

Anhang V: Versuchsdokumentation

Anhang VA: Materialkennwerte	3
Anhang VA1: Materialkennwerte Stahl	3
Anhang VA2: Materialkennwerte Beton.....	5
Anhang VB: Dokumentation Versuche.....	13
Anhang VB1: Dokumentation Versuche Phase I.....	13
Anhang VB2: Dokumentation Versuche Phase II.....	24
Anhang VB3: Dokumentation Versuche Phase III	56
Anhang VB4: Dokumentation Versuche Phase IV	84
Anhang VD: Pläne.....	106
Anhang VD1: Pläne Prüfkörper Phase I.....	106
Anhang VD2: Pläne Prüfkörper Phase II	115
Anhang VD3: Pläne Prüfkörper Phase III.....	123
Anhang VD4: Pläne Prüfkörper Phase IV.....	125
Anhang VD5: Pläne Widerlager für Phase III.....	130
Anhang VD6: Pläne Widerlager Phase IV	131
Anhang VD7: Zahngeometrie	132
Anhang VE: Prüfkörperherstellung.....	136

Anhang VA: Materialkennwerte

Anhang VA1: Materialkennwerte Stahl

Ermittlung der Materialkennwerte des Stahls

Es werden die Materialkennwerte der Stahlprüfkörper ermittelt. Dabei werden aus dem Stahlblech, aus dem auch die Stahlprismen gefertigt werden, 18 Zugproben 8x40 der Form B sowie zwei Flachproben 108 x 60 der Form G gem. DIN 50125 hergestellt. Die Zugprüfungen werden nach der Prüfnorm DIN EN ISO 6892-1 durchgeführt.

Prüfparameter/Versuchsdurchführung

- Vorspannung: 10 MPa
- Prüfgeschwindigkeit E-Modul: 10 MPa/s
- Prüfgeschwindigkeit ab Streckgrenze: 20 MPa/s
- Prüfgeschwindigkeit: 0,004 1/s

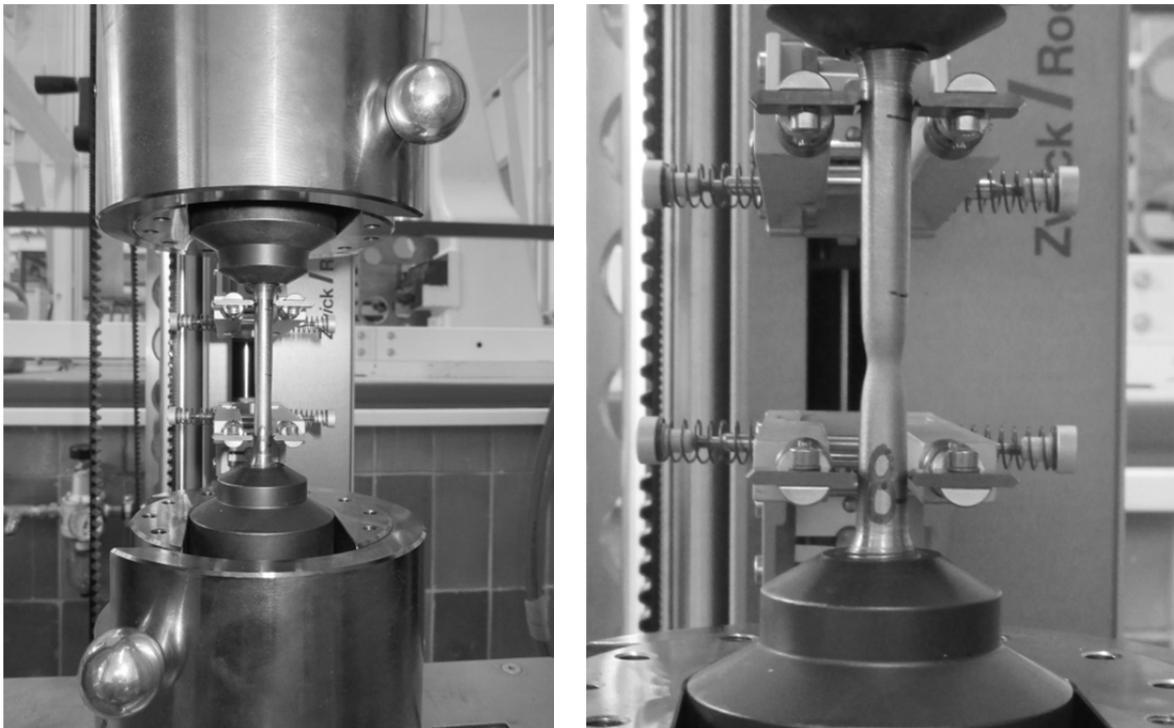


Abb. VA1.1 Zugprüfung gem. DIN EN ISO 6892-1 (Schmidt 2018)

Ergebnisse

Ergebnisse: Rundproben Charge 1							
Legende	Bezeichnung	m_E [GPa]	R_{eH} [MPa]	R_{eH^*} [MPa]	R_m [MPa]	A [%]	Z [%]
	R1	303	-	276	454	24,6	74,3
	R2	204	-	264	449	34,3	74,5
	R3	196	-	277	452	31,5	74,1
	R4	199	-	265	449	28,5	73,9
	R5	203	-	262	449	30,6	73,7
	R6	195	-	265	452	32,8	74,4
	R7	202	-	266	450	38,9	74,8
	R8	207	-	266	452	37,1	73,9
	R9	198	-	274	452	37,0	74,5
Statistik: n = 9							
	\bar{x}	212	-	268	451	32,8	74,2
	s	34	-	5,679	2	4,6	0,3
	ν	16,17	-	2,12	0,41	13,95	0,46

Ergebnisse: Flachproben Charge 1							
Legende	Bezeichnung	m_E [GPa]	R_{eH} [MPa]	R_{eH^*} [MPa]	R_m [MPa]	A ₆₀ [%]	Z [%]
	F1	191	302	-	439	35,6	73,1
	F2	203	315	-	442	37,6	72,6
Statistik: n = 2							
	\bar{x}	197	308		440	36,6	72,8
	s	9	9		2	1,5	0,4
	ν	4,34	3,01		0,44	3,97	0,52

Ergebnisse: Flachproben Charge 2							
Legende	Bezeichnung	m_E [GPa]	R_{eH} [MPa]	R_{eH^*} [MPa]	R_m [MPa]	A ₆₀ [%]	Z [%]
	F3	176	241	-	388	39,8	68,8
	F4	181	244	-	388	34,7	67,6
	F5	190	240	-	387	41,2	64,8
	F6	199	239	-	386	34,5	69,1
Statistik: n = 4							
	\bar{x}	186	241	-	387	37,5	67,6
	s	10	2	-	1	3,5	1,9
	ν	5,40	0,92	-	0,26	9,22	2,87

d_0 = Werkstoffdurchmesser des Prüfkörpers

m_E = E-Modul

R_{eH} = obere Streckgrenze (Wert durch Prüfsoftware bestimmt)

R_{eH^*} = obere Streckgrenze (Wert durch anwählen auf der Arbeitslinie manuell bestimmt)

R_m = Zugfestigkeit

$A_{40/60}$ = Bruchdehnung in % (bezogen auf die 40mm Meßlänge der Extensometerabstände bei den Rundproben und 60mm Meßlänge bei den Flachproben)

Z = Brucheinschnürung

Anhang VA2: Materialkennwerte Beton

Allgemeines

Beton wird als Drei-Phasen-Werkstoff, bestehend aus Gesteinskörnungen, Zement und Wasser bezeichnet. Ultrahochfester Beton hat darüber hinausgehend noch Zusatzmittel und Zusatzstoffe beigemischt. Da ultrahochfester Beton schlagartig spröde versagt, werden häufig Stahlfasern beigemischt um ein duktileres Verhalten zu erreichen. Bei normalfesten Beton verlaufen die Risse entlang der Gesteinskörnung, im ultrahochfesten Beton durch die Gesteinskörnung hindurch (Zilch, Zehetmaier 2010). Die Festigkeit von ultrahochfesten Beton ist somit von der Gesteinskörnung abhängig.

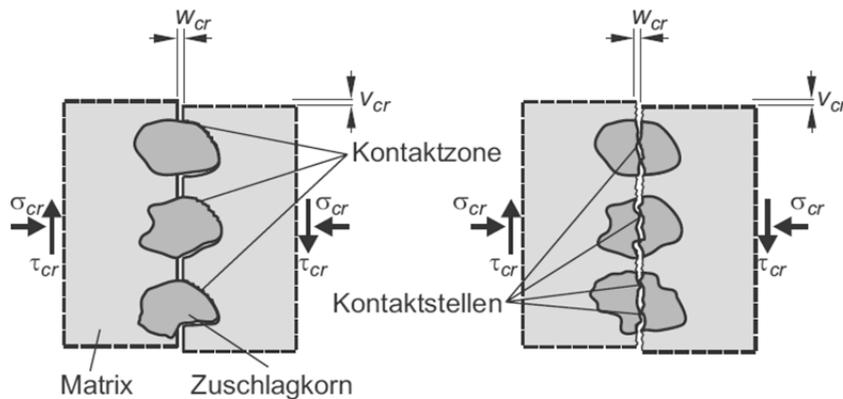


Abb. VA2.1 unterschiedliche Rissverläufe bei NFB und UHFB (Zilch, Zehetmaier 2010, S.116)

Gemäß dem Größtkorndurchmesser werden ultrahochfeste Betone in zwei Typen unterschieden, feinkörniger Beton mit einem Größtkorn von 0,5 mm und grobkörniger Beton mit einem Größtkorn bis zu 16 mm (FEHLING 2005).

Probekörper

Es werden zylindrische Probekörper gemäß DIN EN 12390-13 mit den Abmessungen $d/h=150/300\text{mm}$ hergestellt. Die Lagerung erfolgt unter Wasser. Vor der Prüfung wird die Oberfläche der Probe geschliffen. Die Prüfung erfolgt an einem 3,0 MN Lastrahmen Bauform 2031 (Toni Technik GmbH) mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 0,6 mm/min. Die Wege werden über drei vertikal angebrachte induktive Wegaufnehmer aufgenommen.

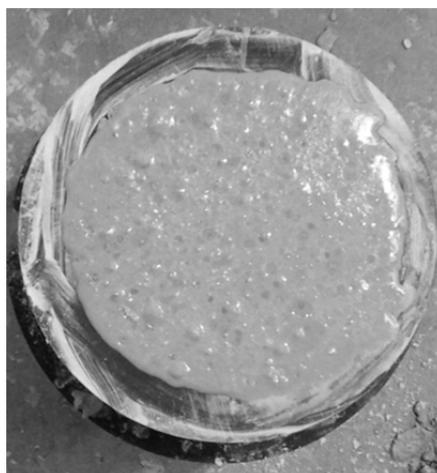
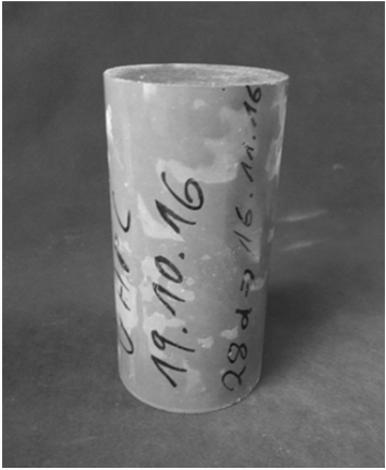
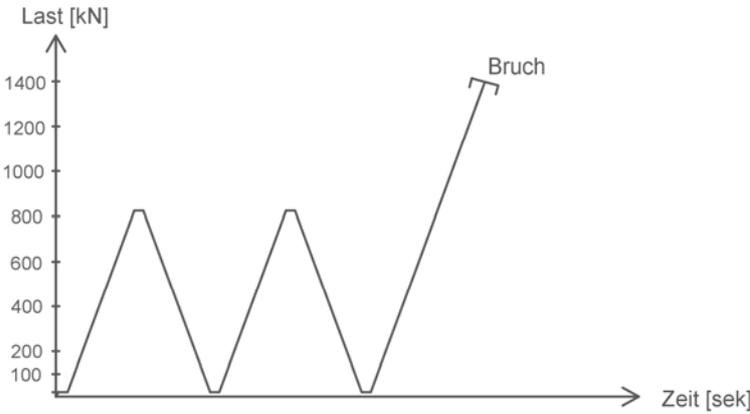
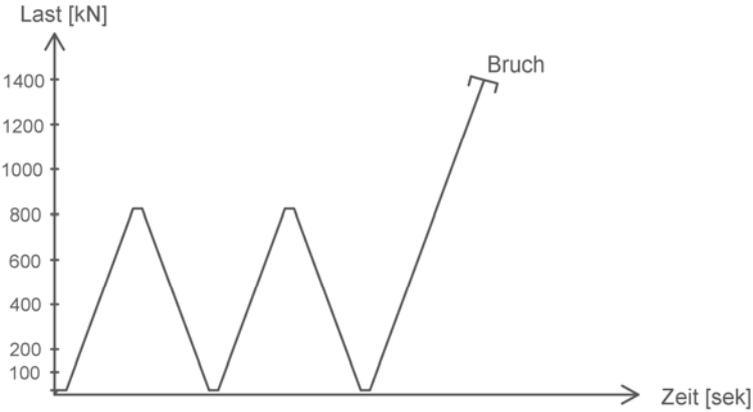


Abb. VA2.2 Zylinderherstellung

Betonprüfung: Ultralith für die Prüfkörper Phase II, Phase III (V1-V3), Phase IV			
Prüfkörper		Lastpfad	
			
Prüfmaschine	Lastrahmen Bauform 2031 (Toni Technik GmbH) 3,0 MN		
Belastungsgeschwindigkeit	0,6 mm/min = 0,01 mm/sek		
Prüfvorschrift	DIN EN 12390-13:2014		
Wegaufnehmer	3x vertikal		
	ZY 1	ZY 2	ZY 3
Herstelldatum	19.10.2016	19.10.2016	19.10.2016
Prüfdatum	21.11.2016	21.11.2016	21.11.2016
Betonalter	32d	32d	32d
Lagerung	unter Wasser	unter Wasser	unter Wasser
Durchmesser [mm]	149,61	149,61	151,13
Höhe [mm]	296,62	298,06	303,84
Fläche [cm ²]	175,80	176,50	179,39
Bruchlast [kN]	2200,32	2085,83	2165,29
Bruchspannung [N/mm ²]	125,16	118,18	120,70
E-Modul [N/mm ²]	43.240	44.170	45.100

Der gemittelte E-Modul beträgt somit 44.170 N/mm²

Betonprüfung: Betec für die Prüfkörper Phase III (V4-V6)				
Prüfkörper	Lastpfad			
				
Prüfmaschine	Lastrahmen Bauform 2031 (Toni Technik GmbH) 3,0 MN			
Belastungsgeschwindigkeit	0,24 mm/min = 0,004 mm/sek			
Prüfvorschrift	DIN EN 12390-13:2014			
Wegaufnehmer	3x vertikal			
ZY=Zylinder	ZY 4	ZY 5	ZY 6	ZY 7
Herstelldatum	11.09.2017			
Prüfdatum	10.10.2017			
Betonalter	29d			
Lagerung	an der Luft			
Durchmesser [mm]	149,87	149,82	149,90	149,97
Höhe [mm]	296,91	298,34	296,64	295,71
Fläche [cm ²]	176,41	176,29	176,48	176,64
Bruchlast [kN]	1413,64	1458,46	1509,79	1574,60
Bruchspannung [N/mm ²]	80,13	82,73	85,55	89,14
E-Modul [N/mm ²]	31.342	27.863	28.026	28.806

Charge ZY4 (Konsole 4)

Charge ZY5 (Konsole 5)

Charge ZY6+7 (Konsole 6)

