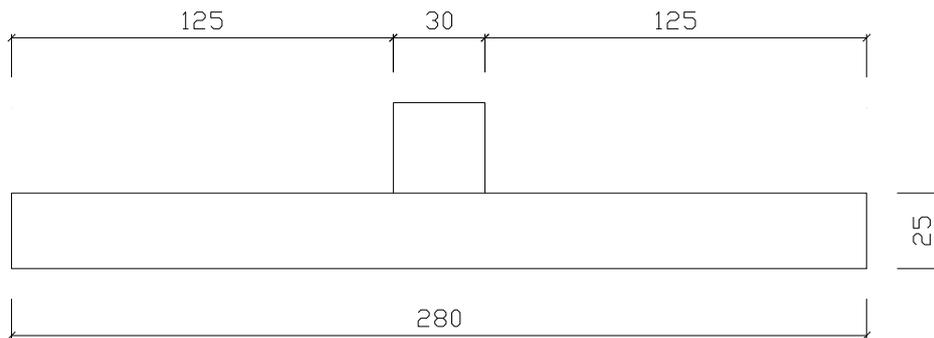


Bild 1.1.1 Vorderansicht

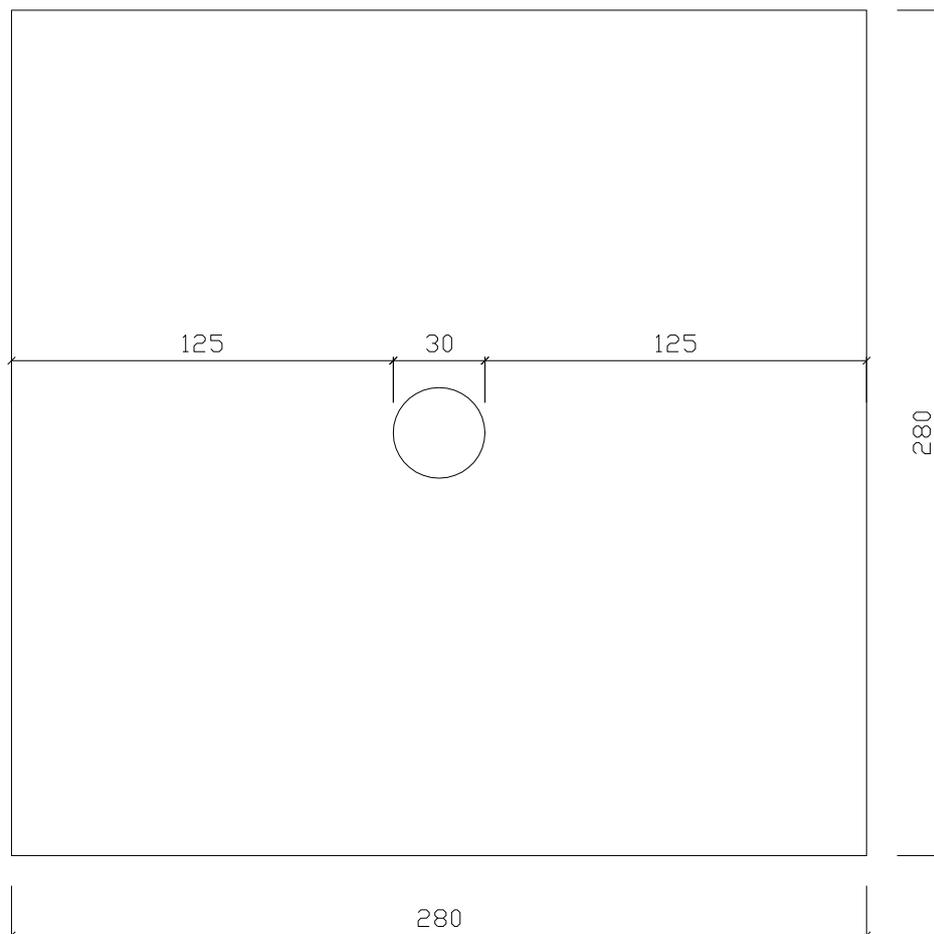


Bild 1.1.2 Draufsicht

1.2 Versuchsdurchführung und Messung

Die Platte wird auf zwölf hydraulische Einzelzylinder aufgesetzt. Die Einzelzylinder sind untereinander zu einem Ölkreislauf verbunden. Dadurch wird gewährleistet, dass alle zwölf Einzellasten immer gleich groß sind, unabhängig von unplanmäßigen Verschiebungen der Belastungskonstruktion und von unsymmetrischen Verformungen der Versuchsplatte. Die Einzellasten werden jeweils über zentrisch gelagerte, runde Druckplatten mit einem Durchmesser von 0,20 m in einer Kreisordnung mit einem Radius von 1,08 bzw. 1,20 m auf die Plattenoberseite geleitet. Durch diese Kreisordnung wird der Idealfall einer rotationssymmetrischen Belastung angenähert.

Bei den Versuchen wird die Last zunächst kontinuierlich auf eine Grundlast von 50 kN hochgefahren. Nach Erreichen der Grundlast erfolgt eine Weiterbelastung bis zur Gebrauchslast. Anschließend wird wieder auf den Wert der Grundlast entlastet. Dieser Lastwechsel wird neunmal durchgeführt, um ggf. das Rissbild auszuprägen und die Kornverzahnung in den Rissflächen zu verringern. Nach der zehnten Laststeigerung wird so lange weiterbelastet, bis die Bruchlast erreicht ist.

Zum Messen der Durchbiegung werden induktive Wegaufnehmer mit unterschiedlichen Messweglängen verwendet. Die Wegaufnehmer werden von unten an der Platte angeordnet.

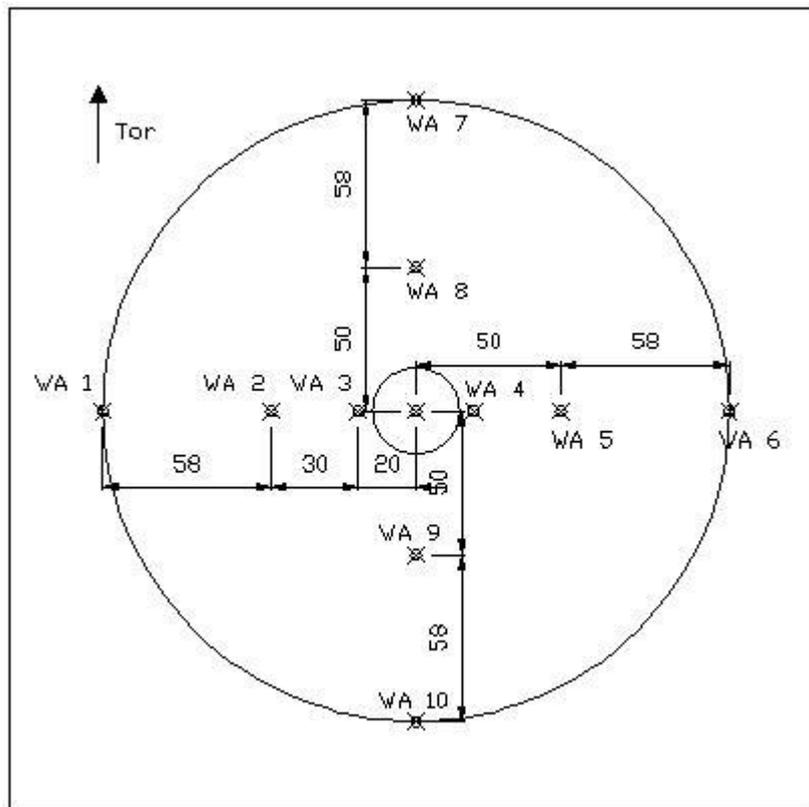
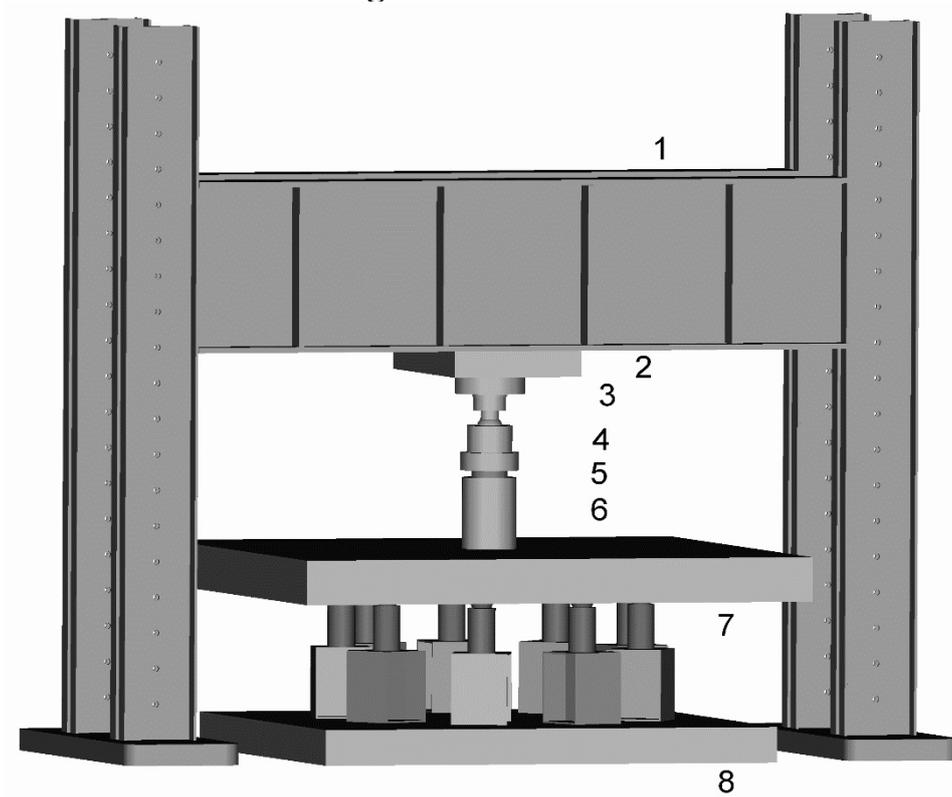


Bild 1.2.1 Lage der Messpunkte (Durchbiegung)

1.3 Versuchsanlage



- | | | | |
|---|------------------------|---|---|
| 1 | Spannfeldrahmen | 7 | 12 Prüfzylinder mit zentrisch gelagerten Druckplatten à |
| 2 | Stahlplatte d = 150 mm | | 200 kN, auf HEA 400 Unterstell- |
| 3 | Kraftmessdose 2000 kN | | stützen |
| 4 | Kugelgelenk | | |



Bild 1.3.1 Zylinder

Um auszuschließen, dass Reibungskräfte zwischen den Zylindern und der Betonplatte die Tragfähigkeit beeinflussen, wurden zwischen den Zylindern und dem Beton gefettete Stahlplatten eingelegt.