Kraft-/Verformungskurven

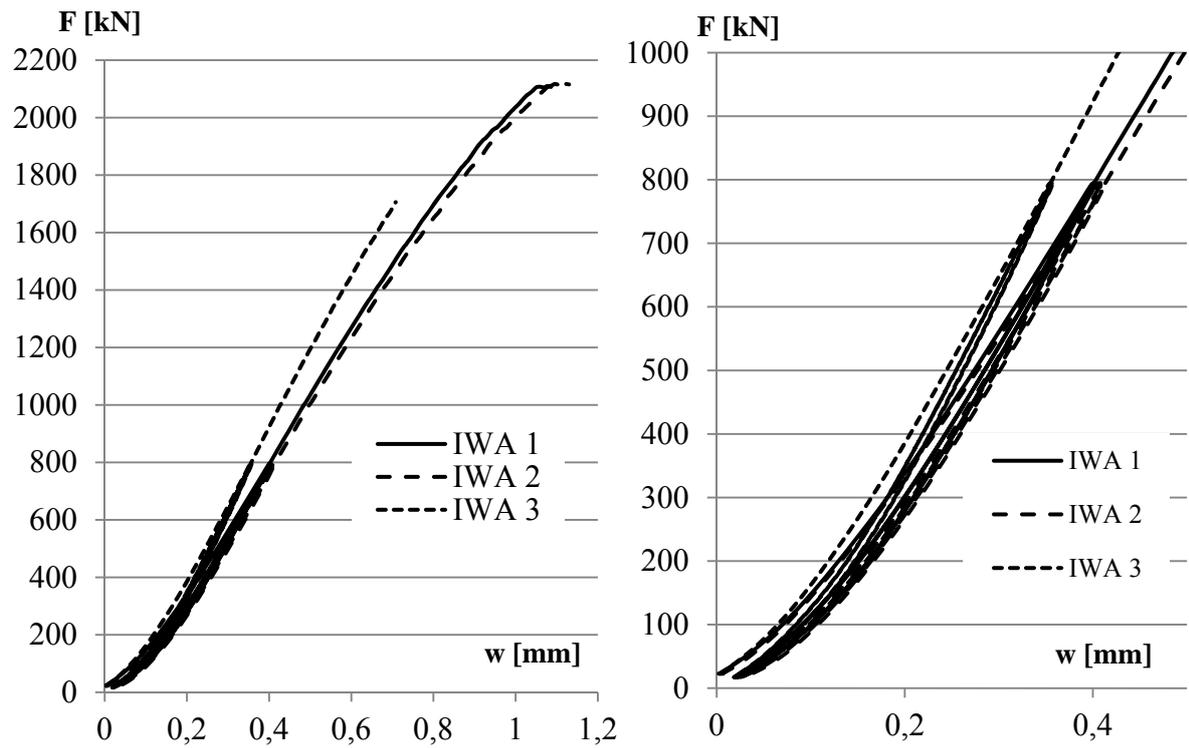


Abb. VA.2.3: Kraft/Verformungslinie Zylinder 1

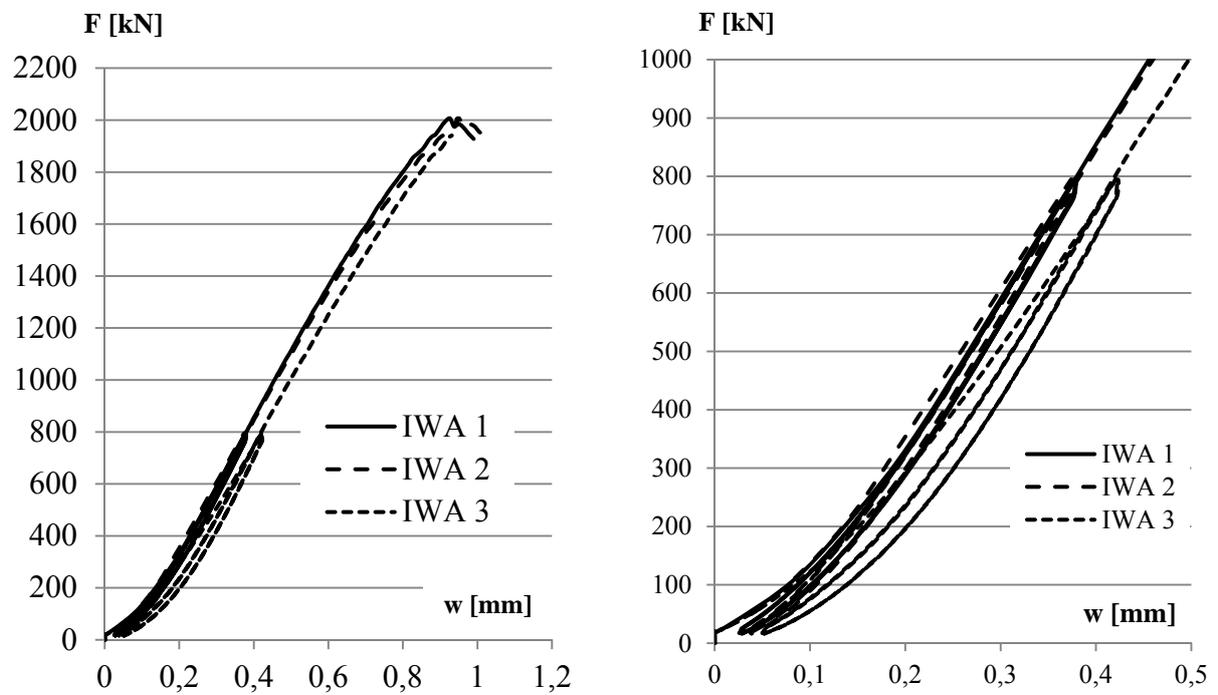


Abb. VA.2.4: Kraft/Verformungslinie Zylinder 2

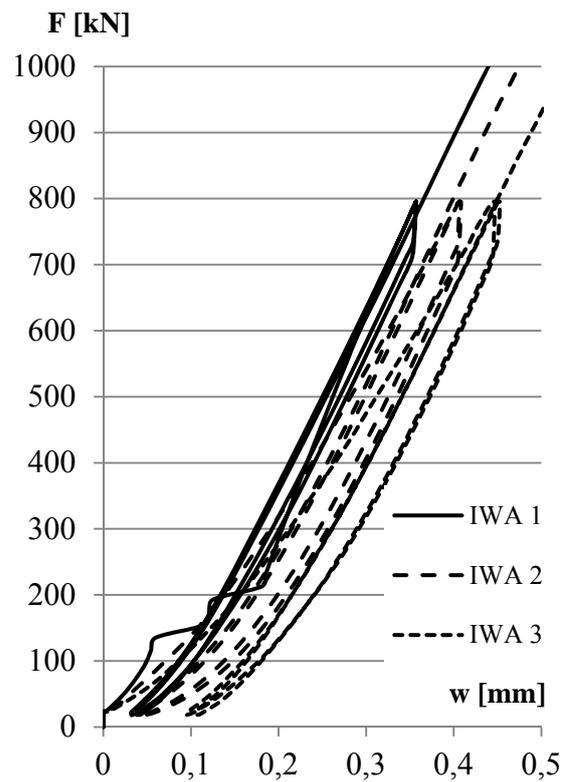
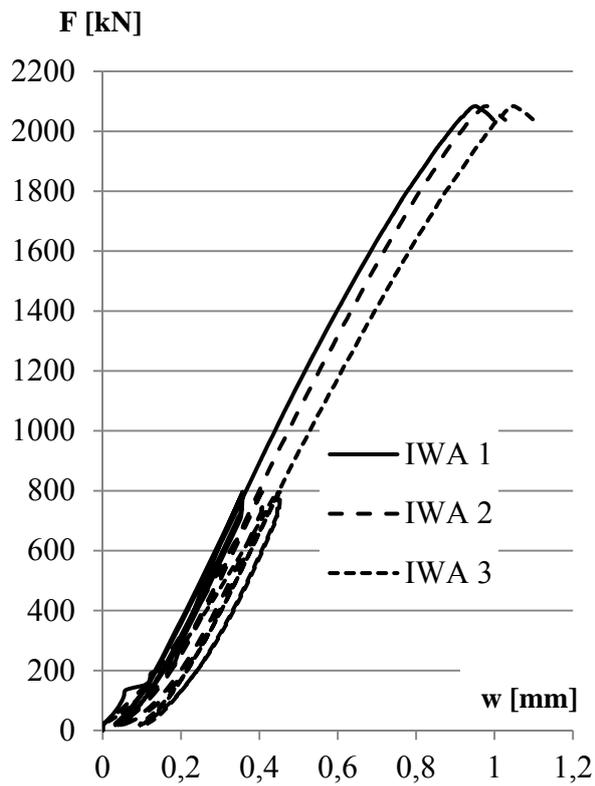


Abb. VA.2.5: Kraft/Verformungslinie Zylinder 3

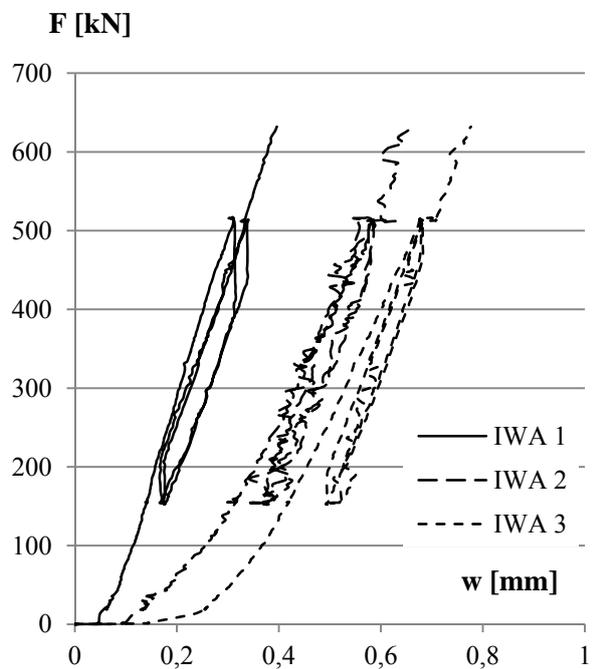
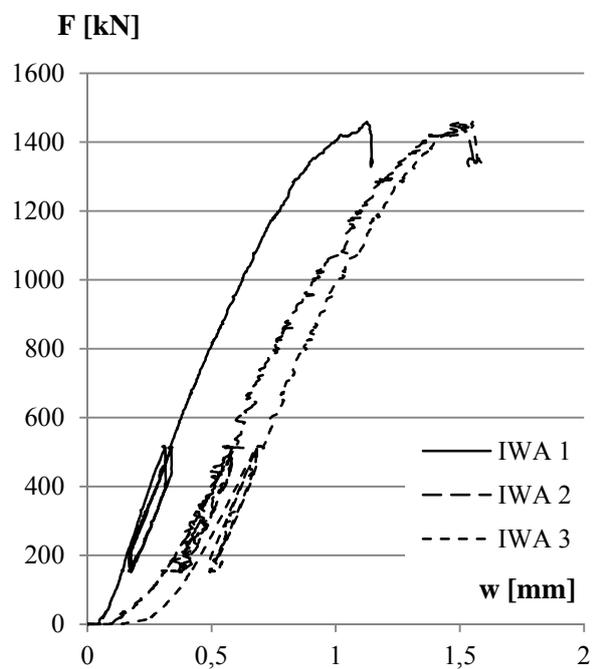


Abb. VA.2.6: Kraft/Verformungslinie Zylinder 4

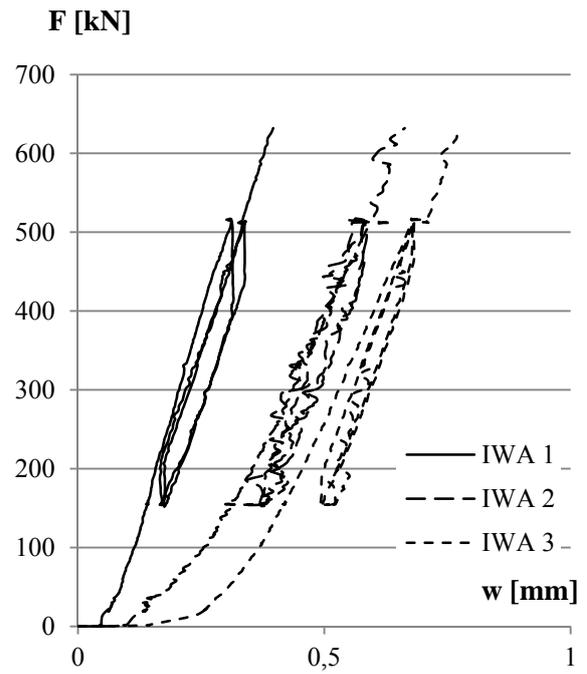
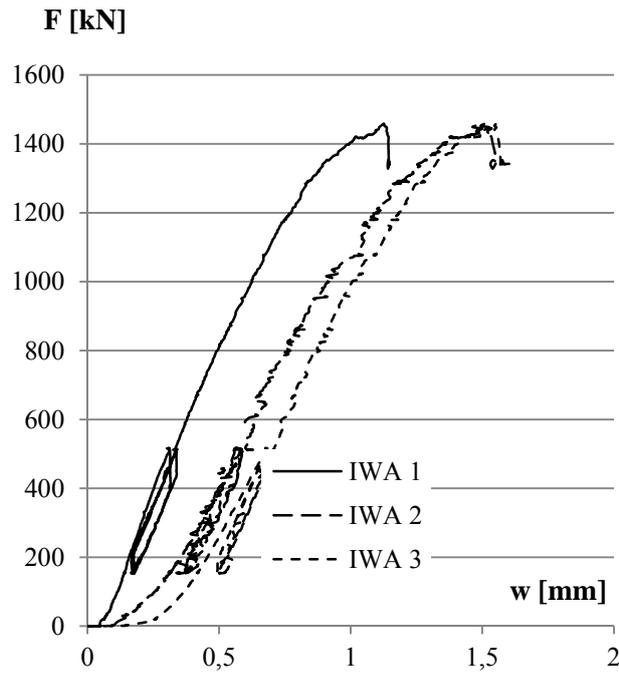


Abb. VA.2.7: Kraft/Verformungslinie Zylinder 5

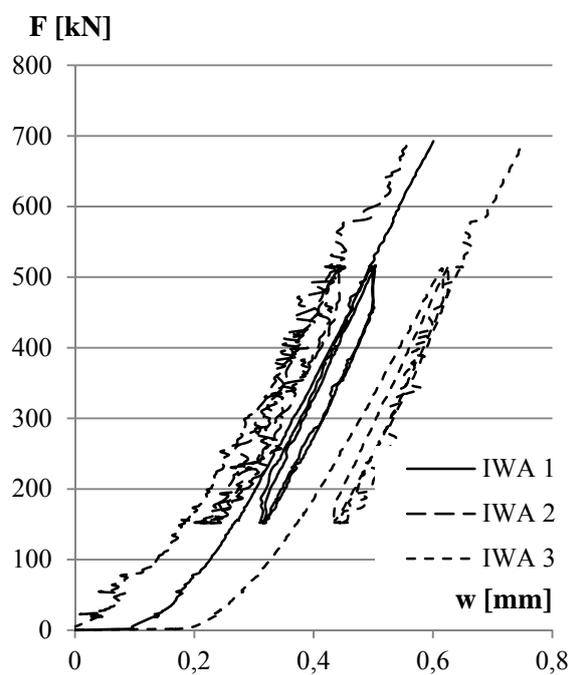
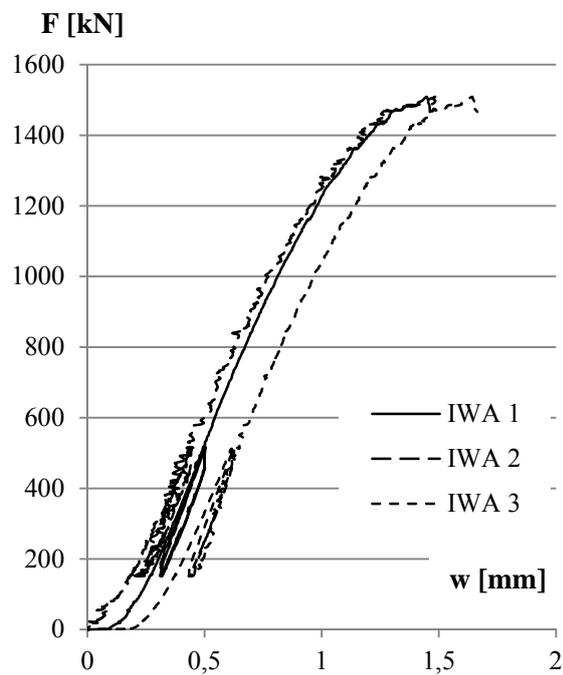


Abb. VA.2.8: Kraft/Verformungslinie Zylinder 6

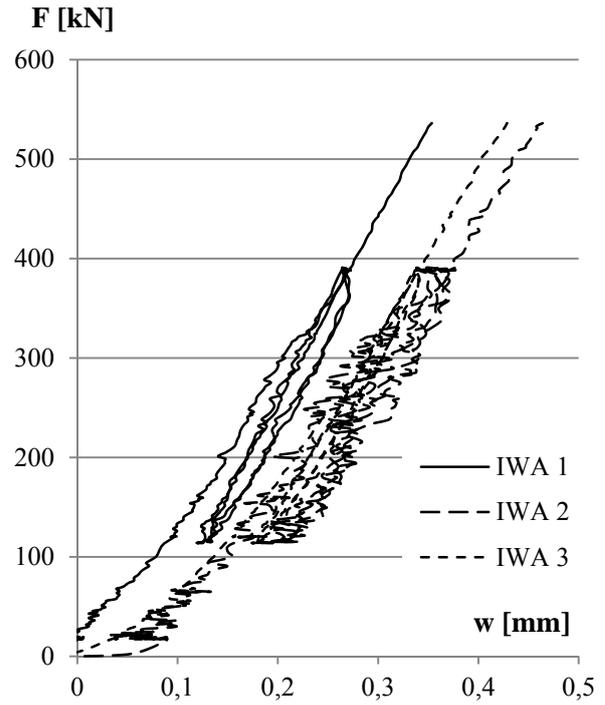
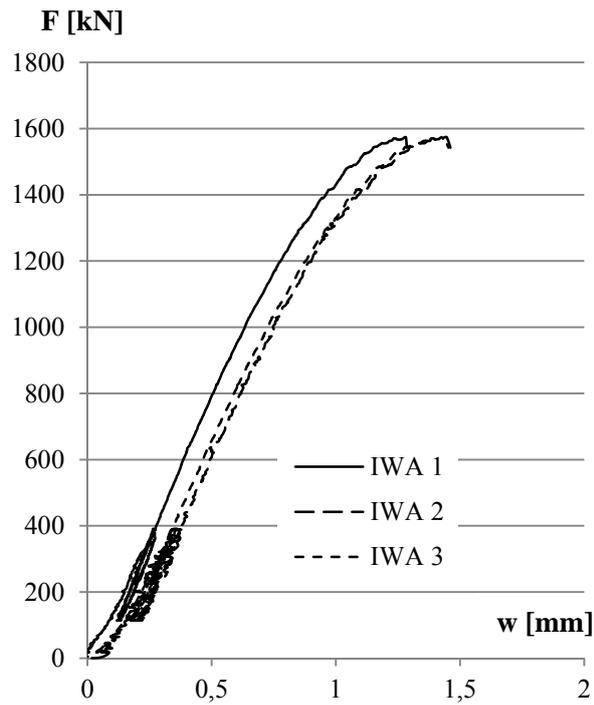