1.4 Bewehrung

Versuchskörper		P	R	V	Y	Z	HF	HG	HH	HI
Obere Bewehrung	Ø mm	20	20	20	20	20	15	15	15	15
Untere Bewehrung	Ø mm	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Bewehrungs- gehalt	cm ² /m	31,42	31,42	18,65	31,42	31,42	17,70	17,70	17,70	17,70
Plattendicke	cm	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Betondeckung	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Stat.Nutzhöhe	cm	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	21,0	21,0	21,0	21,0
Bewehrungs- prozentsatz	%	1,53	1,53	0,91	1,53	1,53	0,84	0,84	0,84	0,84

Tabelle 1.4.1

Der Stützenstummel besteht aus:

Längsbewehrung: 8 Stäbe mit $d_s = 20$ mm

Querkraftbewehrung: 5 geschlossene Bügel mit $d_s = 10$ mm
im Abstand von 60 mm

1.5 Beton

Der für die Versuchskörper benötigte Beton wurde im Betonwerk hergestellt und geliefert.

Von jeder Platte werden Probewürfel mit den Kantenlängen von $l = 150$ mm und mit $l = 200$ mm hergestellt.

Die Würfel mit den Kantenlängen von $l = 200$ mm werden zur Ermittlung der Festigkeitsentwicklung in regelmäßigen Abständen geprüft.

Jeweils 3 Würfel mit den Kantenlängen von $l = 150$ mm werden am selben Tag wie die Platten geprüft. Hieraus ergeben sich die unten in der Tabelle dargestellten mittleren Betonfestigkeiten.

Versuchskörper		P	R	V	Y	Z	HF	HG	HH	HI
Alter	[d]	9	8	11	9	9	10	12	13	12
Lagerungsart	[-]	Wasser ¹	Trocken ²	Trocken ²	Trocken ²	Trocken ²				
Festigkeit	[N/mm ²]	40	40,3	30	53,5	45,5	37	39,5	47,2	46,5

Tabelle 1.5.1

¹ Lagerung beim Versuchskörper, jedoch im Wasser - ² Lagerung entsprechend dem Versuchskörper

2 Aufbau der Versuchskörper

2.1 Versuchskörper P

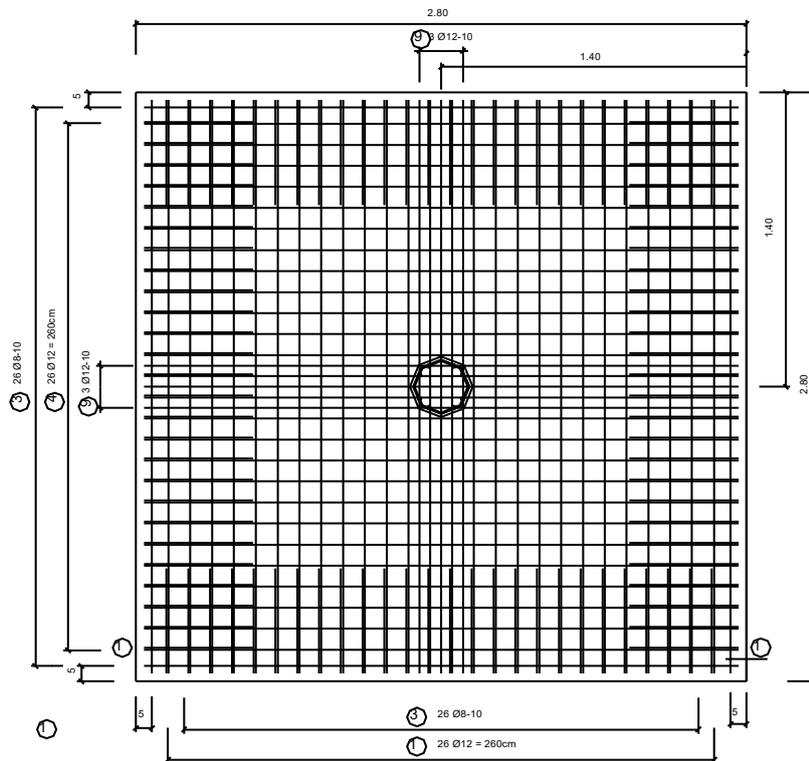


Bild 2.1.1: Untere Bewehrung des Versuchskörpers P

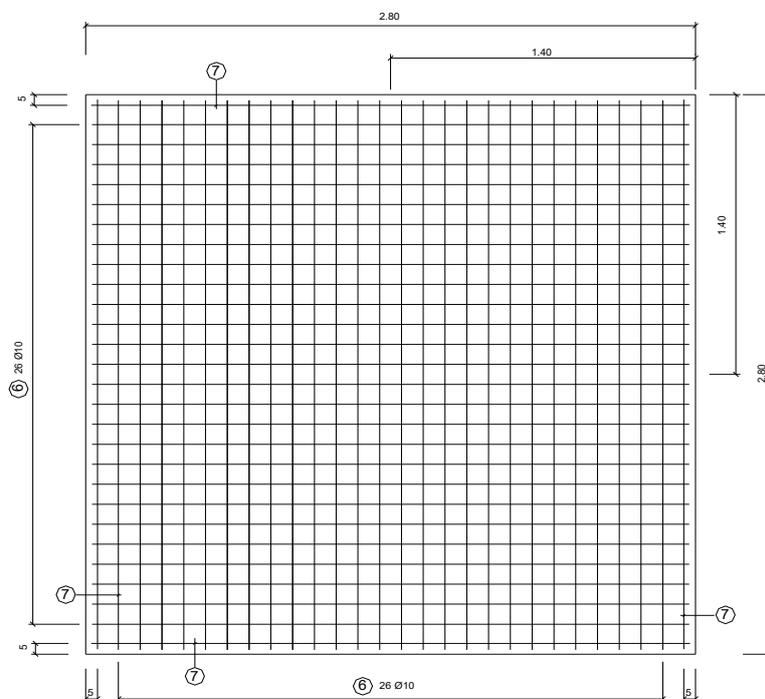


Bild 2.1.2: Obere Bewehrung des Versuchskörpers P

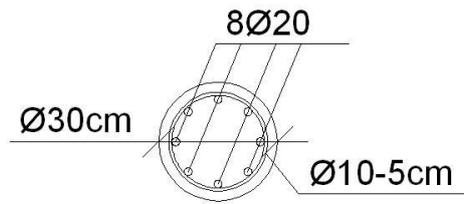


Bild 2.1.3: Stützenbewehrung des Versuchskörper P

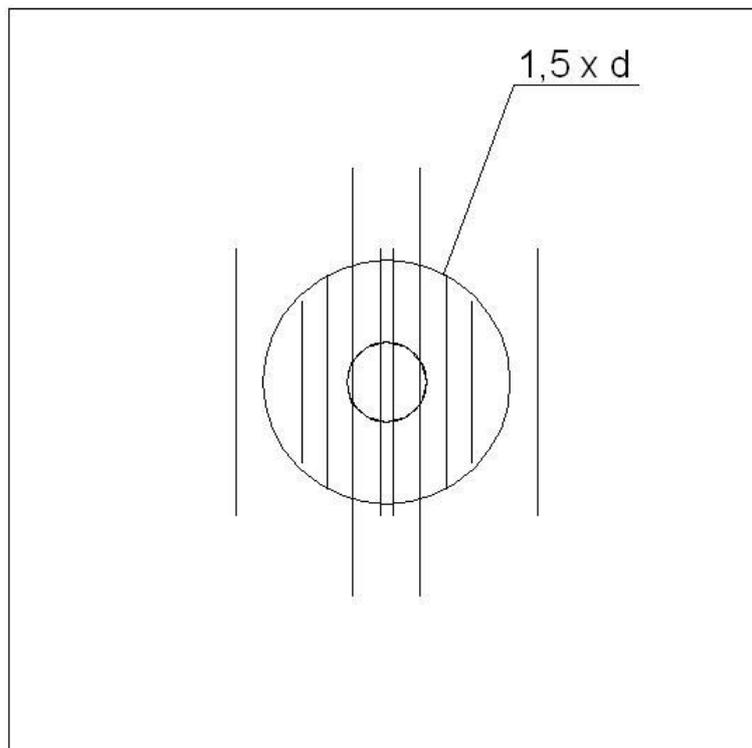


Bild 2.1.4: Lage der Einbauteile des Versuchskörpers P (10 Bleche)

2.2 Versuchskörper R

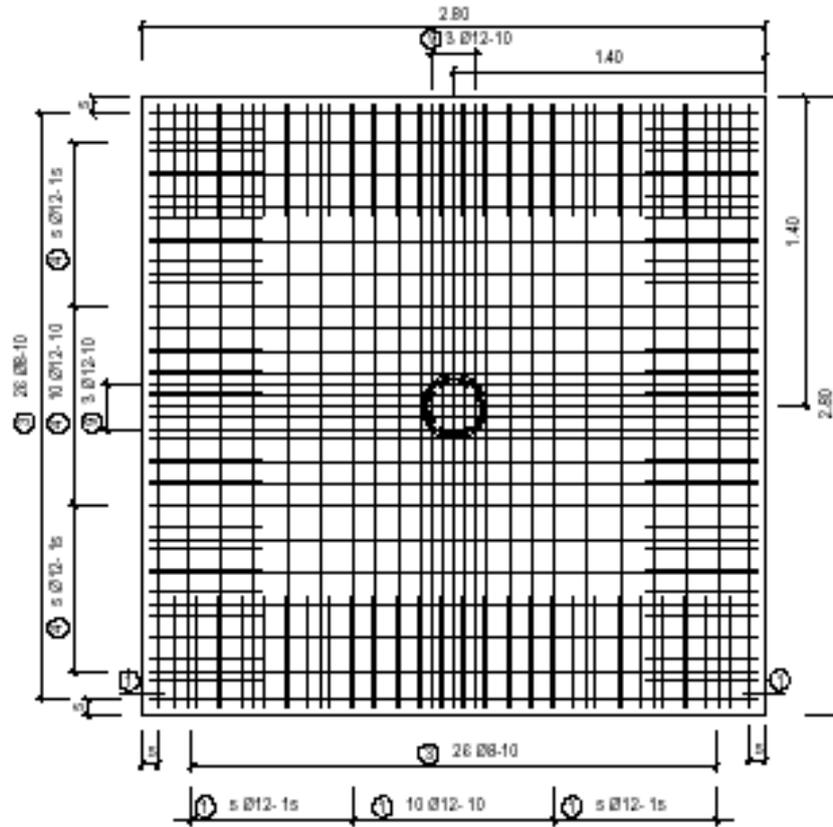


Bild 2.2.1: Untere Bewehrung des Versuchskörpers R

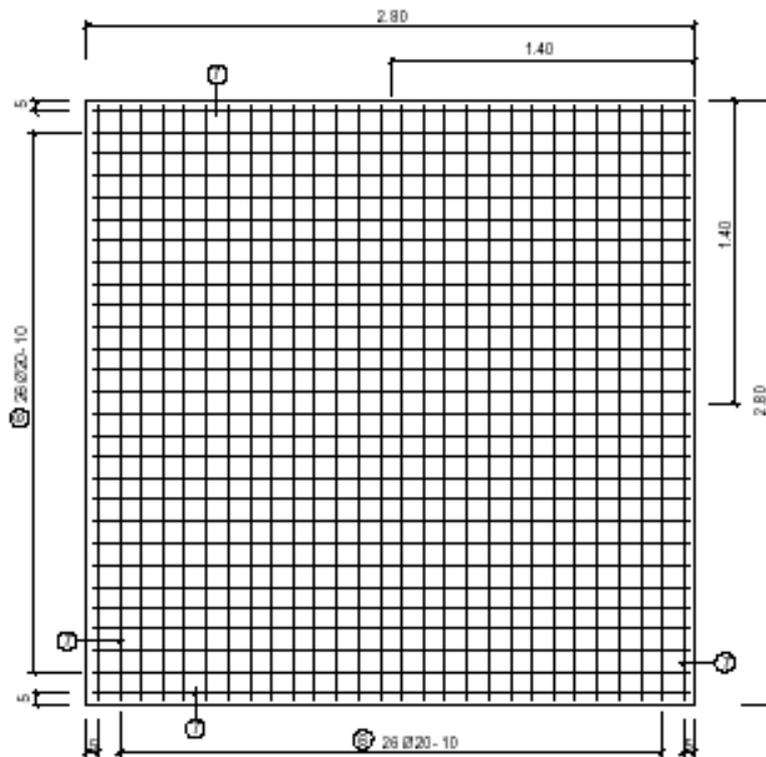


Bild 2.2.2: Obere Bewehrung des Versuchskörpers R

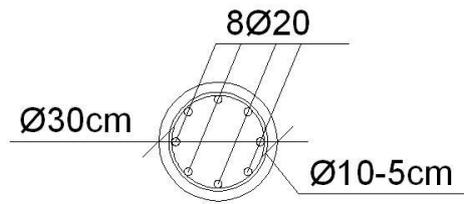


Bild 2.2.3: Stützenbewehrung des Versuchskörper R

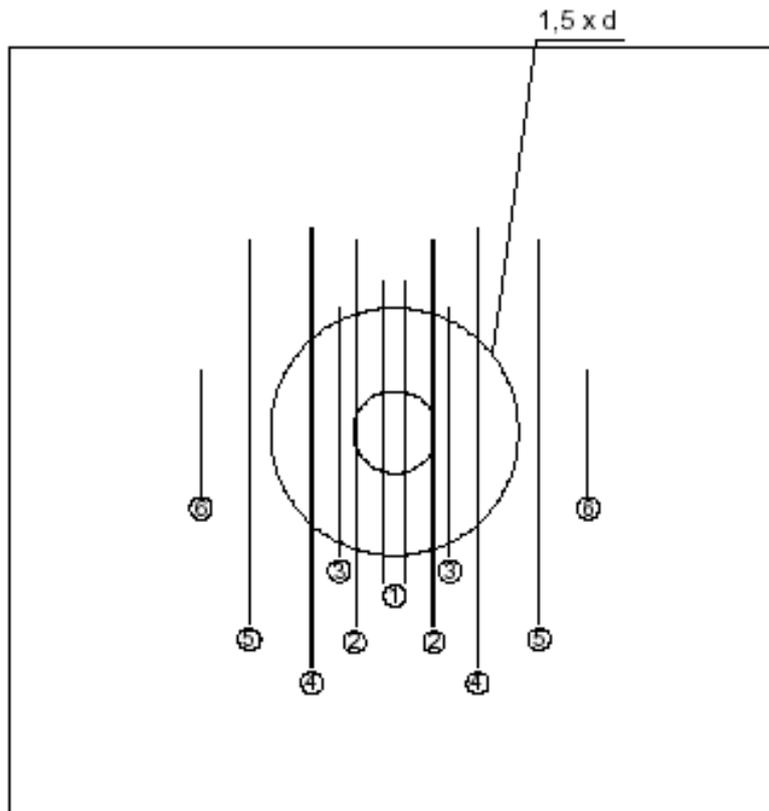


Bild 2.2.4: Lage der Einbauteile des Versuchskörpers R (12 Bleche)