Abb. VA.2.9: Kraft/Verformungslinie Zylinder 7



Abb. VA.2.10: Bruchbild

Anhang VB: Dokumentation Versuche

Anhang VB1: Dokumentation Versuche Phase I

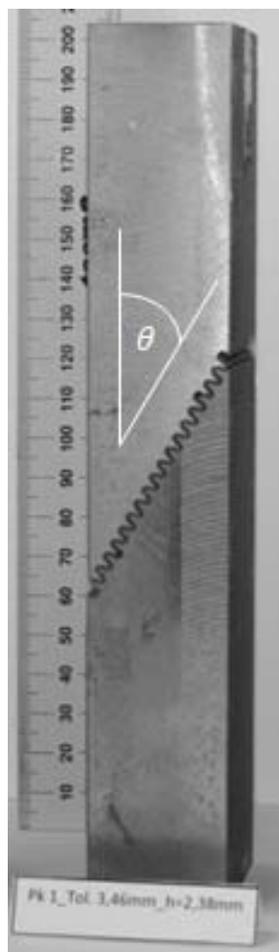
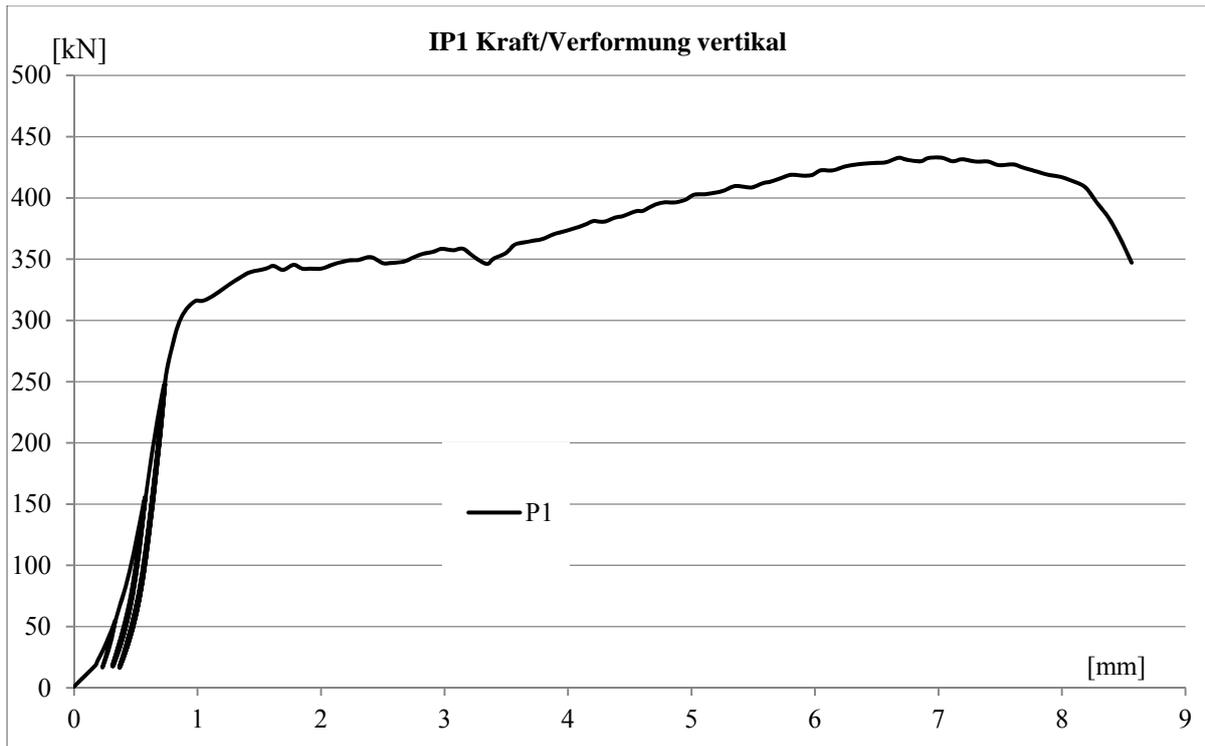
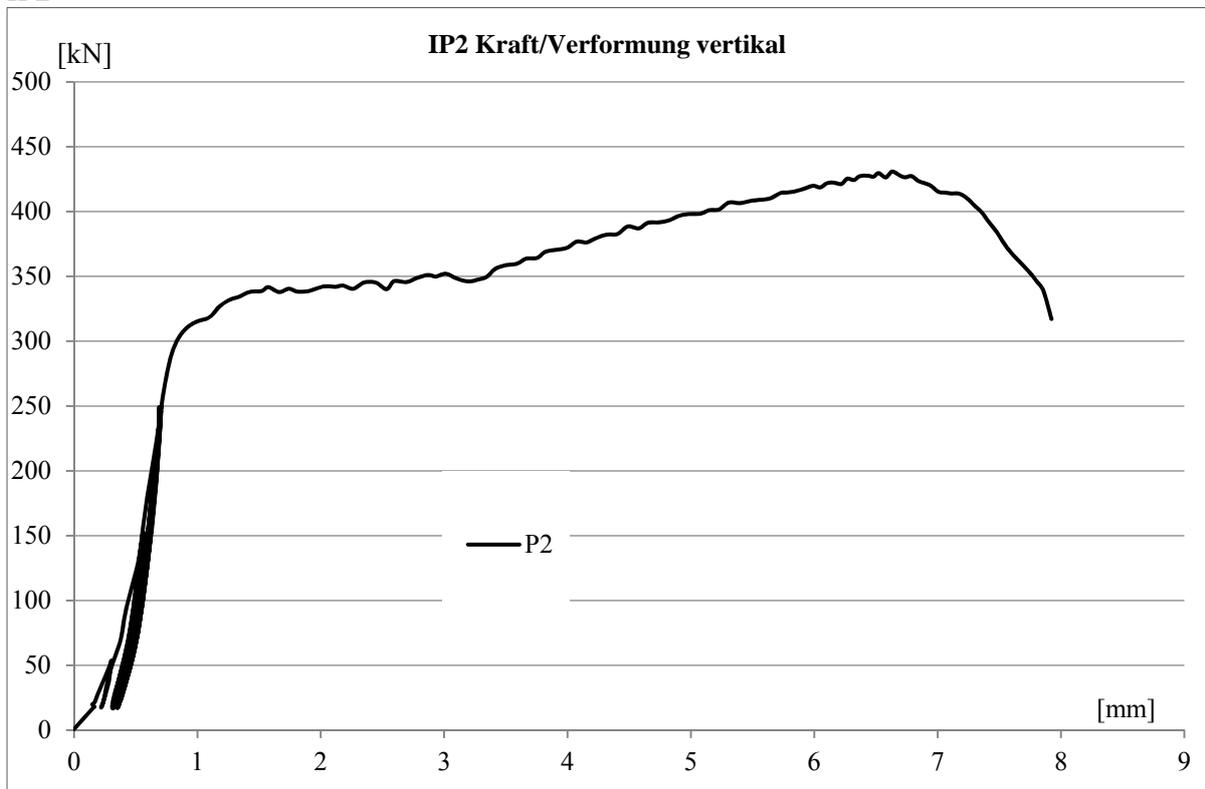


Abb.VB1: Prüfkörper Phase I

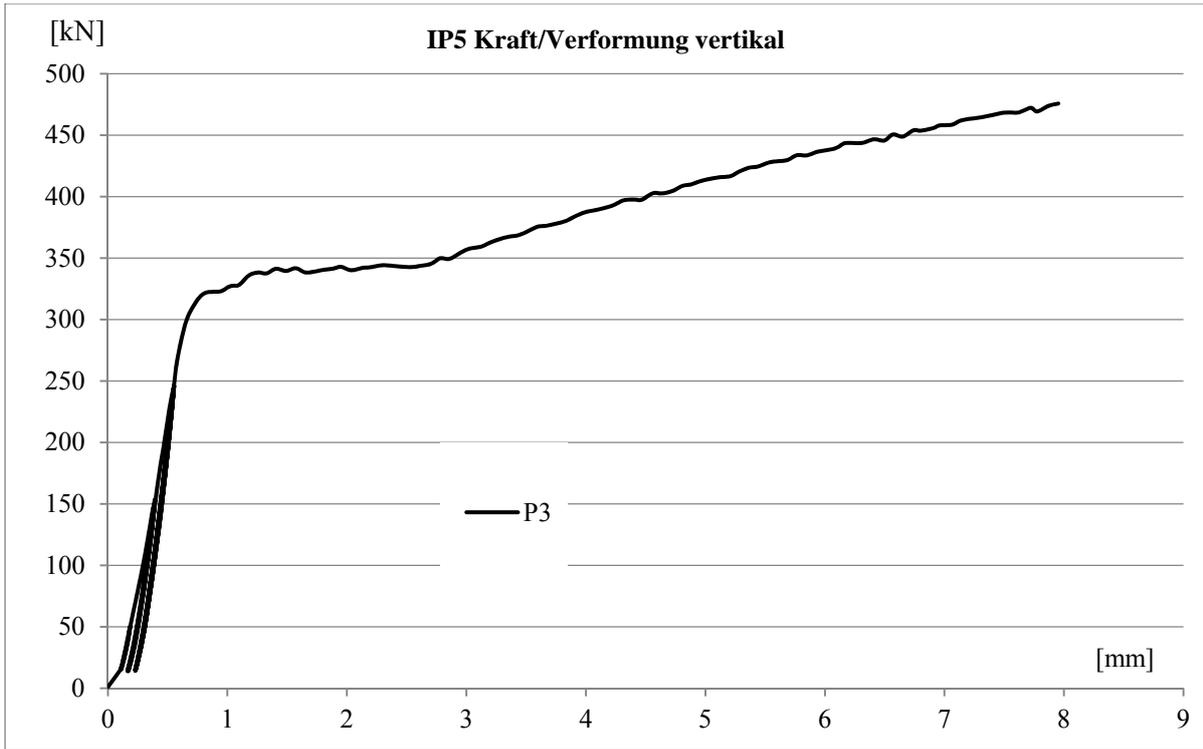
Phase I: Kleinversuche zur konzentrierten Kraftübertragung in der verzahnten Fuge - Stahl/Stahl						
Versuchs-nr.	Bezeichnung Neigung/Zahnhöhe/ Zahngrundlänge b/t/h	Anzahl	Art der Verzahnung	Art der vert. Lastaufbringung	Prüfgeschwindigkeit [mm/sec]	Material
I/R	Stahlreferenzprisma 32/40/200mm	1	S/S	Monoton/Druck	0,6	S235 Charge 1
I/P1/2	Stahlprisma 30°/2,8/3,5mm 32/40/200mm	2	S/S	Monoton/Druck	0,6	S235 Charge 1
I/P3/4	Stahlprisma 30°/3/5mm 32/40/200mm	2	S/S	Monoton/Druck	0,6	S235 Charge 1
I/P5/6	Stahlprisma 20°/2,8/3,5mm 32/40/200mm	2	S/S	Monoton/Druck	0,6	S235 Charge 2
I/P7/8	Stahlprisma 25°/2,8/3,5mm 32/40/200mm	2	S/S	Monoton/Druck	0,6	S235 Charge 2
I/P9/10	Stahlprisma 45°/2,8/3,5mm 43/40/200mm	2	S/S	Monoton/Druck	0,6	S235 Charge 2
I/P11/12	Stahlprisma 50°/2,8/3,5mm 46/40/200mm	2	S/S	Monoton/Druck	0,6	S235 Charge 2
I/P13	Stahlprisma 70°/2,8/3,5mm 56/40/200mm	1	S/S	Monoton/Druck	0,6	S235 Charge 2
I/P14	Stahlprisma 90°/2,8/3,5mm 61/40/200mm	1	S/S	Monoton/Druck	0,6	S235 Charge 2



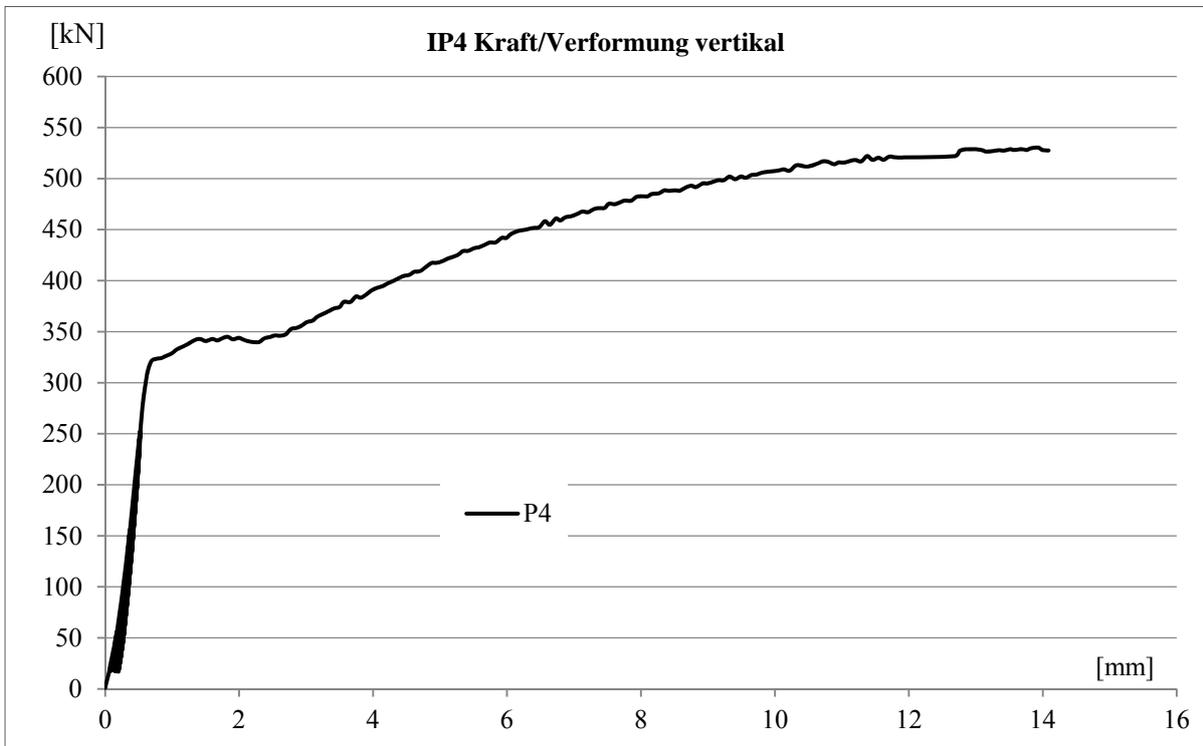
IP2



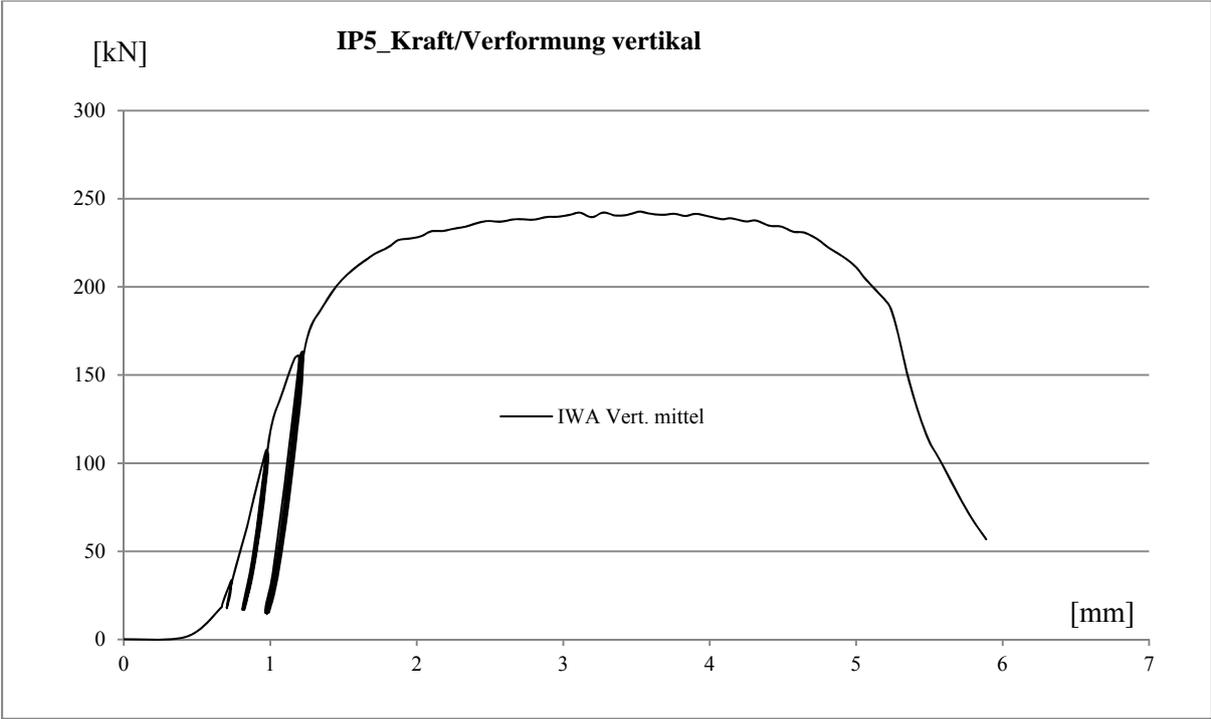
IP3



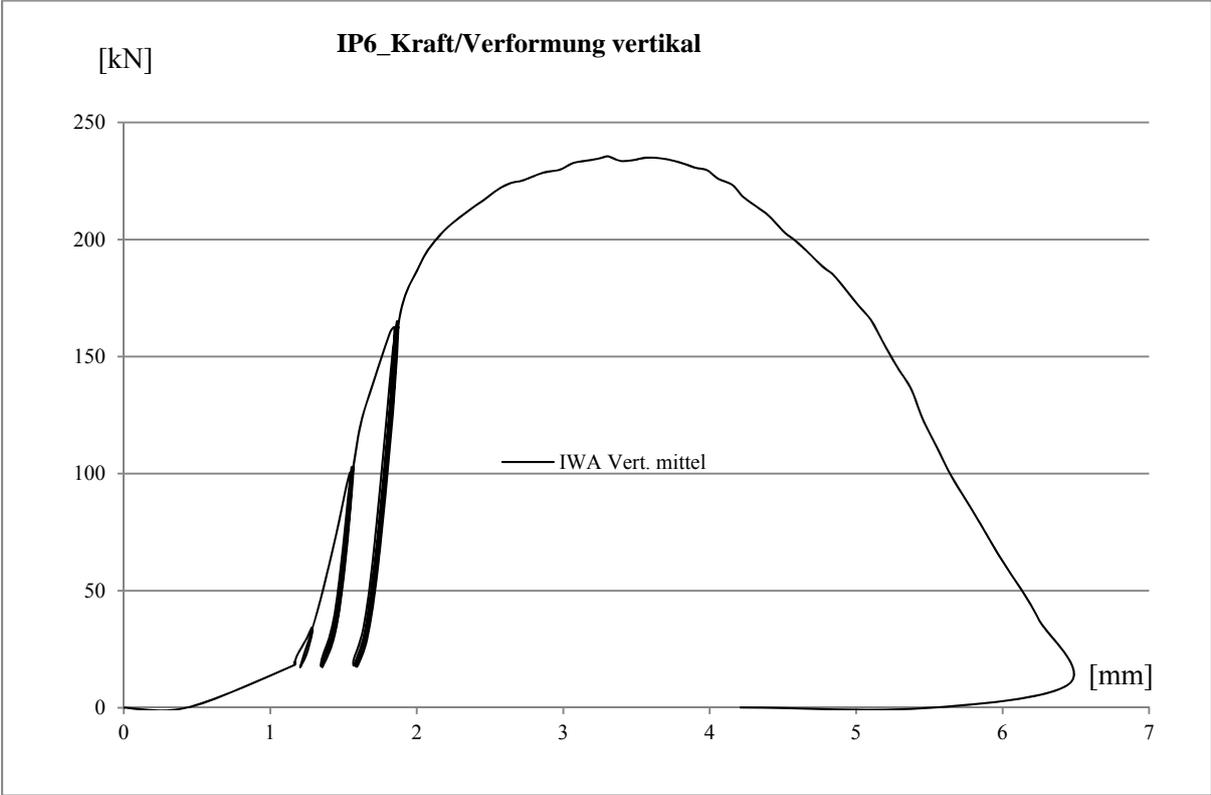
IP4



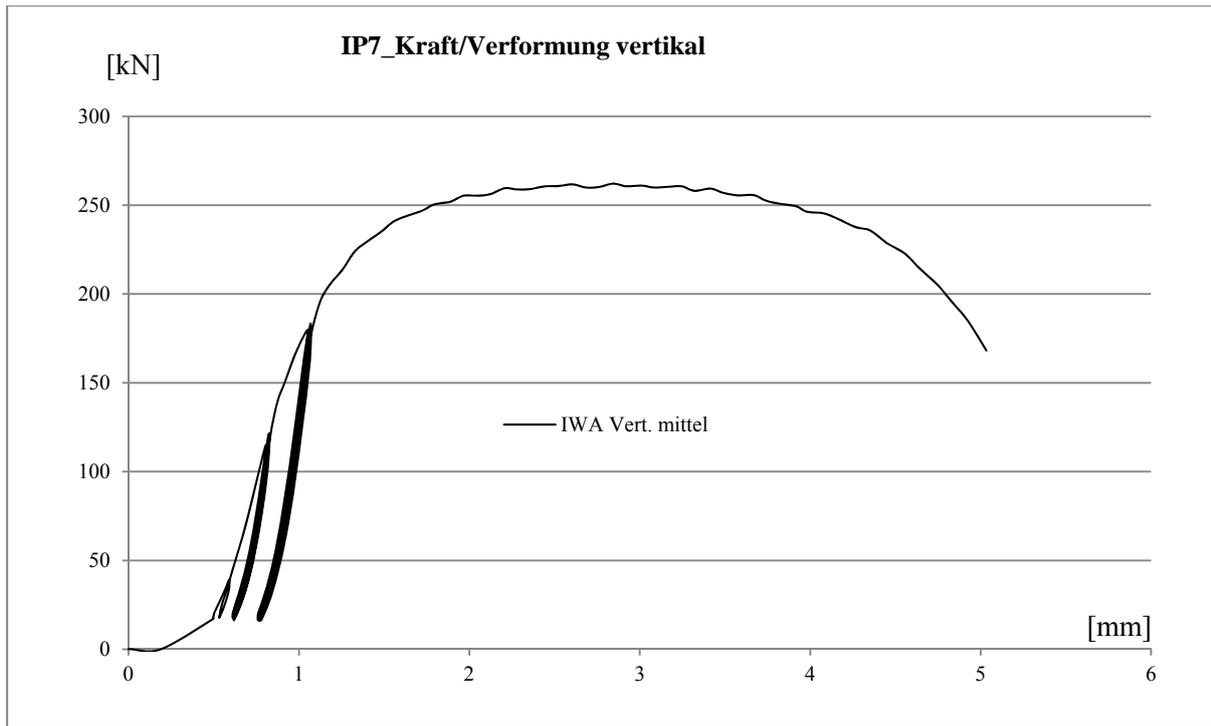
IP5



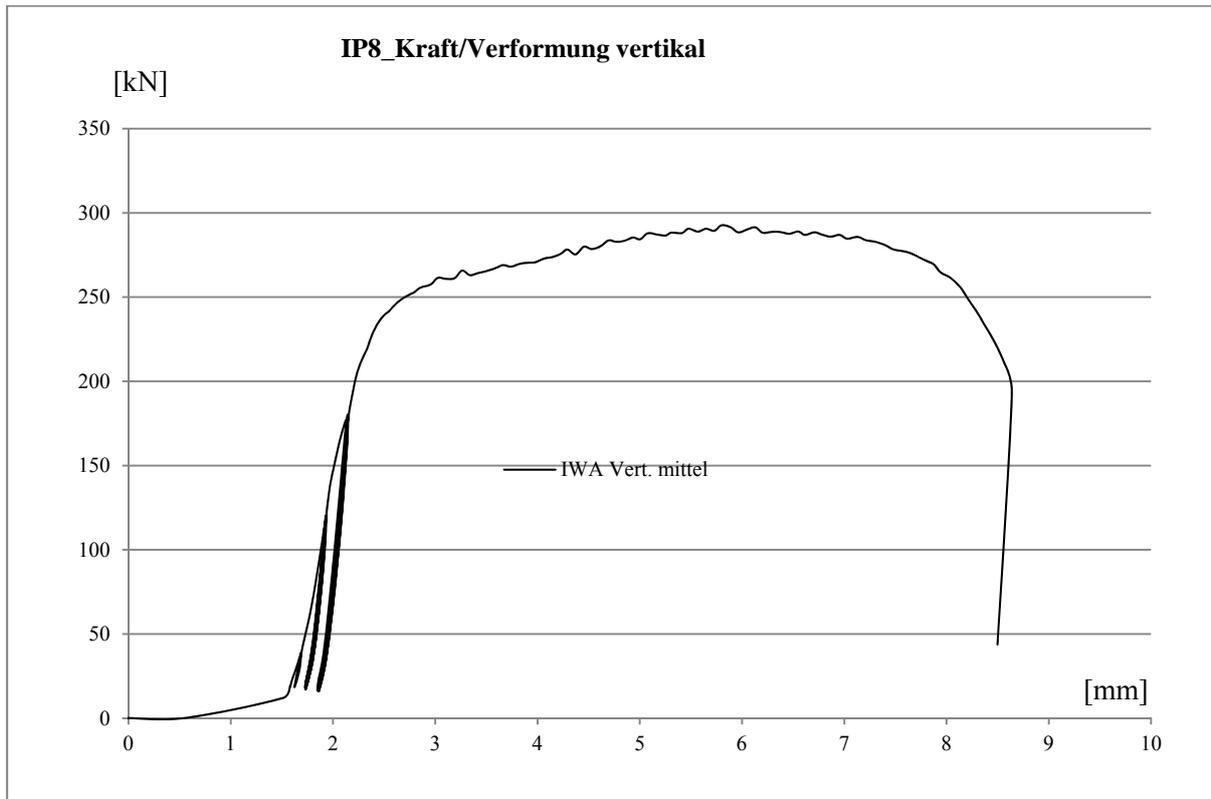
IP6



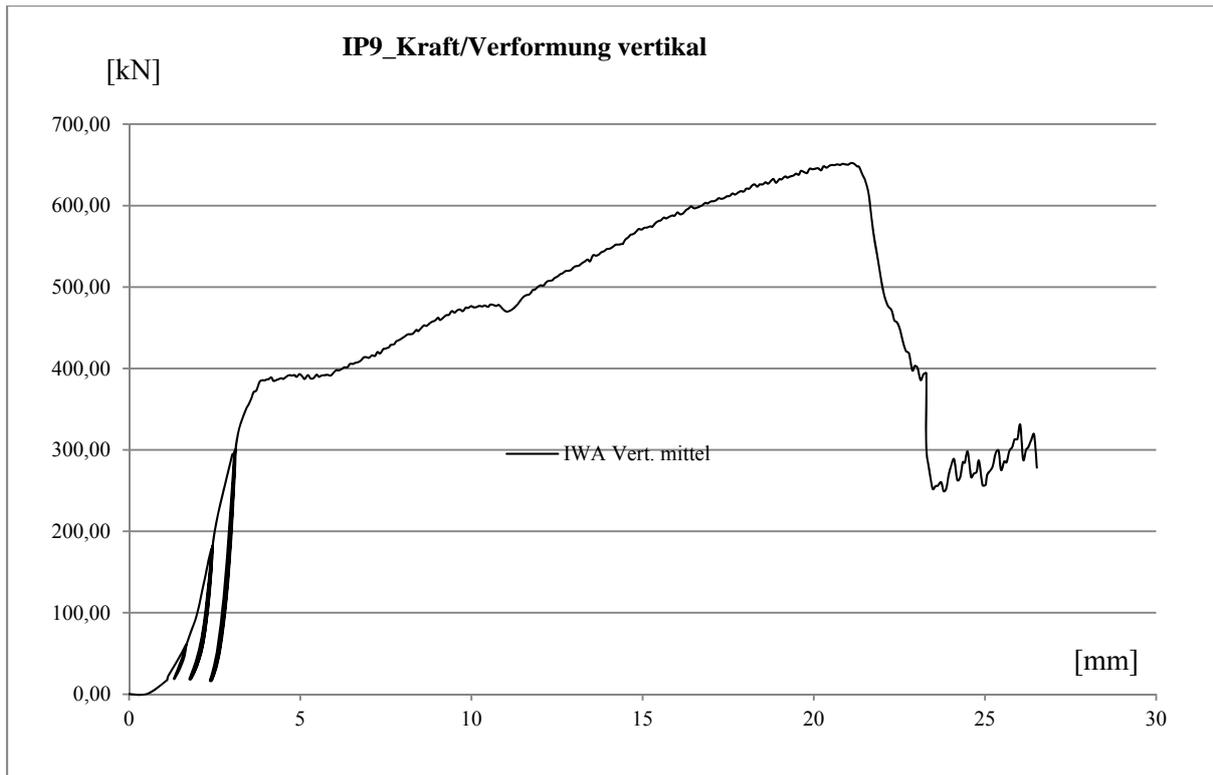
IP7



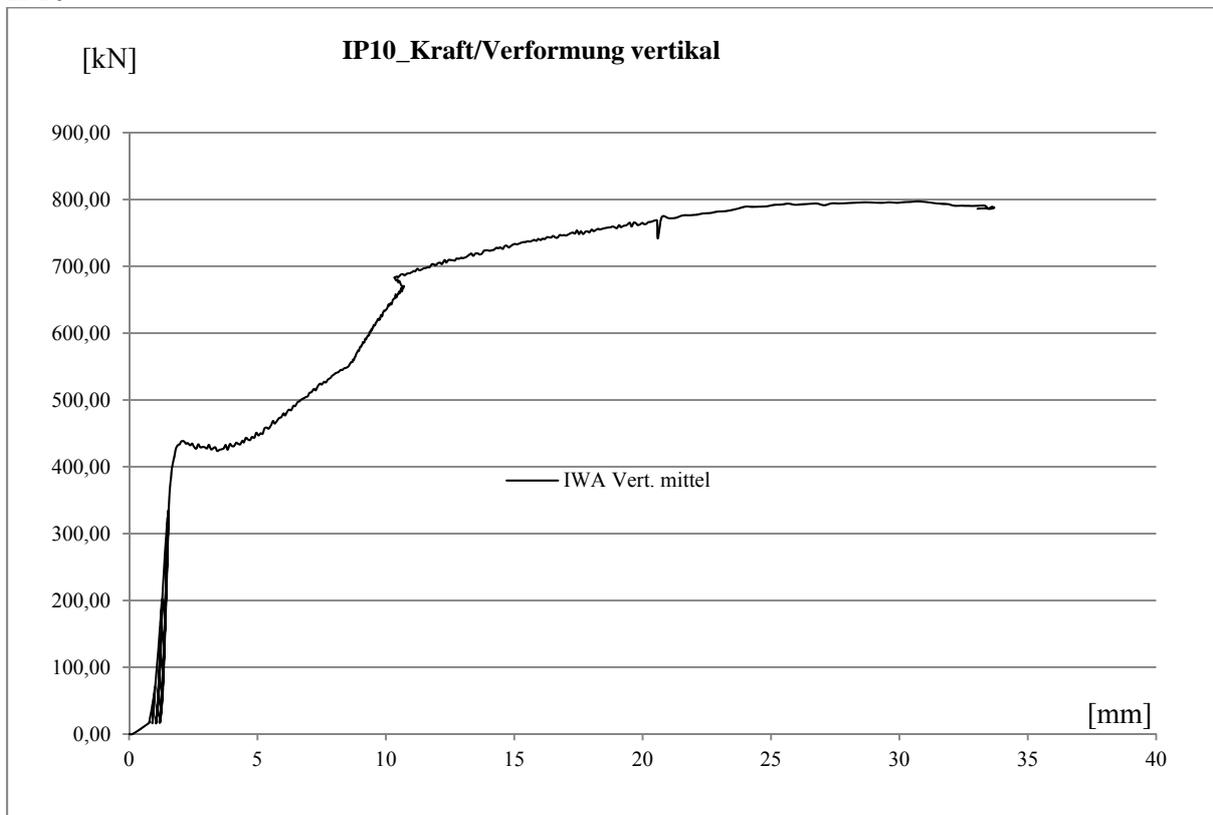
IP8



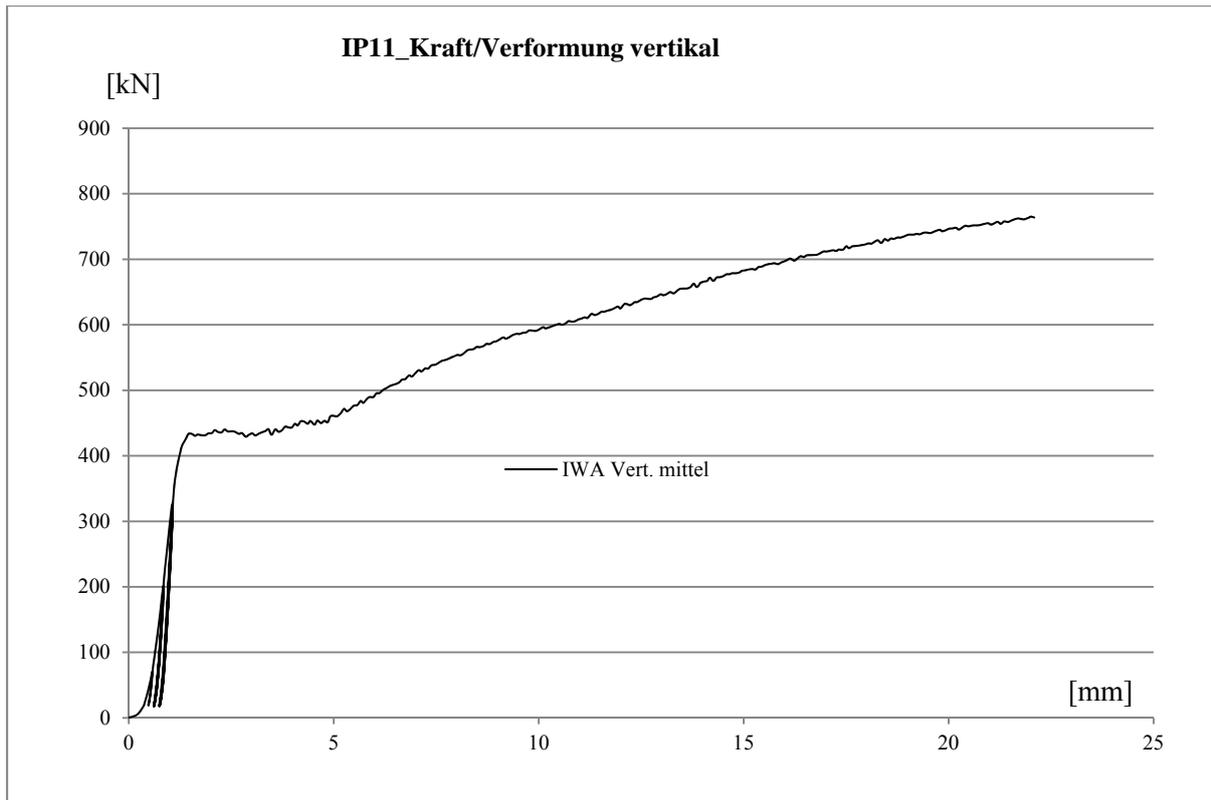
IP9



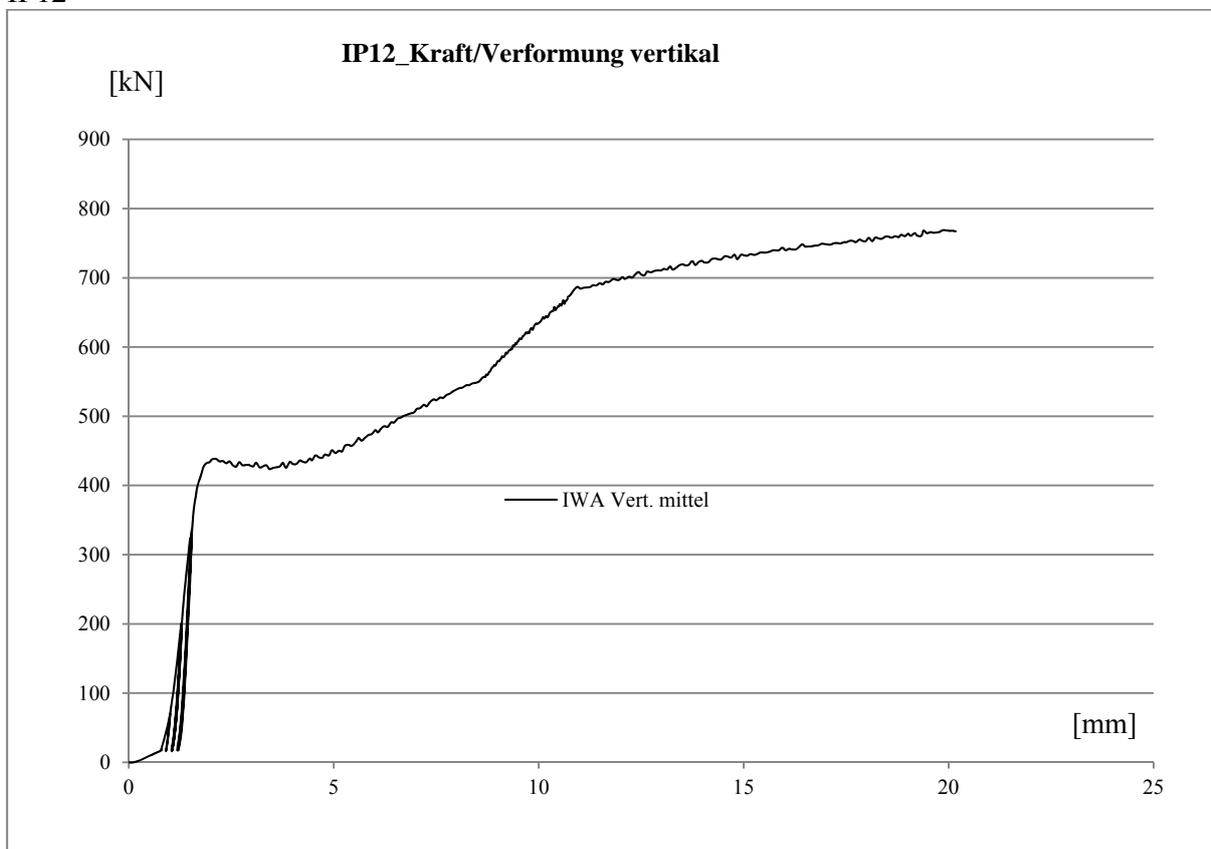
IP10



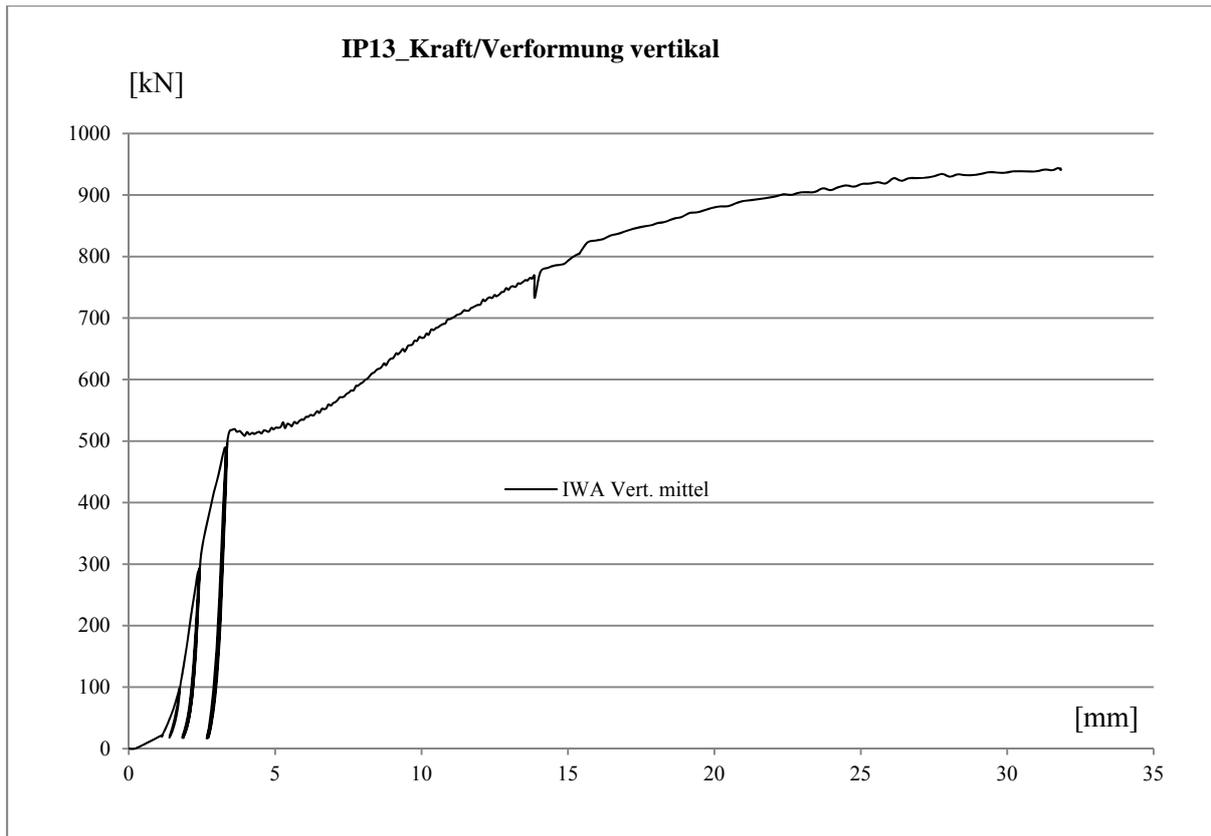
IP11



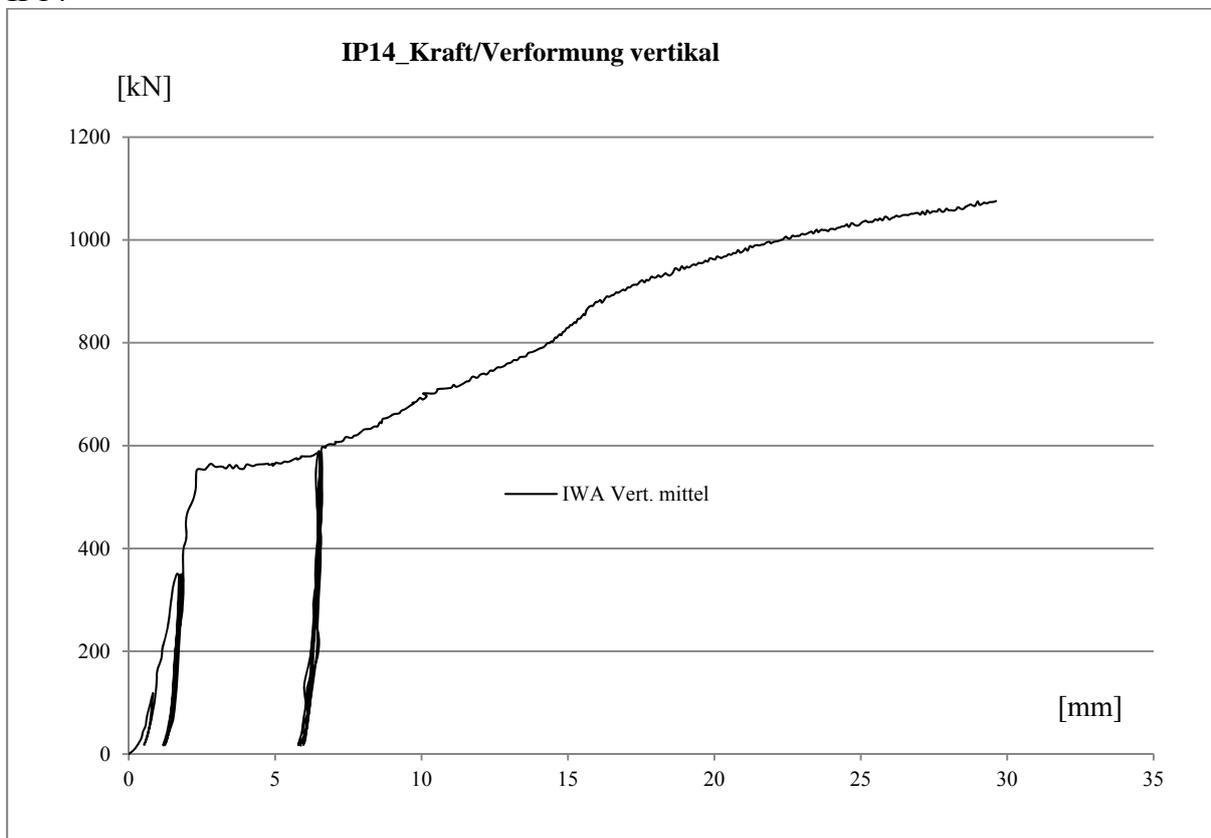
IP12



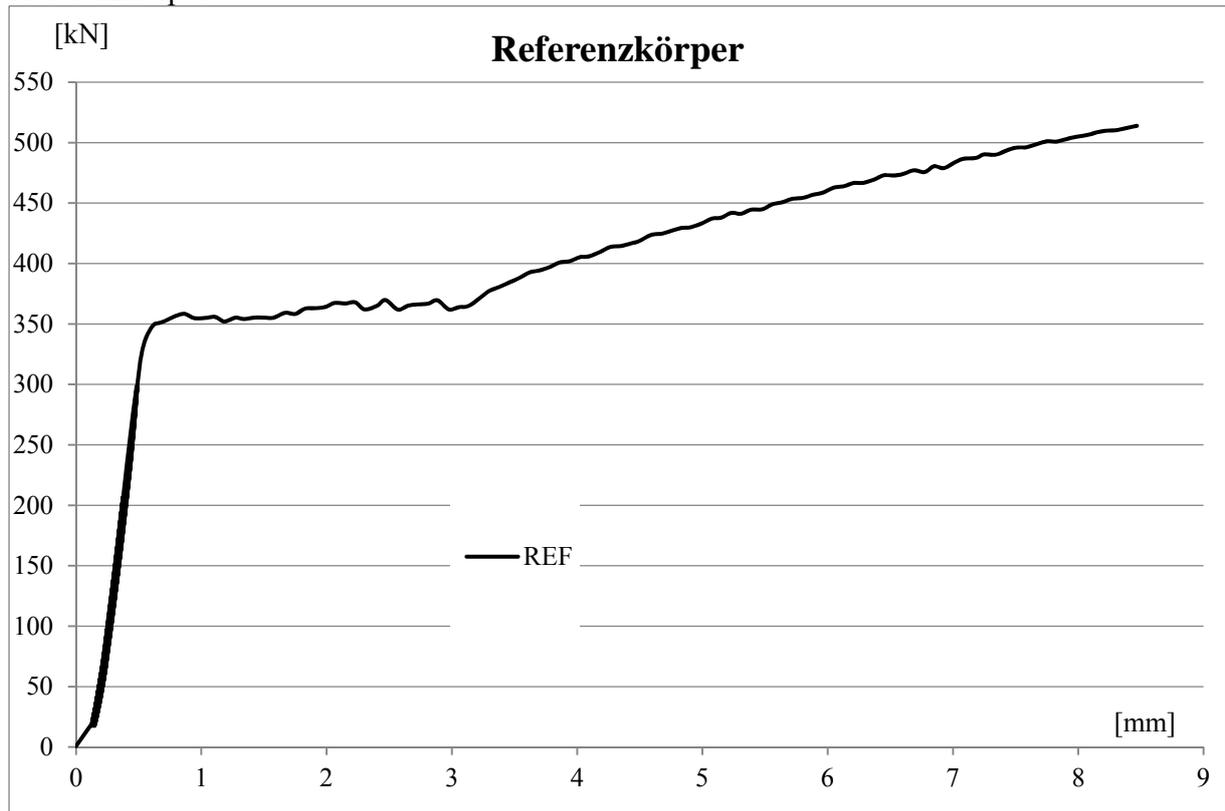
IP13



IP14



Referenzkörper



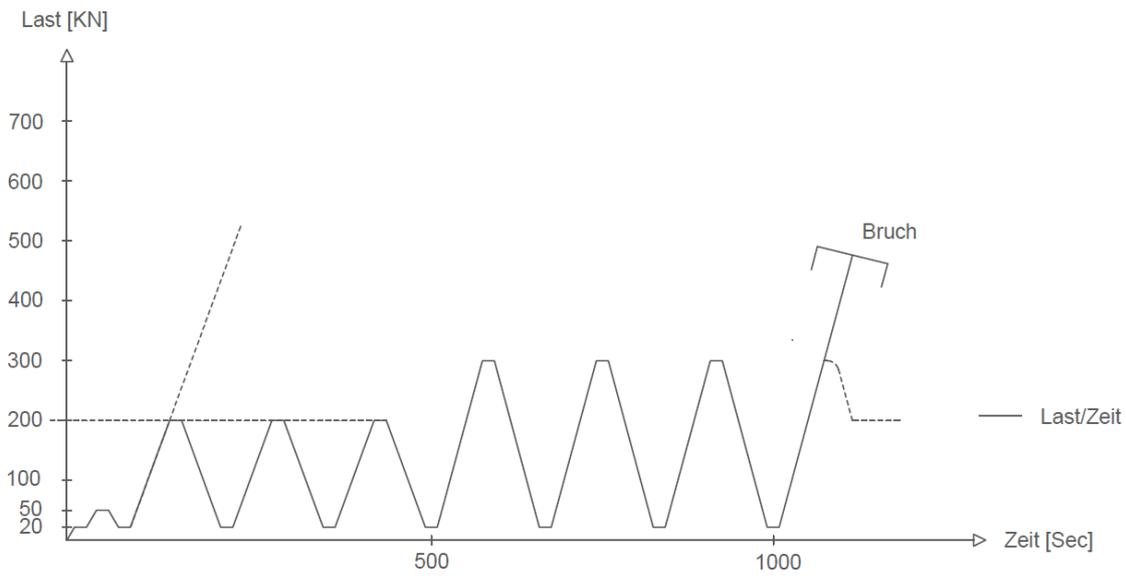


Abb.VB1.2: Laststufen-Diagramm – Referenzprüfkörper

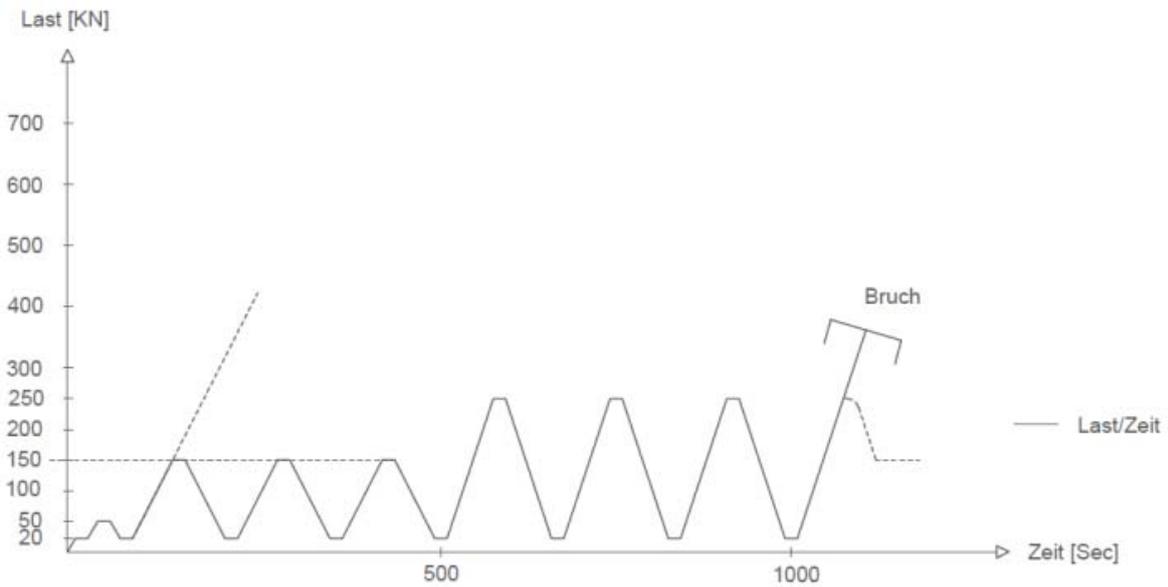


Abb.VB1.3: Laststufen-Diagramm – gezahnte PK beispielhaft

Anhang VB2: Dokumentation Versuche Phase II

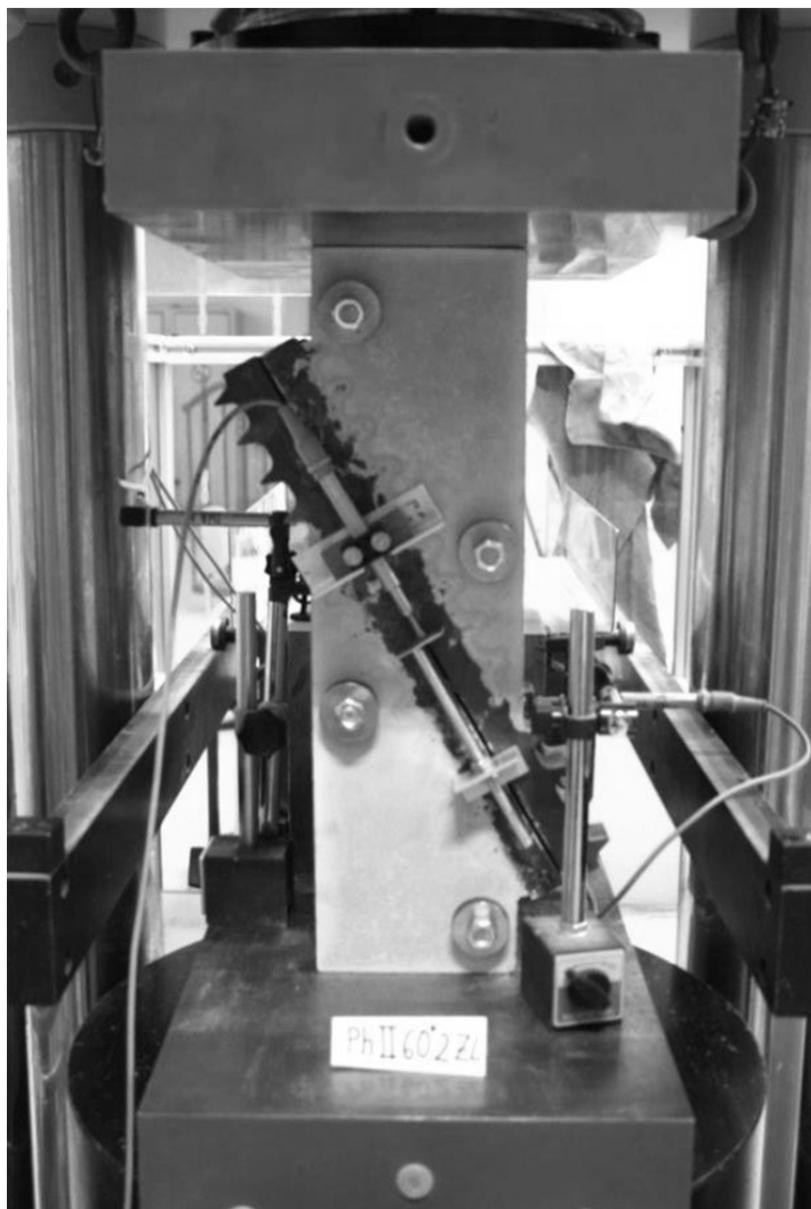


Abb.VB2.1: Versuchsaufbau

Phase II: Kleinversuche zur konzentrierten Kraftübertragung in der verzahnten Fuge - Stahl/Stahl und Stahl/Beton						
Versuchsnr.	Bezeichnung	Art der Verzahnung	Art der Lastauf-bringung	Prüfge- schwindigkeit [mm/sec]	Stahl Einbauteil	Beton
II/R1	Betonreferenzprisma 14/14/50cm	x	Monoton/Druck	0,6	x	Ultralith