2.3 Versuchskörper V

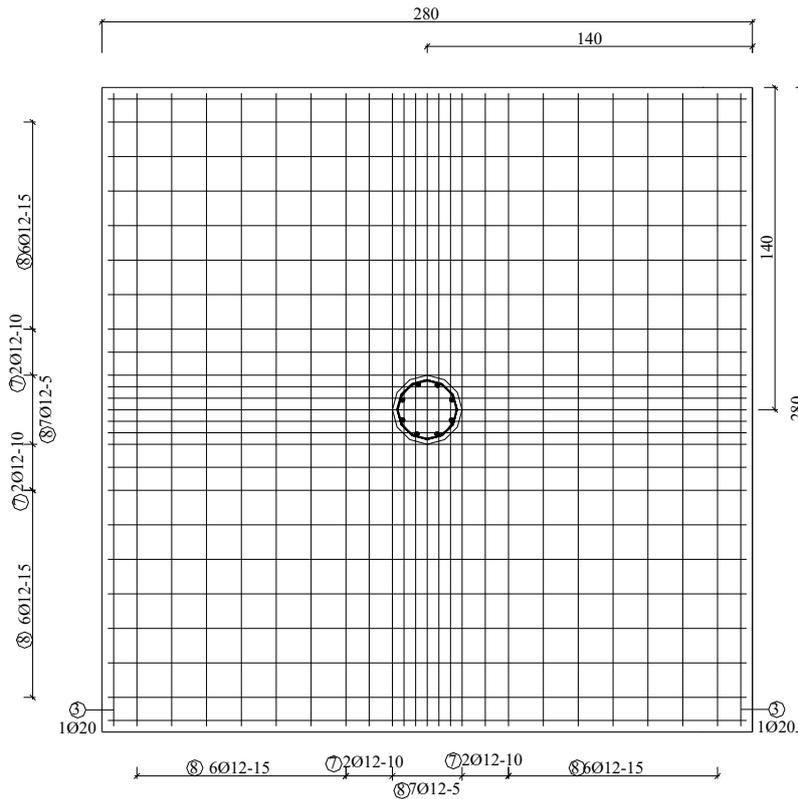


Bild 2.3.1: Untere Bewehrung des Versuchskörpers V

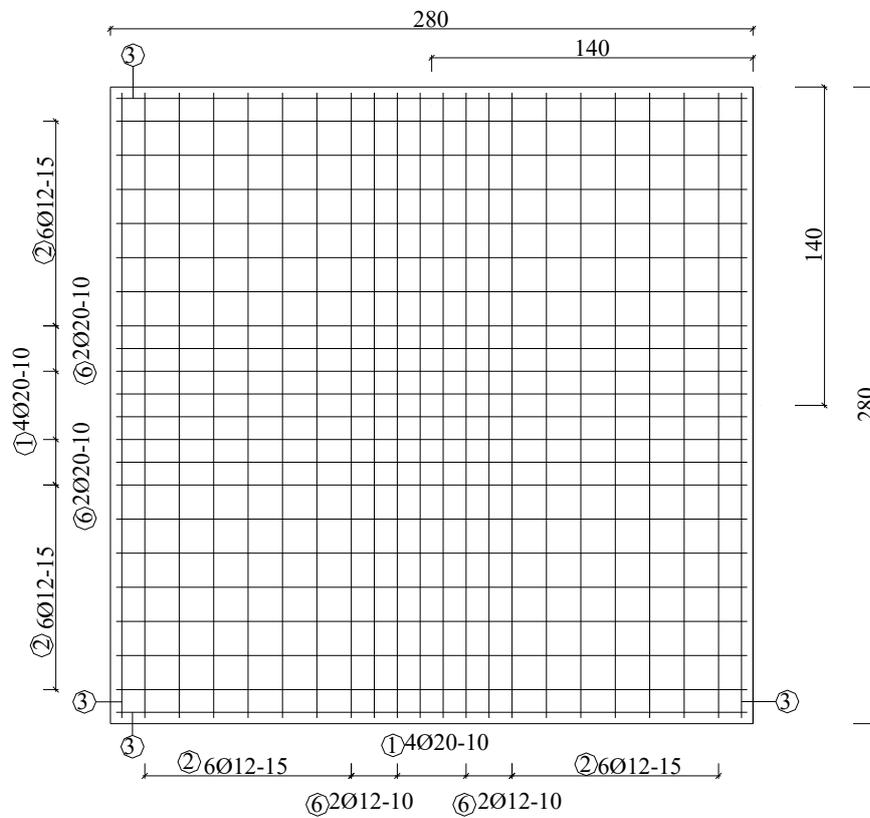


Bild 2.3.2: Obere Bewehrung des Versuchskörpers V

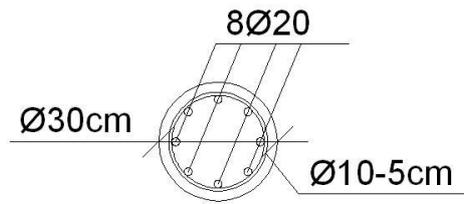


Bild 2.3.3: Stützenbewehrung des Versuchskörper V

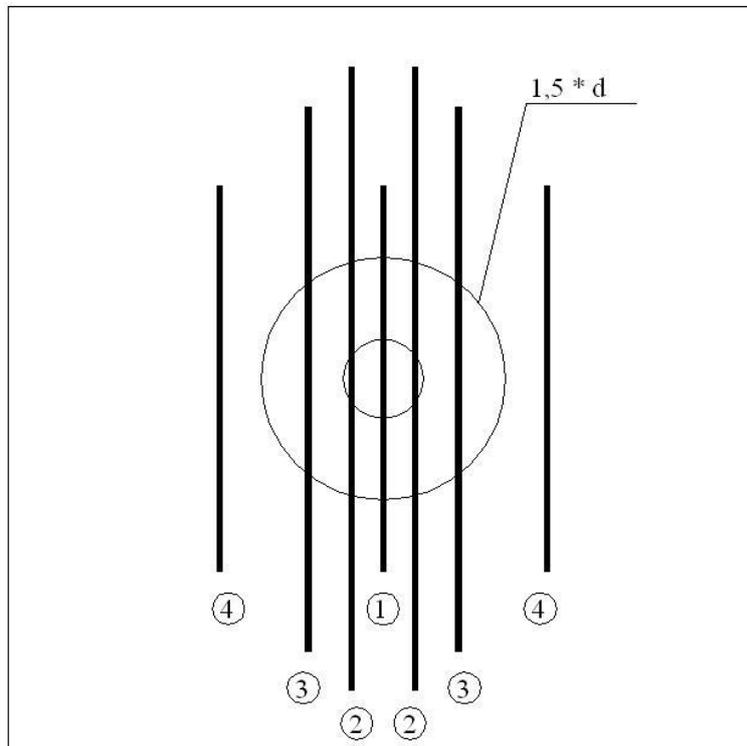


Bild 2.3.4: Lage der Einbauteile des Versuchskörpers V (7 Bleche)

2.4 Versuchskörper Y (Halbfertigteil – Decke)

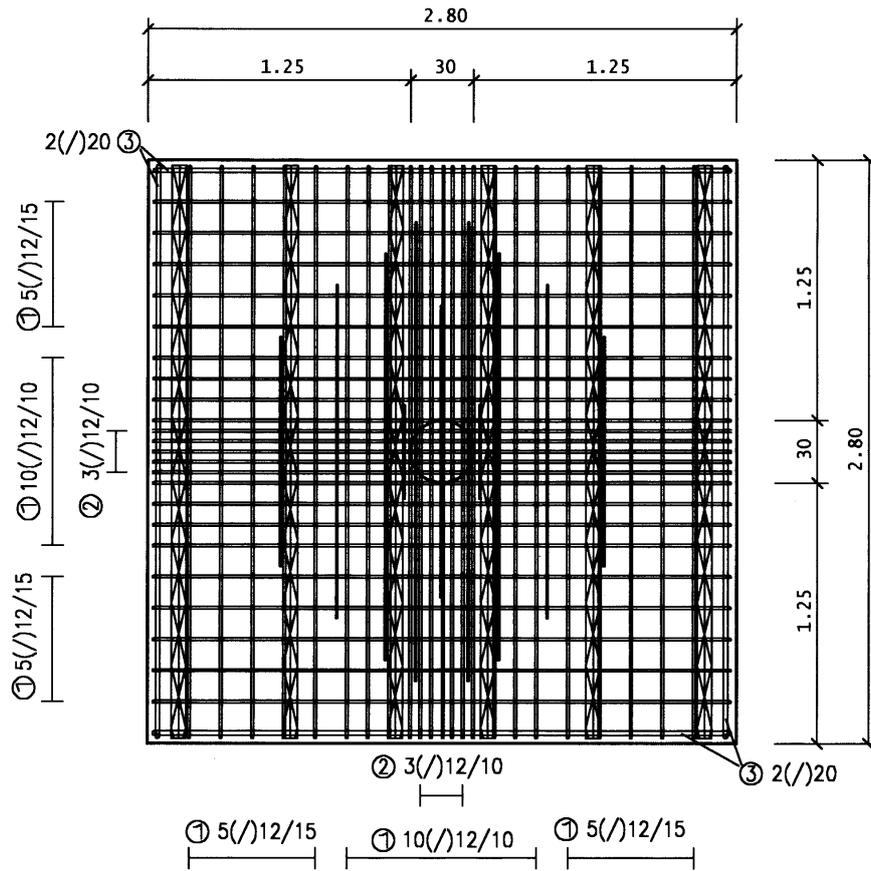


Bild 2.4.1: Untere Bewehrung des Versuchskörpers Y

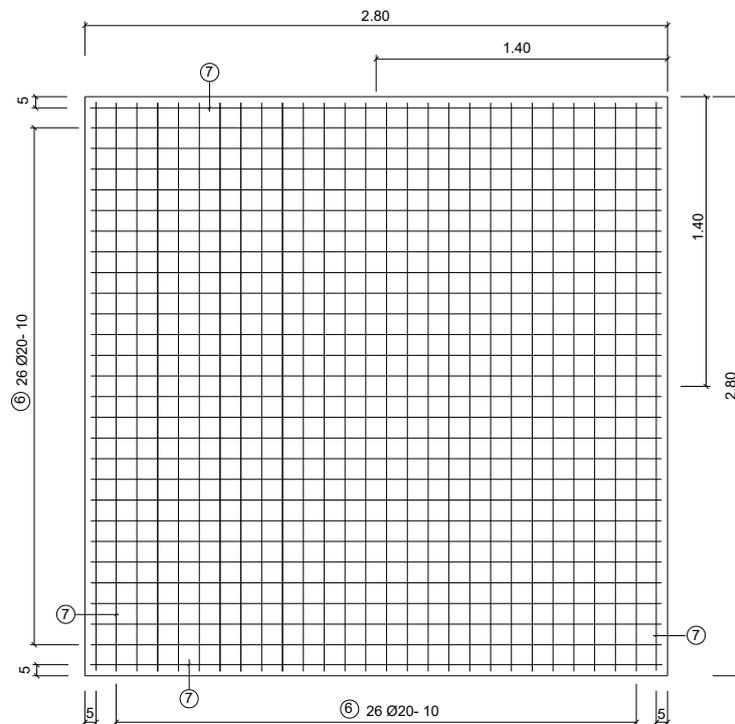


Bild 2.4.2: Obere Bewehrung des Versuchskörpers Y

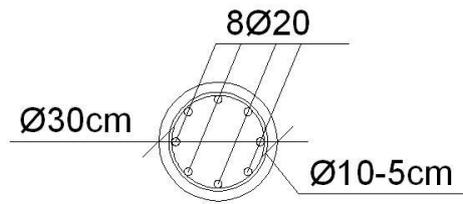


Bild 2.4.3: Stützenbewehrung des Versuchskörper Y

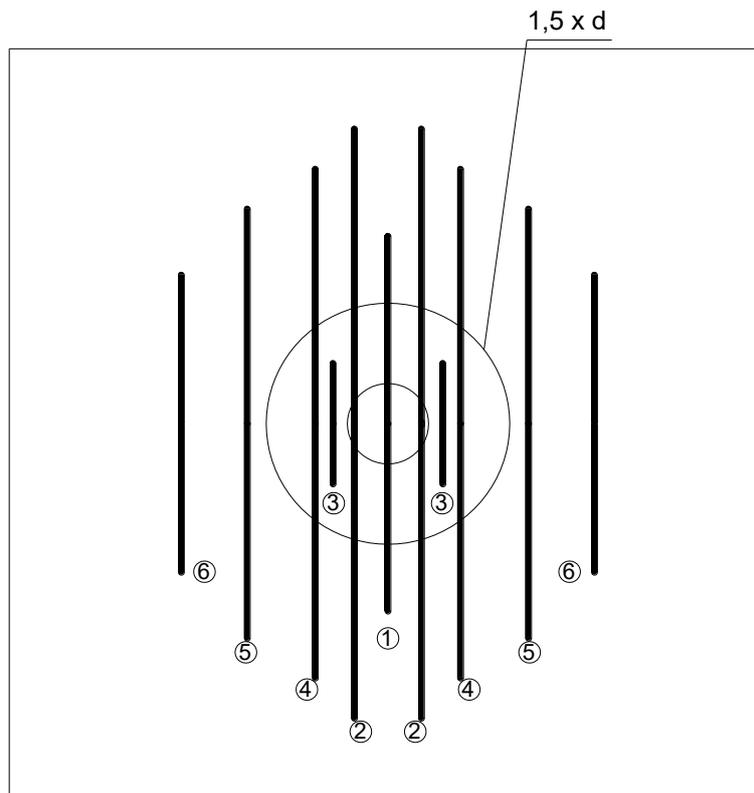


Bild 2.4.4: Lage der Einbauteile des Versuchskörpers Y (11 Bleche)