II/R2	Betonreferenzprisma 261/14/50cm	x	Monoton/Druck	0,6	x	Ultralith
II/R3	Betonreferenzprisma 14/5/50cm	x	Monoton/Druck	0,6	x	Ultralith
II/R4	Betonreferenzprisma 261/5/50cm	x	Monoton/Druck	0,6	x	Ultralith
II/P1	St/St/Bet_2ZL 30°; 14/14/50cm	S/B_S/S	Monoton/Druck	0,6	S235	Ultralith
II/P2	St/St/Bet_2ZL 70°; 261/14/50cm	S/B_S/S	Monoton/Druck	0,6	S235	Ultralith
II/P3	St/St/Bet_1ZL 30°; 14/5/50cm	S/B_S/S	Monoton/Druck	0,6	S235	Ultralith
II/P4	St/St/Bet_1ZL 30°; 14/5/50cm	S/B_S/S	Monoton/Druck	0,6	S235	Ultralith
II/P5	St/St/Bet_1ZL 70°; 261/5/50cm	S/B_S/S	Monoton/Druck	0,6	S235	Ultralith

Bezeichnung	PhII Ref - 70-1		
Beschreibung	Referenzkörper zum PK mit einer Zahnleiste, 20°. Homogener Betonkörper mit identischen Grundrissabmessungen wie Prisma mit einer Zahnleiste unter 20°.		
Herstelldatum	19.10.2016	Betonalter	32d
Prüfdatum	21.11.2016	Lagerung	an der Luft
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]		
Prüfmaschine	Lastrahmen Bauform 2031 (Toni Technik GmbH) 3,0 MN		
a x b [mm]	261,16 x 50,75		
A [cm ²]	132,54		
h [mm]	502		
Wegaufnehmer	2x vertikal		
Versagensart	Betondruckversagen über das gesamte Bauteil		
Bruchlast	[kN]	1168,81	
Bruchspannung	[N/mm ²]	88,19	

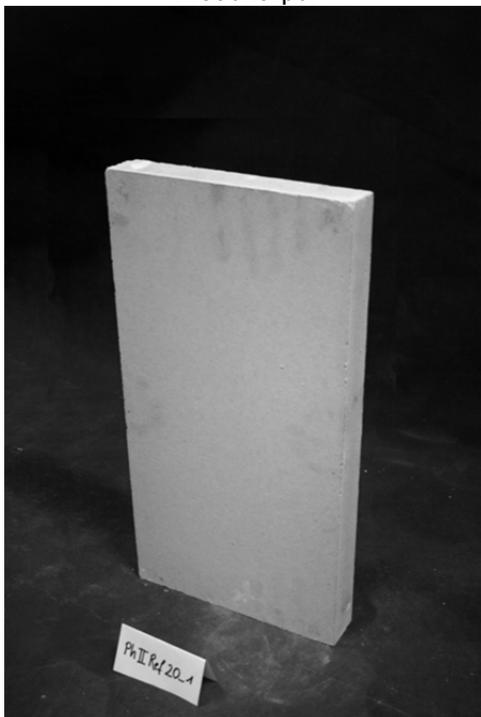
Belastungsgeschwindigkeit

0,6 mm/min = 0,01 mm/sek

Belastungsprotokoll

siehe Laststufen-Diagramm für 1 Zahnleiste

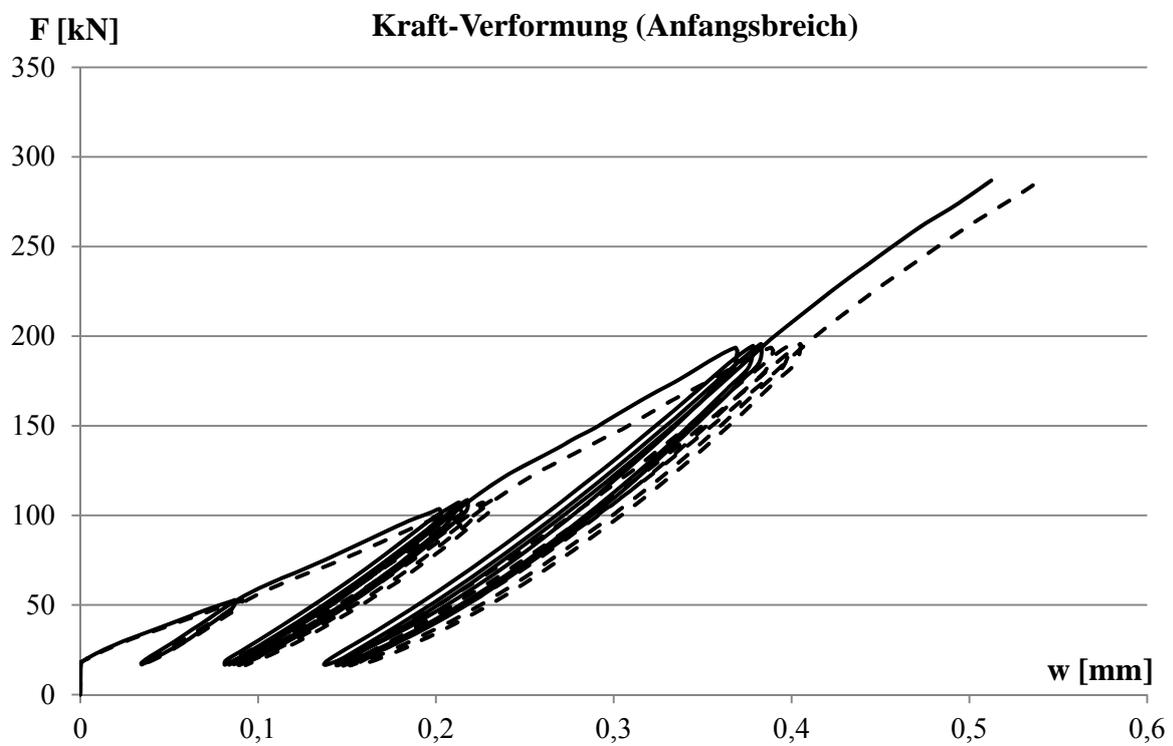
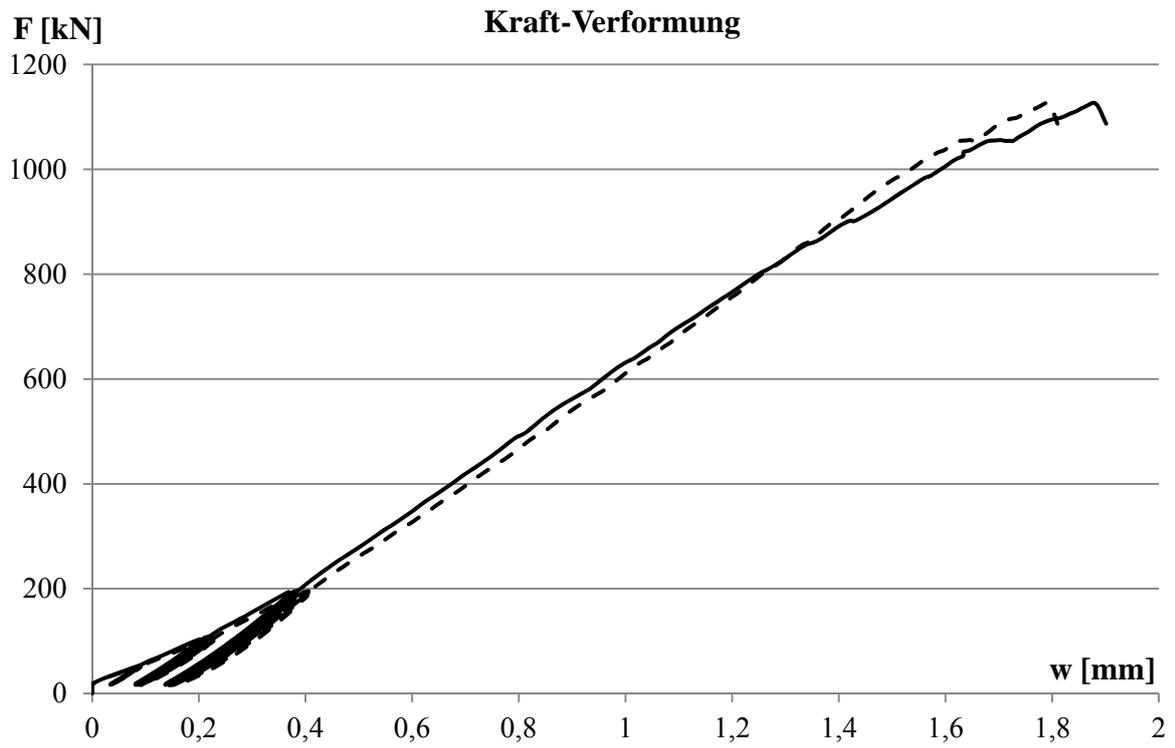
Probekörper



Bruchbild



PhII Ref - 70-1



Bezeichnung	PhII Ref - 70-2		
Beschreibung	Referenzkörper zum PK mit zwei Zahnleisten, 20°. Hohlraum in der Mitte, da die Kraft analog zum Prüfkörper nur über die seitlichen Stege abgetragen werden soll. Zusätzliche Sicherung durch Gewindestangen gegen Querkzugversagen.		
Herstelldatum	19.10.2016	Betonalter	32d
Prüfdatum	21.11.2016	Lagerung	an der Luft
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]		
Prüfmaschine	Lastrahmen Bauform 2031 (Toni Technik GmbH) 3,0 MN		
a x b [mm]	260,50 x 139,40	a _{eff} x b _{eff} [mm]	2 x 35 x 260,50
A [cm ²]	363,14	A _{eff} [cm ²]	182,35
h [mm]	501		
Wegaufnehmer	2x vertikal		
Versagensart	Leichte Risse an der Oberkante. Versagen durch Druckbruch in den Stegen. Es wird die effektive Betonfläche entlang der geneigten Stege maßgebend.		
Bruchlast	[kN]	1663,93	
Bruchspannung	[N/mm ²]	91,25	

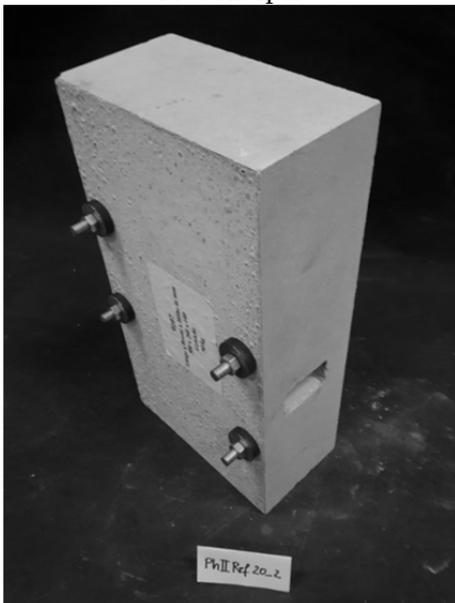
Belastungsgeschwindigkeit

0,6 mm/min = 0,01 mm/sek

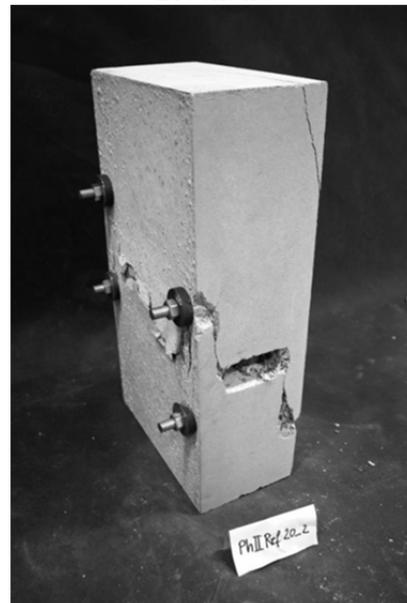
Belastungsprotokoll

siehe Laststufen-Diagramm für 2 Zahnleistenpaare

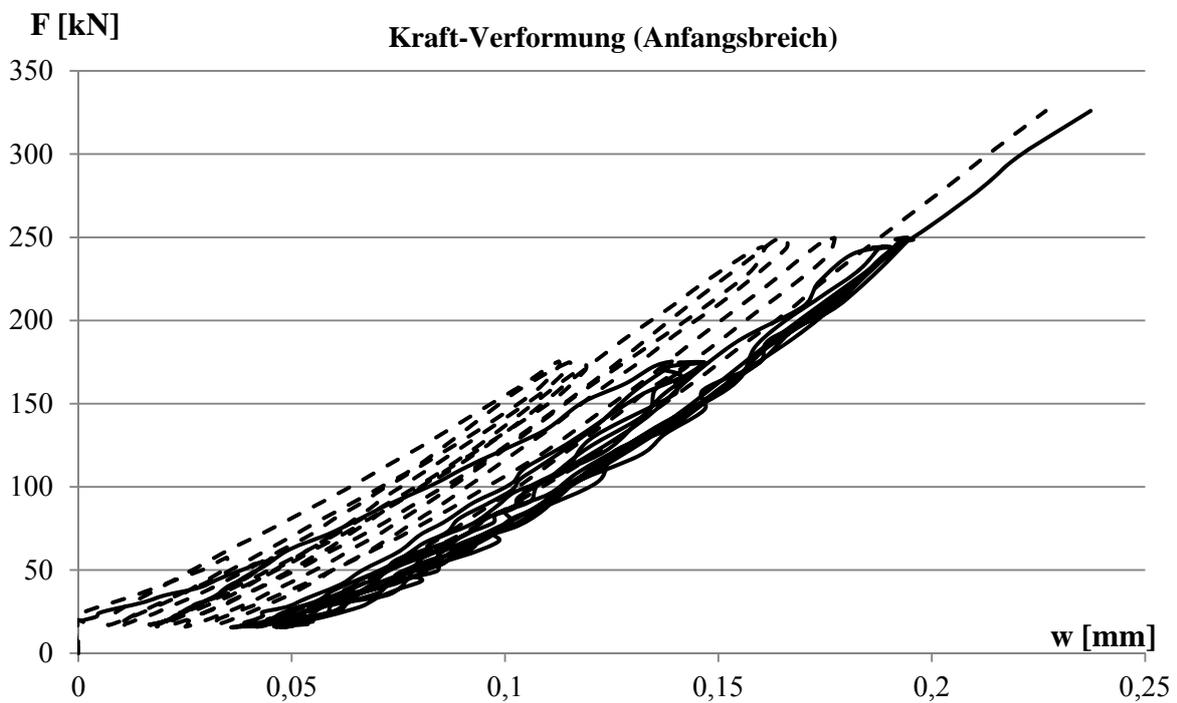
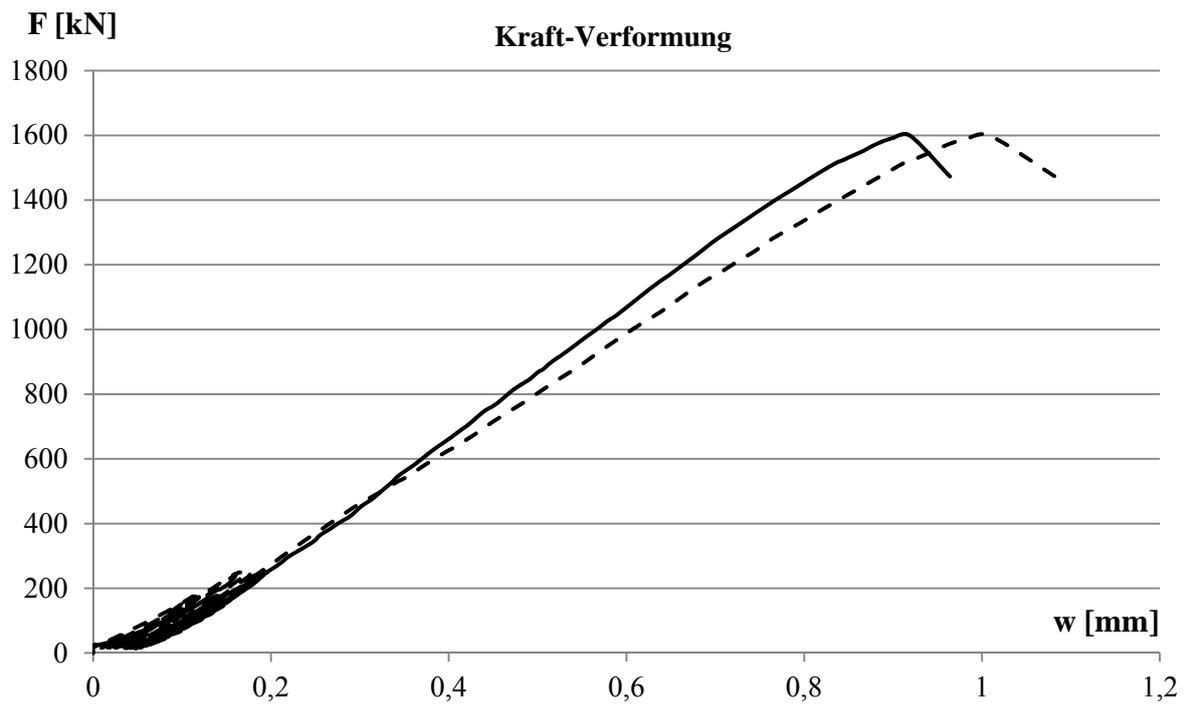
Probekörper



Bruchbild



PhII Ref - 70-2



Bezeichnung	PhII - Ref - 30-1		
Beschreibung	Referenzkörper zum PK mit einer Zahnleiste, 60°. Homogener Betonkörper mit identischen Grundrissabmessungen wie Prisma mit einer Zahnleiste unter 20°.		
Herstelldatum	19.10.2016	Betonalter	32d
Prüfdatum	21.11.2016	Lagerung	an der Luft
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]		
Prüfmaschine	Lastrahmen Bauform 2031 (Toni Technik GmbH) 3,0 MN		
a x b [mm]	140,38 x 50,75		
A [cm ²]	71,24		
h [mm]	501		
Wegaufnehmer	2x vertikal		
Versagensart	Starke Betonabplatzungen am Fußpunkt des Probekörpers. Vermutlich durch Entmischung in diesem Bereich		
Bruchlast	[kN]	471,29	
Bruchspannung	[N/mm ²]	66,16	