2.5 Versuchskörper Z (Halbfertigteil – Decke)

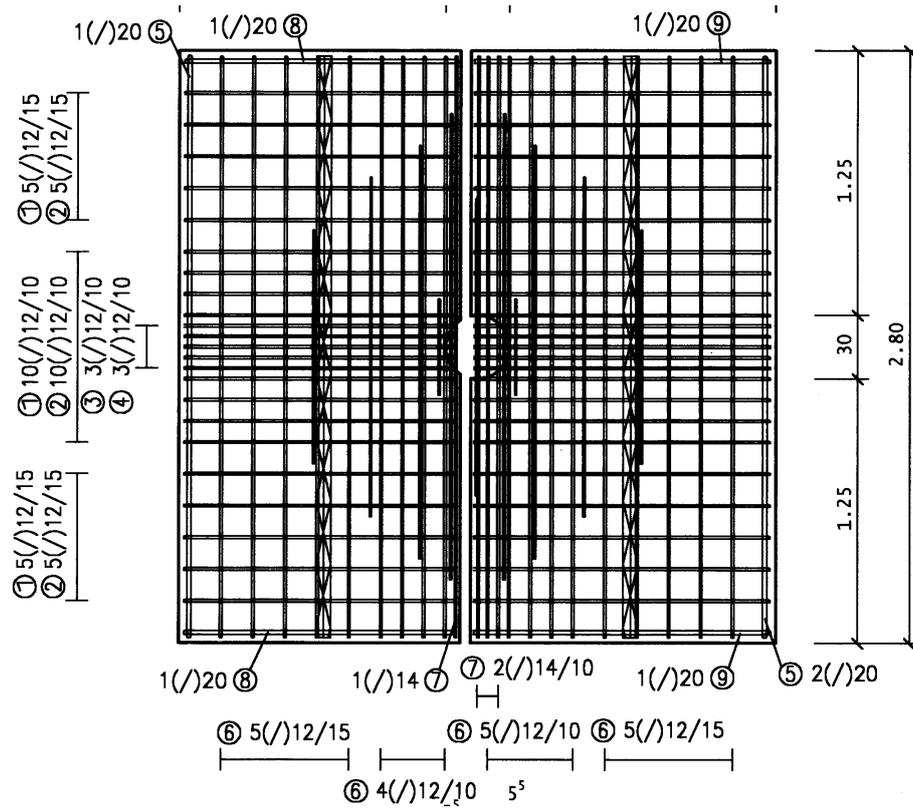


Bild 2.5.1: Untere Bewehrung des Versuchskörpers Z

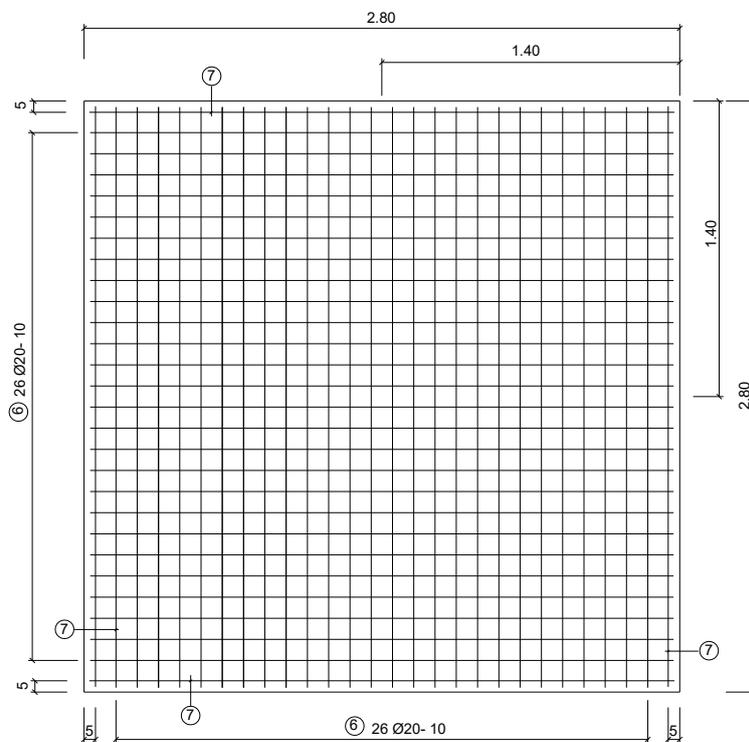


Bild 2.5.2: Obere Bewehrung des Versuchskörpers Z

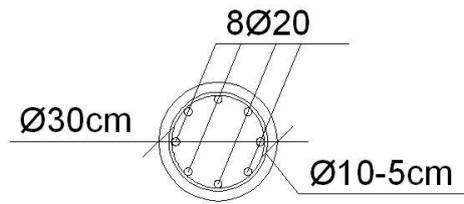


Bild 2.5.3: Stützenbewehrung des Versuchskörper Z

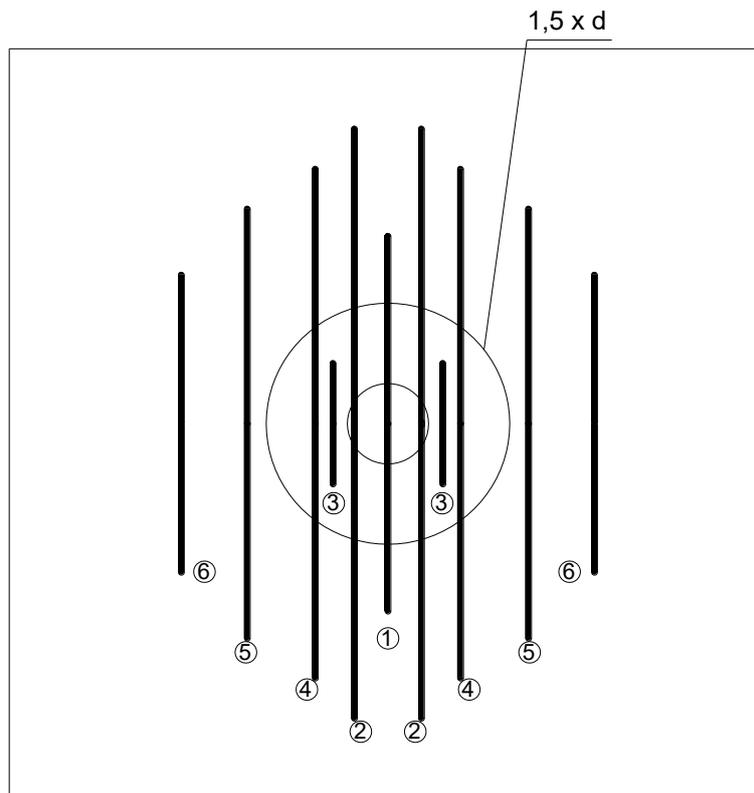


Bild 2.5.4: Lage der Einbauteile des Versuchskörpers Z (11 Bleche)

2.6 Versuchskörper HF

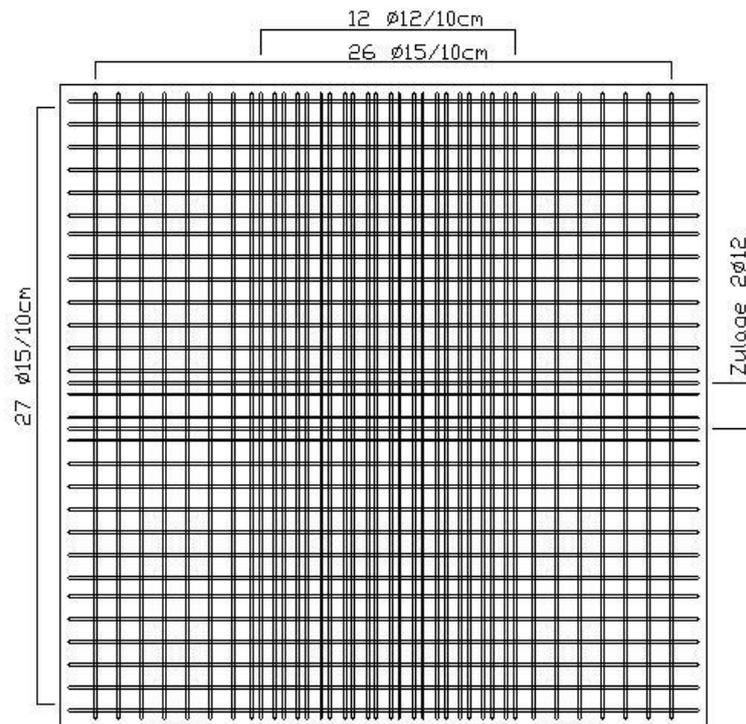


Bild 2.6.1: Untere Bewehrung des Versuchskörpers HF

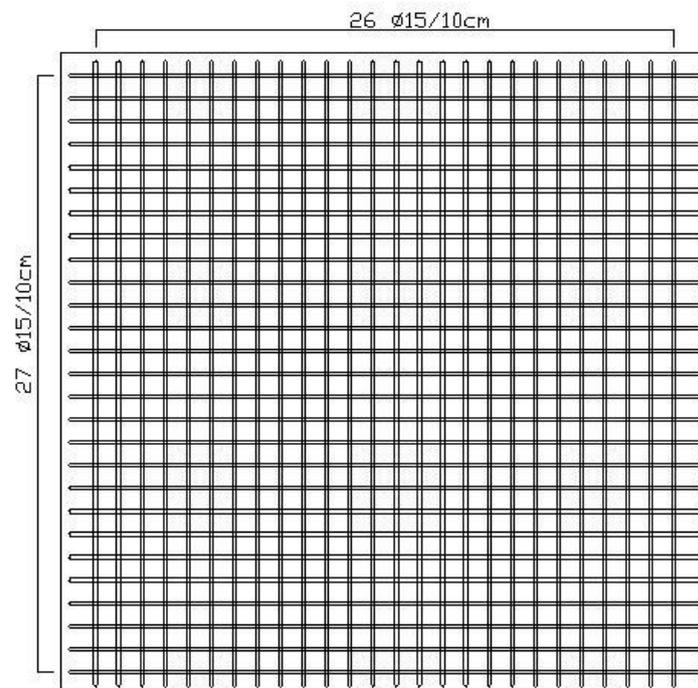


Bild 2.6.2: Obere Bewehrung des Versuchskörpers HF

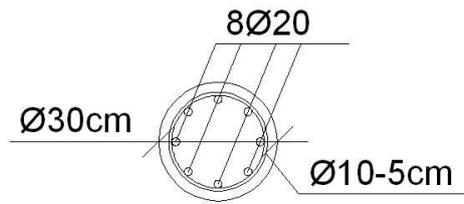


Bild 2.6.3: Stützenbewehrung des Versuchskörper HF

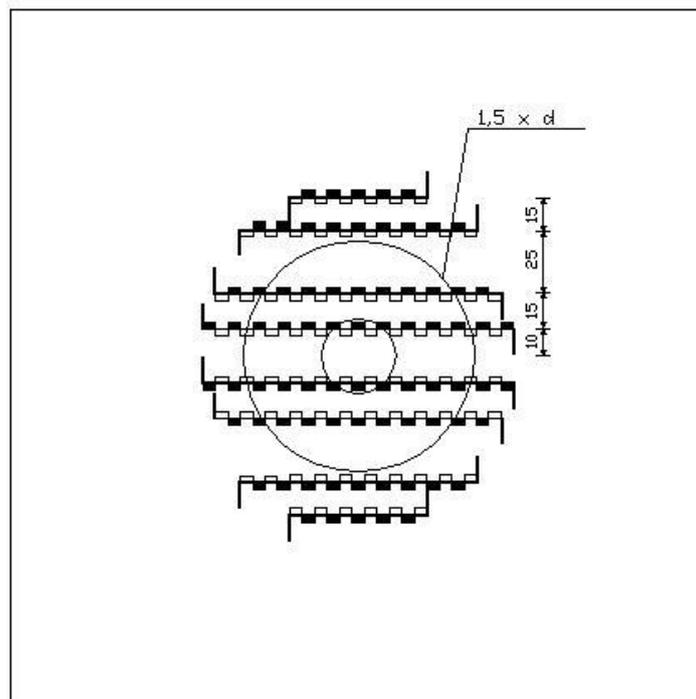


Bild 2.6.4: Lage der Einbauteile des Versuchskörpers HF (8 Bleche)

2.7 Versuchskörper HG

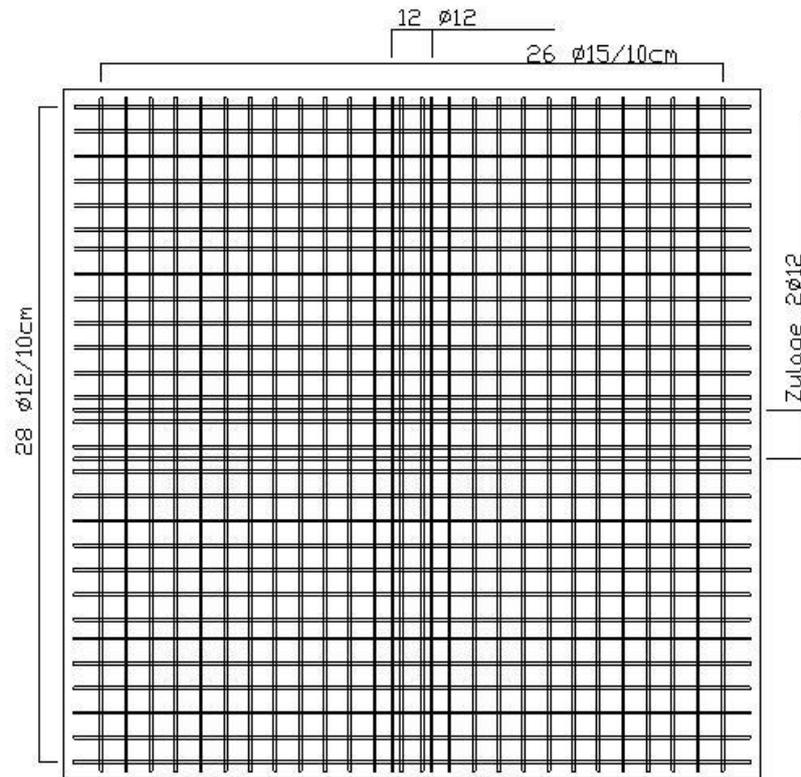


Bild 2.7.1: Untere Bewehrung des Versuchskörpers HG

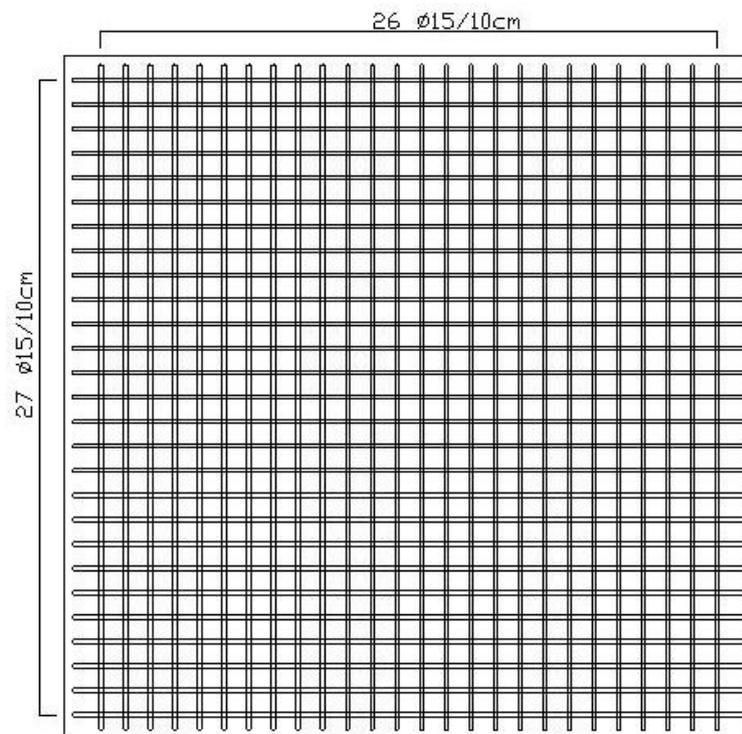


Bild 2.7.2: Obere Bewehrung des Versuchskörpers HG

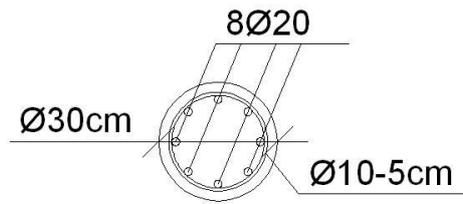


Bild 2.7.3: Stützenbewehrung des Versuchskörper HG

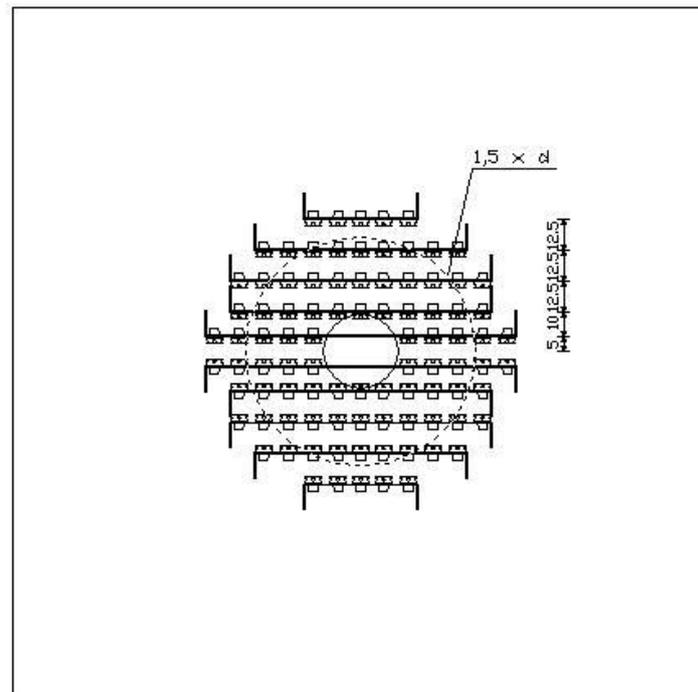


Bild 2.7.4: Lage der Einbauteile des Versuchskörpers HG (10 Bleche)