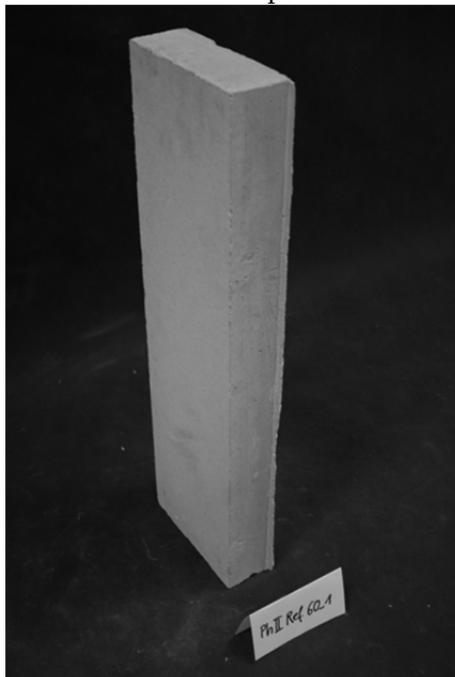
Belastungsgeschwindigkeit

0,6 mm/min = 0,01 mm/sek

Belastungsprotokoll

siehe Laststufen-Diagramm für 1 Zahnleistenpaar

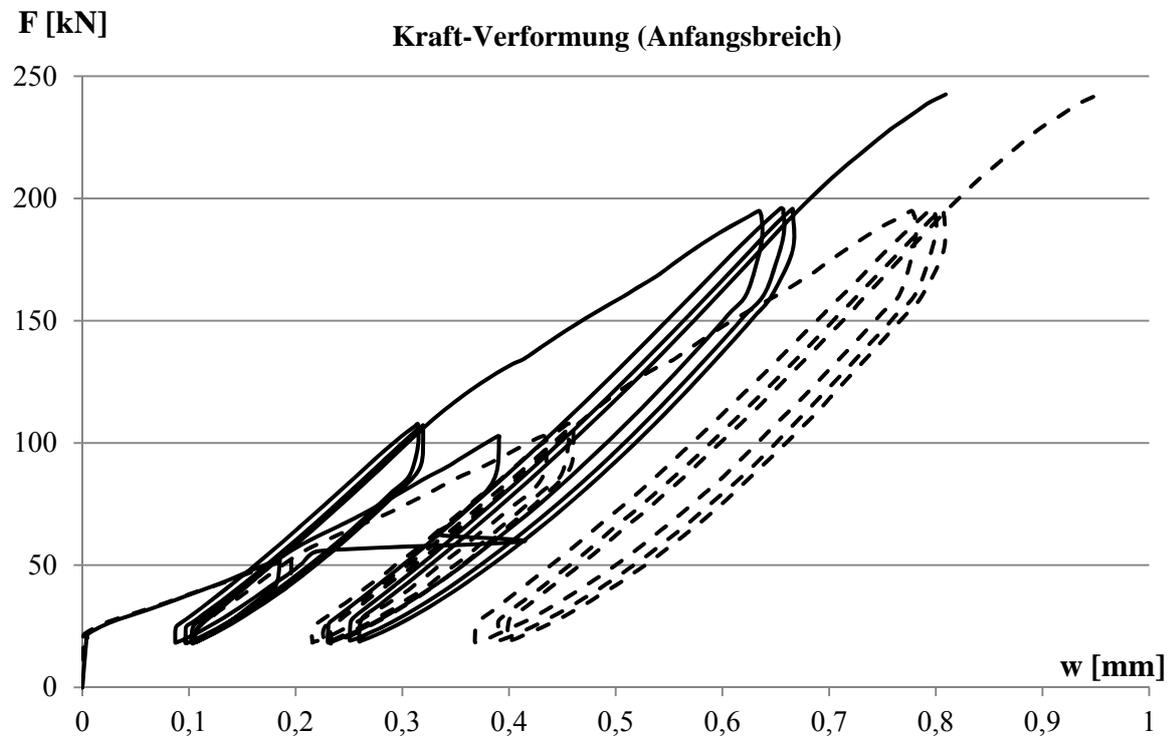
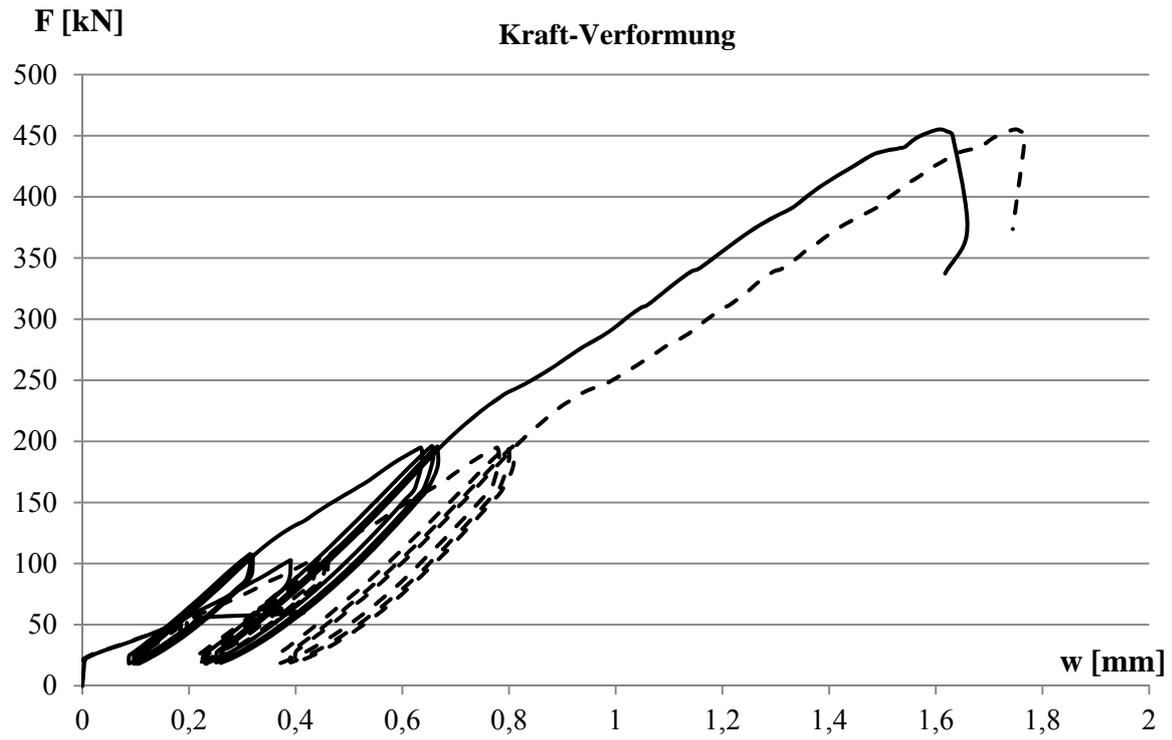
Probekörper



Bruchbild



PhII - Ref - 30-1

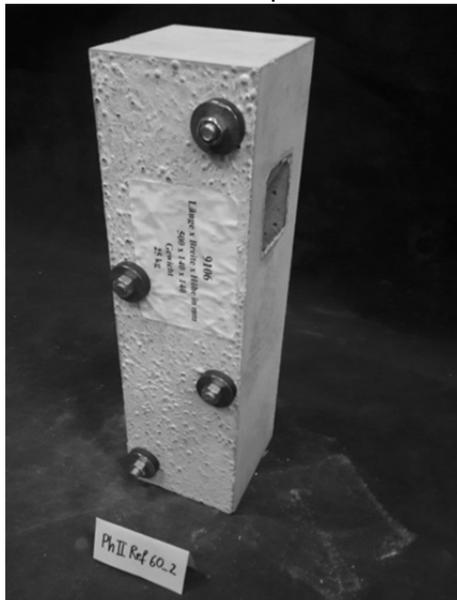


Bezeichnung	PhII - Ref - 30-2		
Beschreibung	Referenzkörper zum PK mit zwei Zahnleisten, 60°. Hohlraum in der Mitte, da die Kraft analog zum Prüfkörper nur über die seitlichen Stege abgetragen werden soll. Zusätzliche Sicherung durch Gewindestangen gegen Querkzugversagen.		
Herstelldatum	19.10.2016	Betonalter	32d
Prüfdatum	21.11.2016	Lagerung	an der Luft
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]		
Prüfmaschine	Lastrahmen Bauform 2031 (Toni Technik GmbH) 3,0 MN		
a x b [mm]	139,88 x 140,59	a _{eff} x b _{eff} [mm]	2 x 35 x 140,59
A [cm ²]	196,66	A _{eff} [cm ²]	98,41
h [mm]	501		
Wegaufnehmer	2x vertikal		
Versagensart	Leichte Risse aus Querkzug, da die Gewindestangen zu weit von der Aussparung angebracht sind. Prüfkörper schert entlang der Stege ab. Es wird die effektive Betonfläche maßgebend.		
Bruchlast	[kN]	792,40	
Bruchspannung	[N/mm ²]	80,52	

Belastungsgeschwindigkeit 0,6 mm/min = 0,01 mm/sek

Belastungsprotokoll siehe Laststufen-Diagramm für 2 Zahnleistenpaare

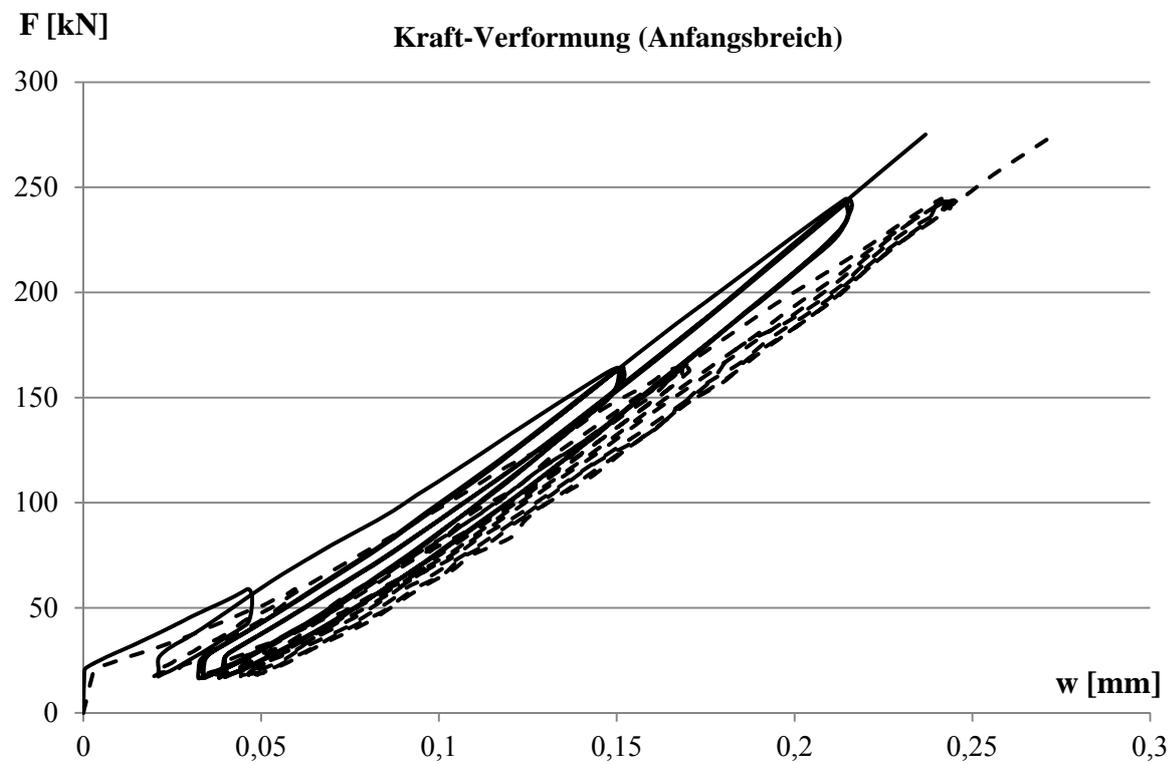
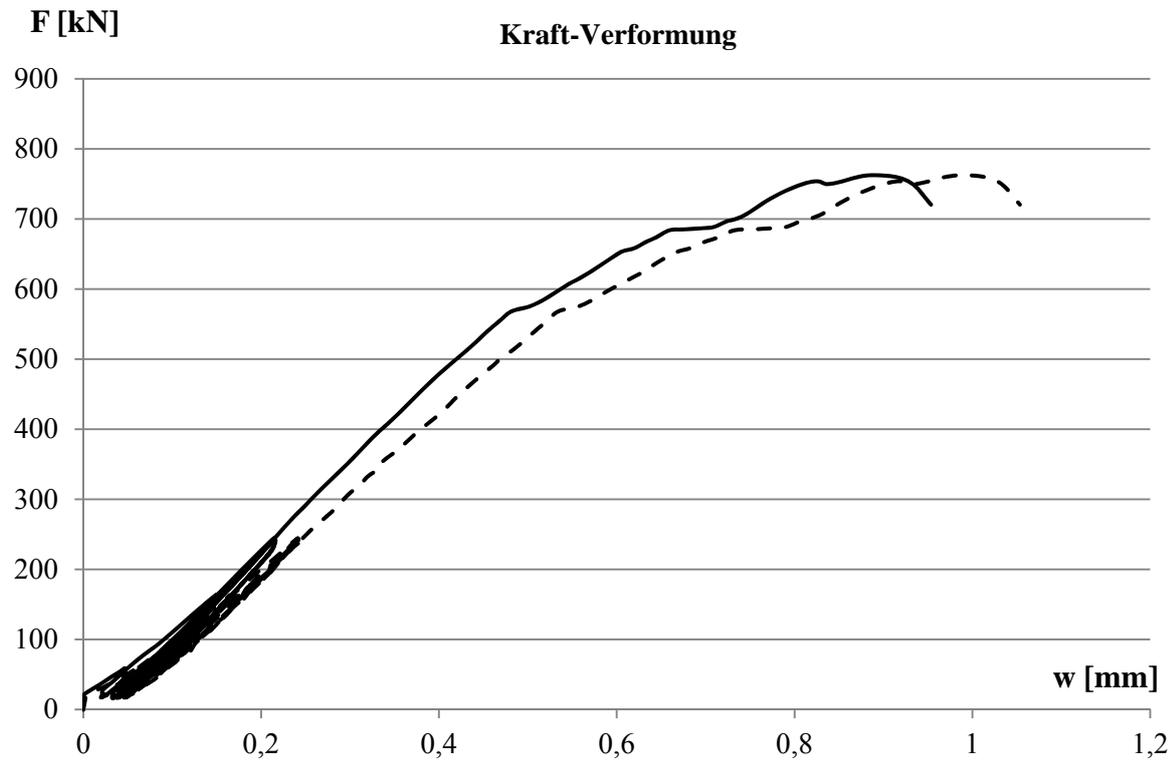
Probekörper



Bruchbild



PhII - Ref - 30-2



Belastungsprotokolle

Laststufen für 1 Zahnleistenpaar

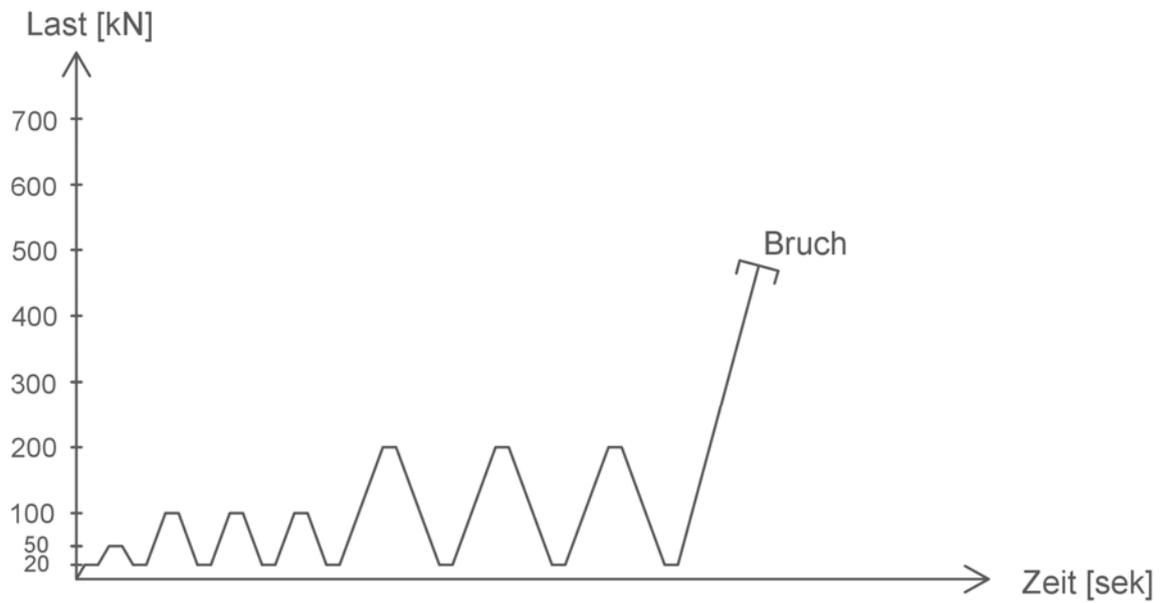


Abb.VB2.2: Laststufen-Diagramm für PK mit einem Zahnleistenpaar

Laststufen für 2 Zahnleistenpaare

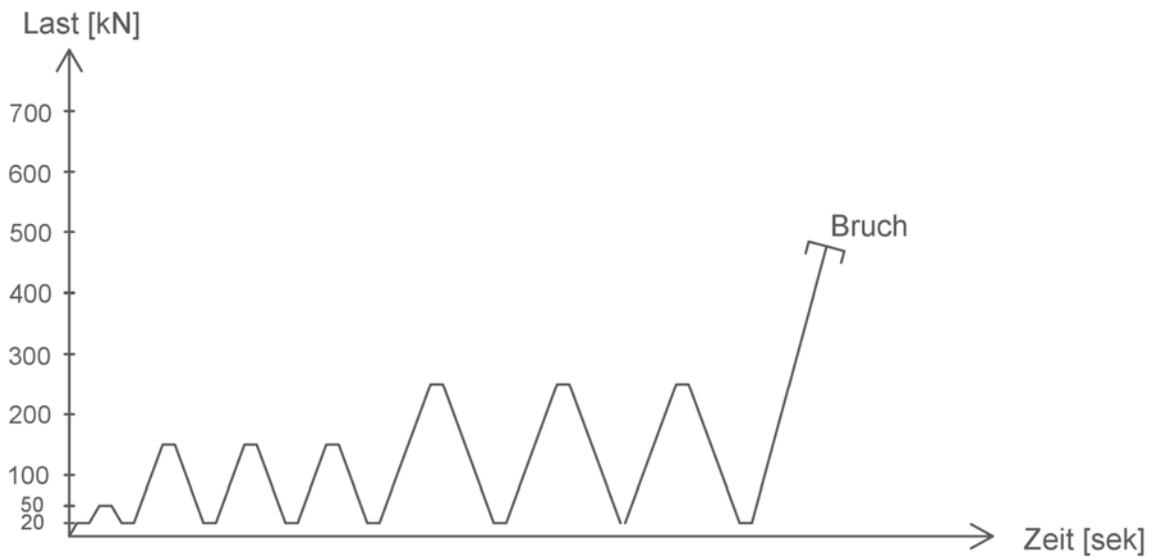


Abb.VB2.3: Laststufen-Diagramm für PK mit zwei Zahnleistenpaaren

Verschiebungsrichtungen

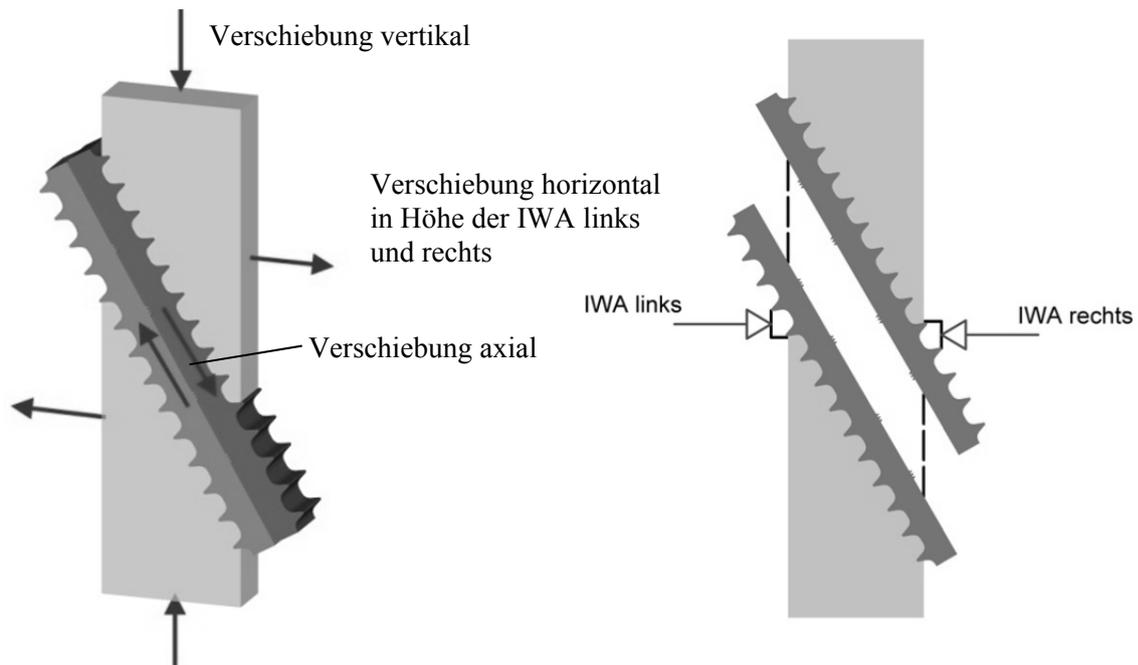


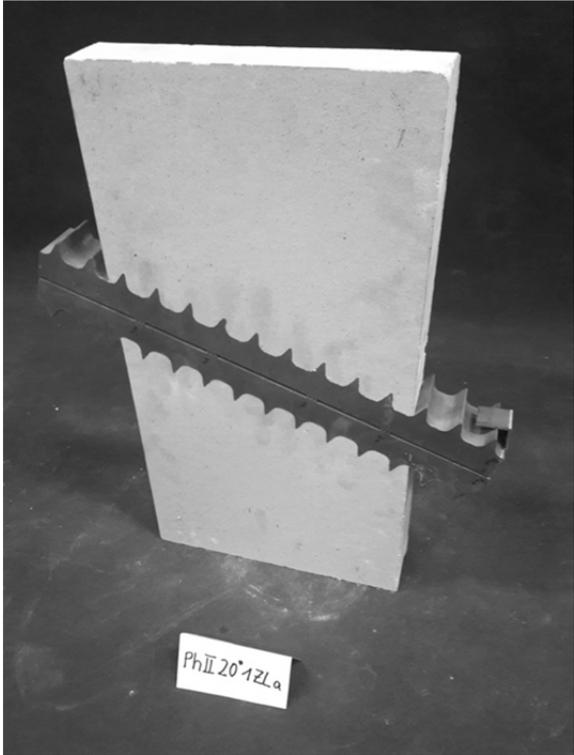
Abb.VB.2.4: Probekörper mit Verschiebungsrichtungen