2.8 Versuchskörper HH

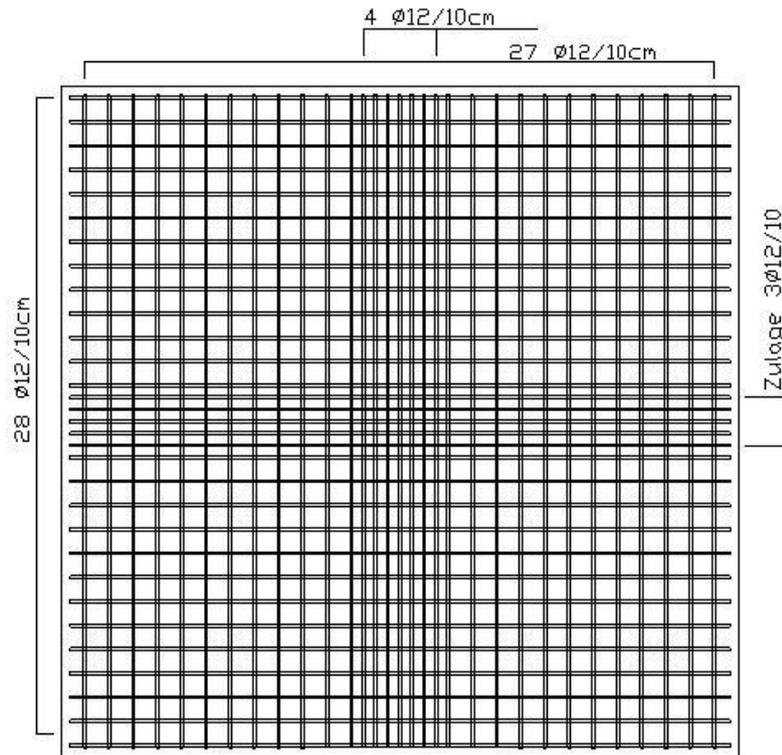


Bild 2.8.1: Untere Bewehrung des Versuchskörpers HH

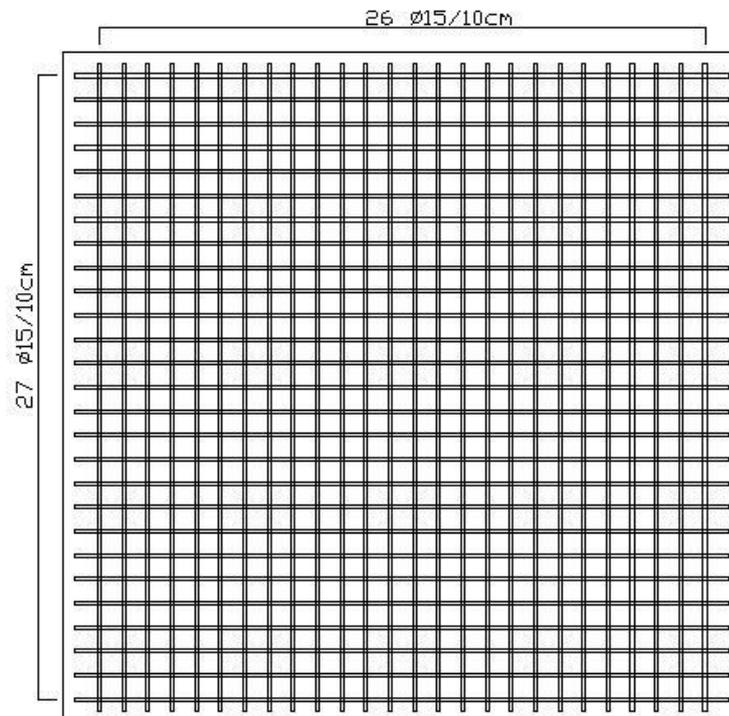


Bild 2.8.2: Obere Bewehrung des Versuchskörpers HH

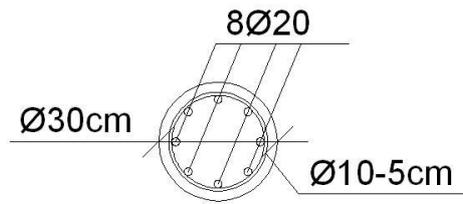


Bild 2.8.3: Stützenbewehrung des Versuchskörper HH

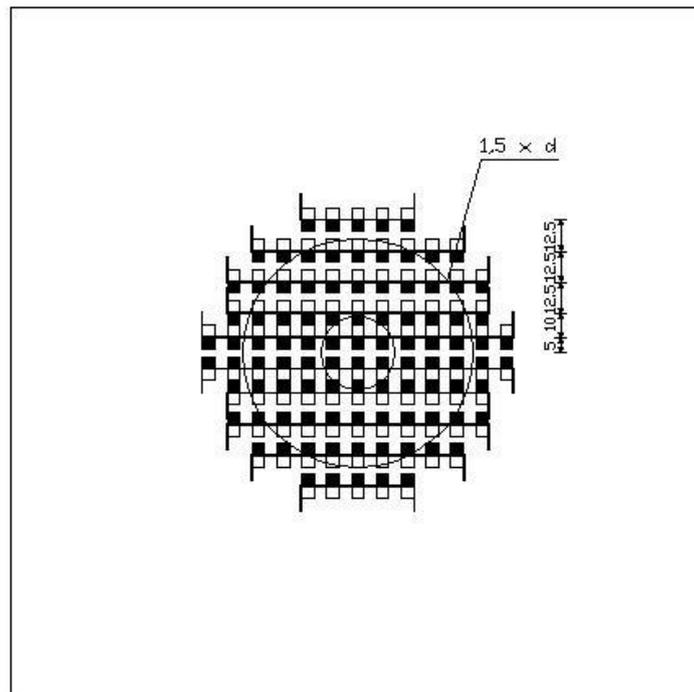


Bild 2.8.4: Lage der Einbauteile des Versuchskörpers HH (10 Bleche)

2.9 Versuchskörper HI

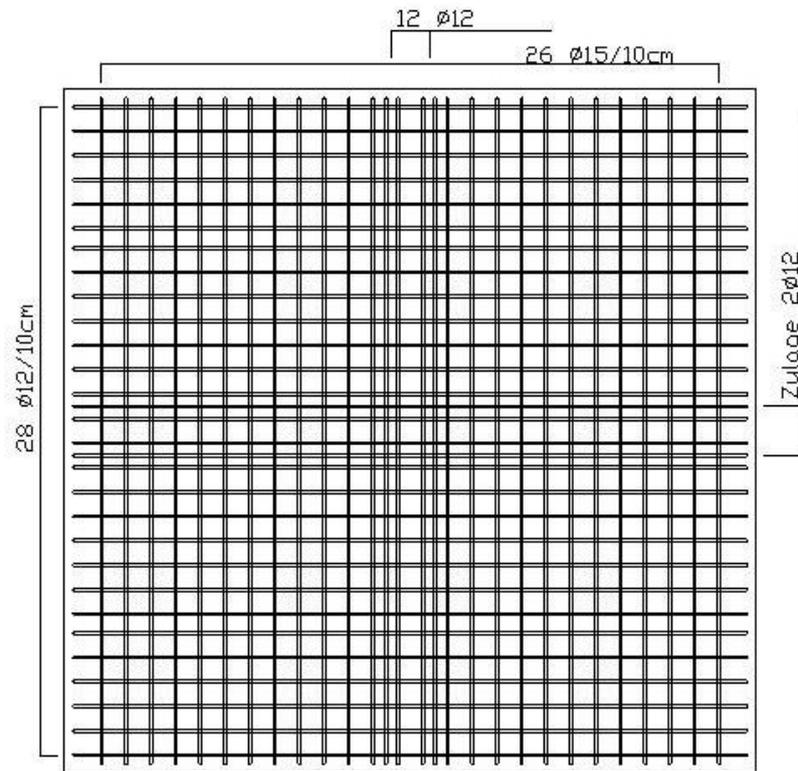


Bild 2.9.1: Untere Bewehrung des Versuchskörpers HI

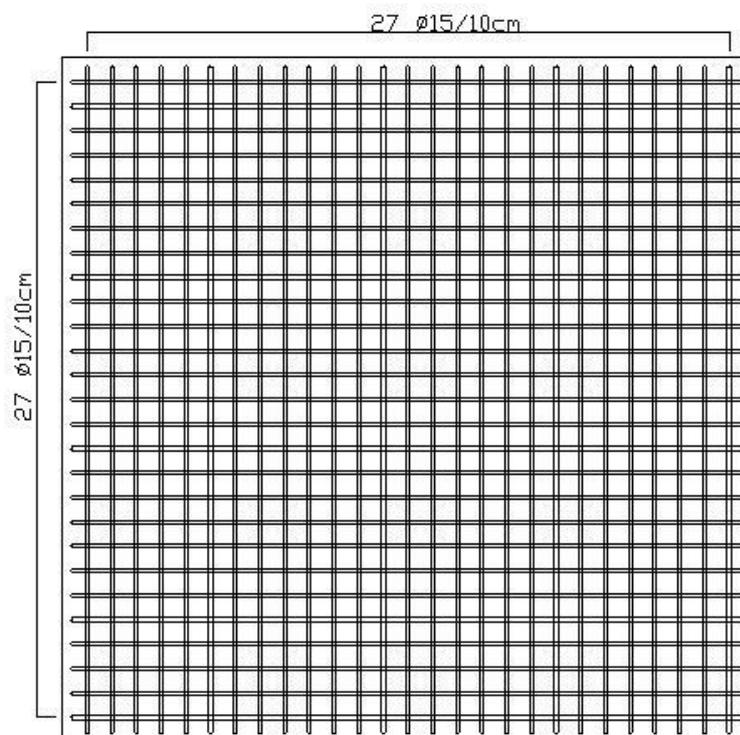


Bild 2.9.2: Obere Bewehrung des Versuchskörpers HI3

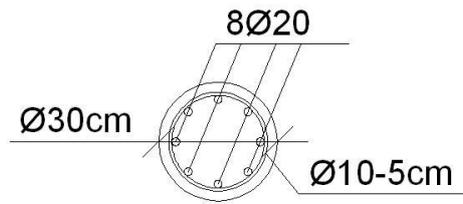


Bild 2.9.3: Stützenbewehrung des Versuchskörper HI

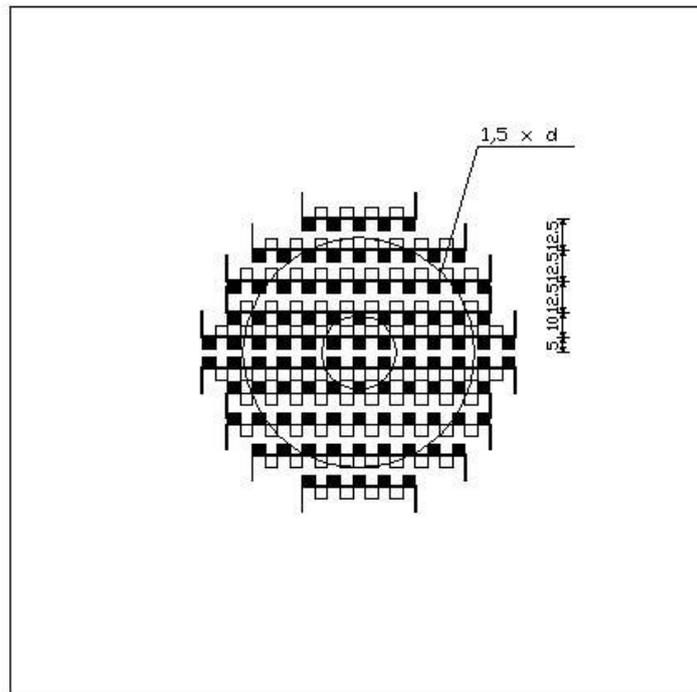


Bild 2.9.4: Lage der Einbauteile des Versuchskörpers HI (10 Bleche)

3 Zusammenstellung der Bruchlasten

Versuchskörper		P	R	V	Y	Z	HF	HG	HH	HI
Alter	[d]	9	8	11	9	9	10	12	13	12
Bewehrungs- gehalt	[%]	1,53	1,53	0,91	1,53	1,53	0,84	0,84	0,84	0,84
Lagerung der Probewürfel		Wasser 4)	Wasser 4)	Wasser 4)	Wasser 4)	Wasser 4)	Trocken 1)	Trocken 1)	Trocken 1)	Trocken 1)
$f_{c,cube}$	[N/mm ²]	40	40,3	30	53,5	45,5	37	39,5	47,2	46,5
Grundlast	[kN]	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Gebrauchs- last	[kN]	400	500	400	600	550	600	600	600	600
Bruchlast V_u	[kN]	1120	1380	1000	1700	1581	1220	1011	1323	1540

Tabelle 3.1

¹⁾ Lagerung entsprechend dem Versuchskörper

⁴⁾ Lagerung beim Versuchskörper, jedoch im Wasserbecken

4 Mittelwerte zum Last-Verformungs-Verhalten

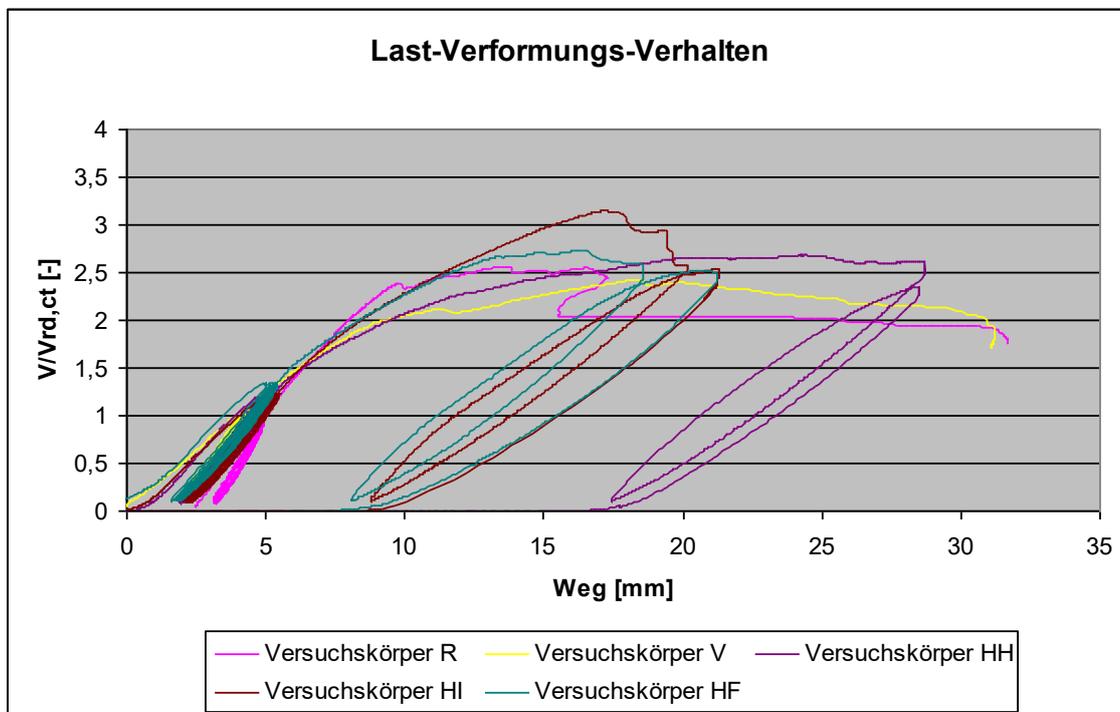


Bild 4.1 Last-Verformungs-Verhalten der Versuchskörpern R, V, HH, HI und HF im Belastungsradius

5. ÜBERSICHT- VERSUCHSKÖRPER

Versuchskörper	Einbauteile	Anordnung der Einbauteile	Anzahl	Abstände ab Stützenmitte	V_u [KN] $f_{c,cube}$ [N/mm ²]	
A	keine		-	-	1253 / 60	
B	keine		-	-	1190 / 58	
P	lange Bleche			2 á 100 cm	~ 2,5 cm	1120
				2 á 160 cm	~ 10 cm	
				2 á 80 cm	~ 10 cm	
				2 á 60 cm	~ 10 cm	
				2 á 100 cm	~ 25 cm	
R	lange Bleche			2 á 100 cm	~ 4 cm	1380
				2 á 160 cm	~ 10 cm	
				2 á 90 cm	~ 5 cm	
				2 á 190 cm	~ 10 cm	
				2 á 140 cm	~ 22 cm	
				2 á 45 cm	~ 15 cm	
V	lange Bleche			1 á 145 cm	0 cm	1000
				2 á 235 cm	~ 12 cm	
				2 á 205 cm	~ 16 cm	
				2 á 145 cm	~ 32 cm	
Y	lange Bleche Halbfertigteil- Decke			1 á 145 cm	0 cm	1700
				2 á 220 cm	~ 12 cm	
				2 á 45 cm	~ 8 cm	
				2 á 190 cm	~ 6 cm	
				2 á 160 cm	~ 25 cm	
				2 á 110 cm	~ 25 cm	
Z	lange Bleche Halbfertigteil- Decke			1 á 145 cm	0 cm	1581
				2 á 220 cm	~ 12 cm	
				2 á 45 cm	~ 8 cm	
				2 á 190 cm	~ 6 cm	
				2 á 160 cm	~ 25 cm	
				2 á 110 cm	~ 25 cm	
HF	lange Bleche			2 á 55 cm	~ 65 cm	1220
				2 á 95 cm	~ 50 cm	
				2 á 115 cm	~ 25 cm	
				2 á 125 cm	~ 10 cm	
HG	lange Bleche			2 á 45 cm	~ 55 cm	1011
				2 á 85 cm	~ 40 cm	
				2 á 105 cm	~ 30 cm	
				2 á 105 cm	~ 15 cm	
				2 á 125 cm	~ 5 cm	
HH	lange Bleche			2 á 45 cm	~ 55 cm	1323
				2 á 85 cm	~ 40 cm	
				2 á 105 cm	~ 30 cm	
				2 á 105 cm	~ 15 cm	
				2 á 125 cm	~ 5 cm	
HI	lange Bleche			2 á 45 cm	~ 55 cm	1540
				2 á 85 cm	~ 40 cm	
				2 á 105 cm	~ 30 cm	
				2 á 105 cm	~ 15 cm	
				2 á 125 cm	~ 5 cm	

Beim Versuchskörper HH wurde durch alle Einbauteile die untere Stahlbetonbewehrung ($\varnothing 12$) eingefädelt.

Bei den Körpern HI und HG wurden 2 $\varnothing 12$ im Stützenbereich als Fangnetzbewehrung eingelegt.