Vorzeichenregelung	F	ε
Negativ	Zug	Dehnung
Positiv	Druck	Stauchung

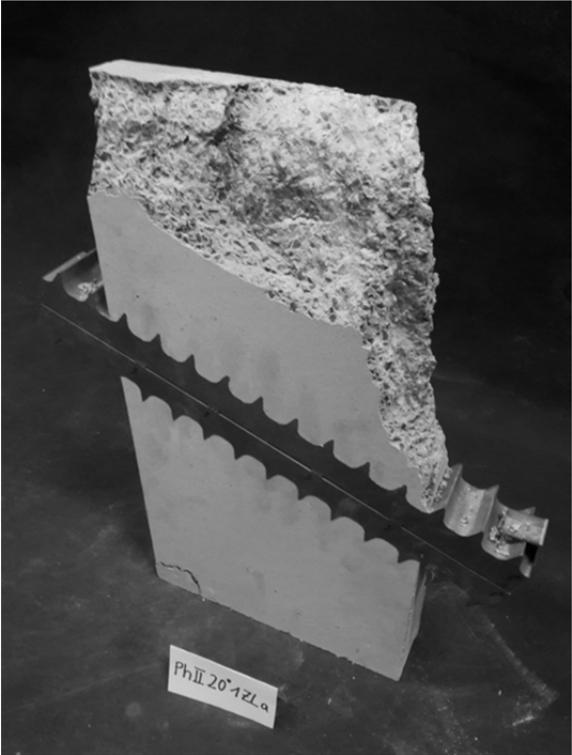
Bezeichnung		PhII - 70°-1ZL-a	
Beschreibung		1 Zahnleistenpaar, 20° Betonkörper mit einem unter 20° geneigten Zahnleistenpaar	
Herstelldatum	19.10.2016	Betonalter	33d
Prüfdatum	22.11.2016	Lagerung	an der Luft
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]		
Prüfmaschine	Lastrahmen Bauform 2031 (Toni Technik GmbH) 3,0 MN		
a x b [mm]	260,64 x 49,60		
A [cm ²]	129,28		
h [mm]	500		
Wegaufnehmer	2x horizontal 1x vertikal 1x axial		
Versagensart	Leichte Abplatzungen an der Unterkante, starke Abplatzungen an der Oberkante durch Schiefstellung des gesamten Probekörpers. Zähne werden leicht ineinander gestaucht und plastisch verformt. Der Beton wird maßgebendes Element.		
Bruchlast	[kN]	1030,29	
Bruchspannung	[N/mm ²]	79,69 (Spannung im Beton)	
Belastungsgeschwindigkeit	0,6 mm/min = 0,01 mm/sek		
Belastungsprotokoll	siehe Laststufen-Diagramm für 1 Zahnleistenpaar		

PhII - 70°-1ZL-a

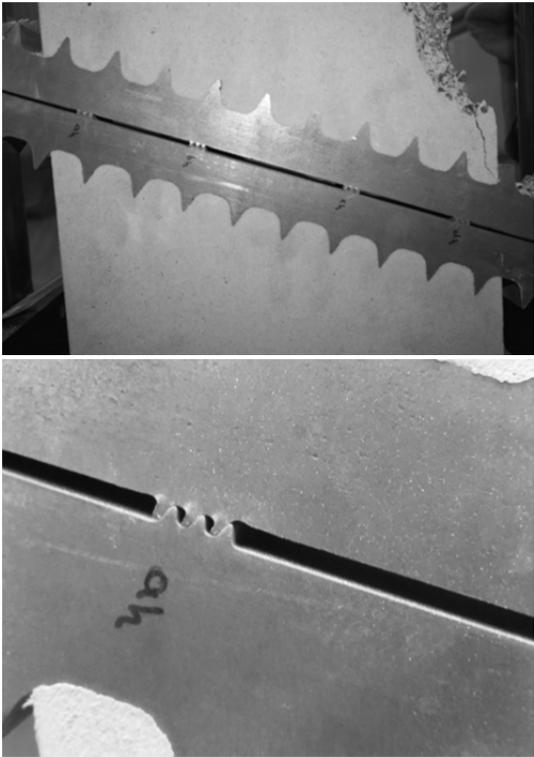
Probekörper



Bruchbild



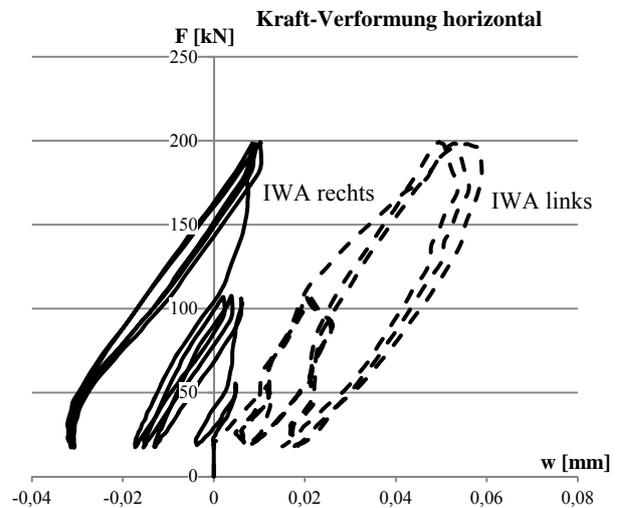
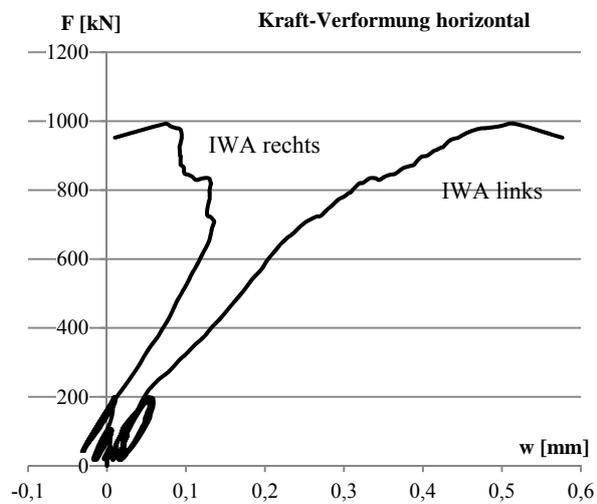
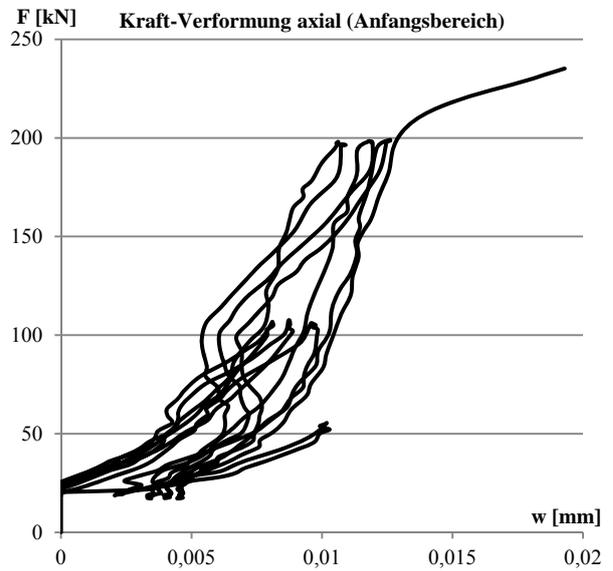
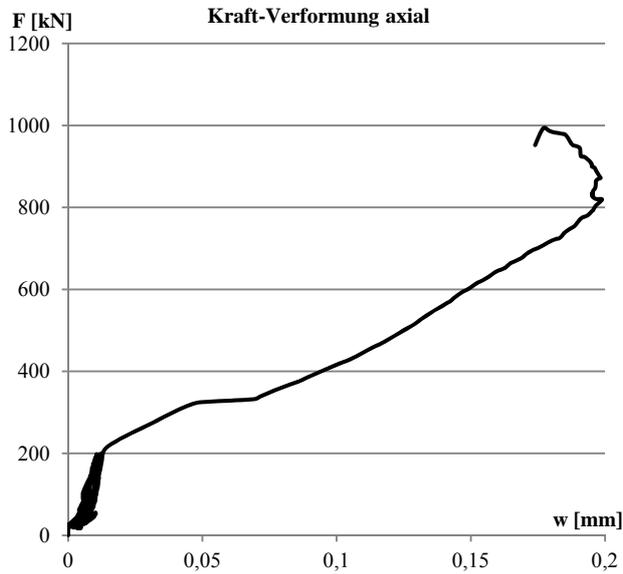
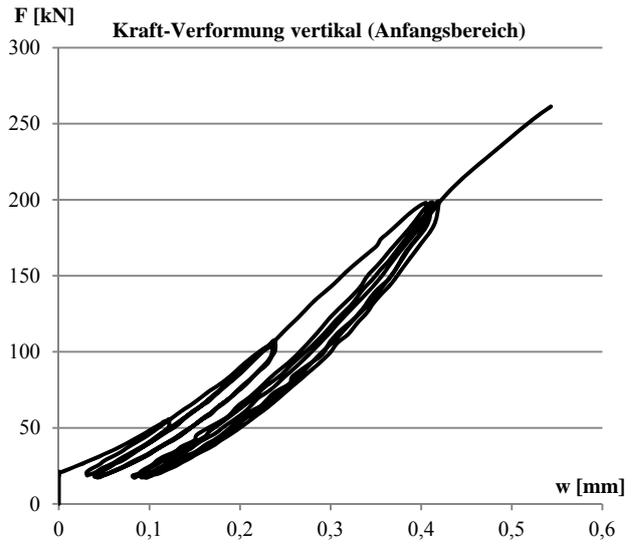
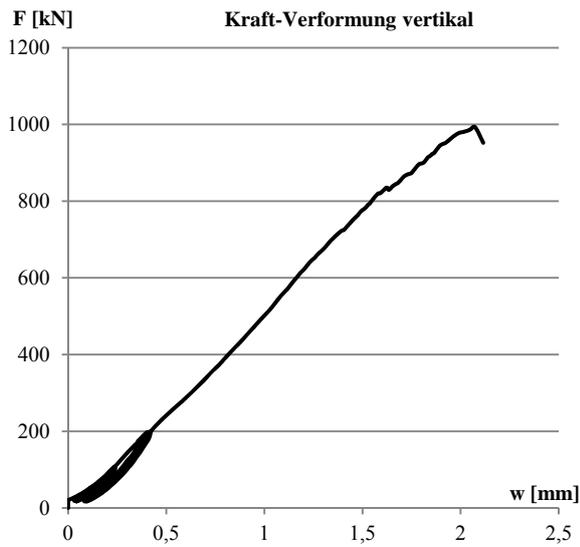
Verformte Zähne Vorderseite



Verformte Zähne Rückseite



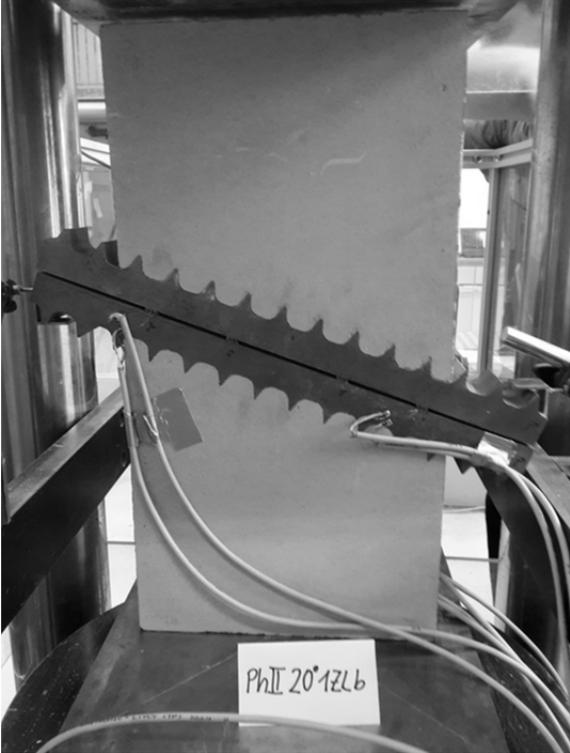
PhII - 70°-1ZL-a



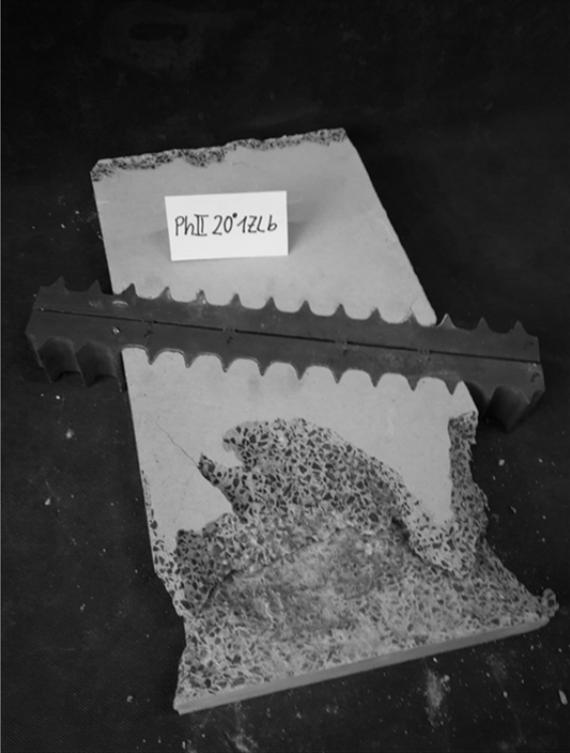
Bezeichnung		PhII - 70°-1ZL-b	
Beschreibung		1 Zahnleistenpaar, 20° Betonkörper mit einem unter 20° geneigten Zahnleistenpaar mit Dehnungsmessstreifen	
Herstelldatum	19.10.2016	Betonalter	34d
Prüfdatum	23.11.2016	Lagerung	an der Luft
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]		
Prüfmaschine	Lastrahmen Bauform 2031 (Toni Technik GmbH) 3,0 MN		
a x b [mm]	261,48 x 50,33		
A [cm ²]	131,60		
h [mm]	501		
Wegaufnehmer	2x horizontal 1x vertikal 1x axial		
Versagensart	Leichte Abplatzungen an der Ober- und starke Abplatzungen an der Unterkante ab 100 kN, die stetig zunehmen. Abplatzungen am Eckzahn Beton – Stahl. Sprödes Versagen des Betons an der Unterkante.		
Bruchlast	[kN]	1058,63	
Bruchspannung	[N/mm ²]	80,44 (Spannung im Beton)	
Belastungsgeschwindigkeit	0,6 mm/min = 0,01 mm/sek		
Belastungsprotokoll	siehe Laststufen-Diagramm für 1 Zahnleistenpaar		

PhII - 70°-1ZL-b

Probekörper



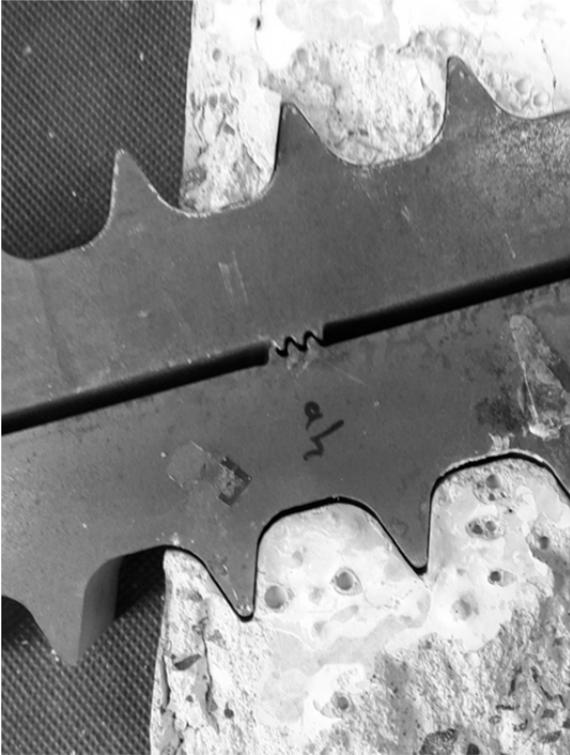
Bruchbild



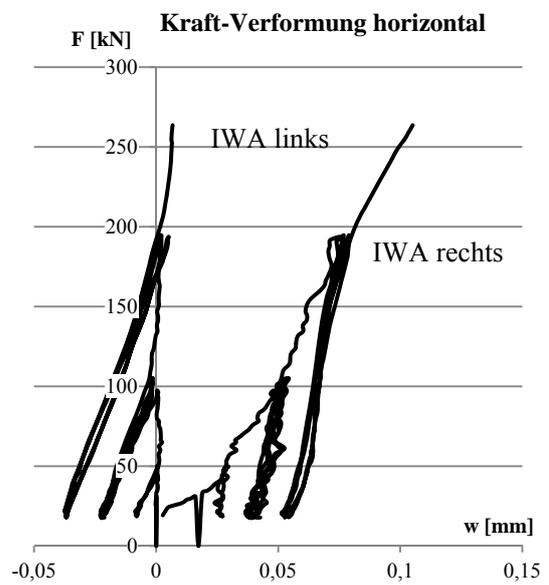
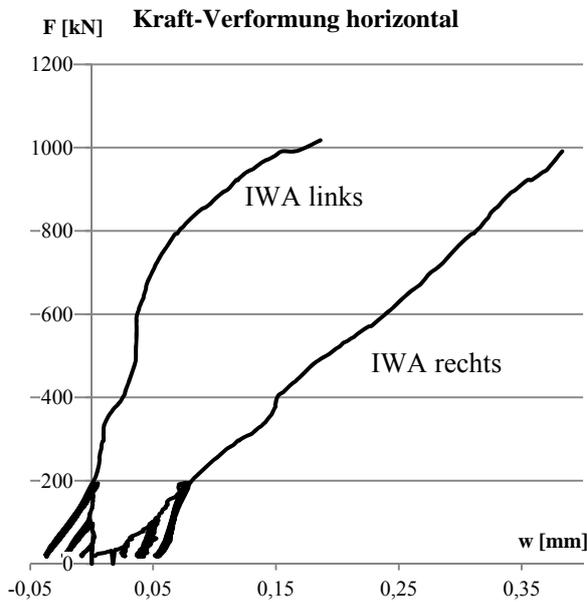
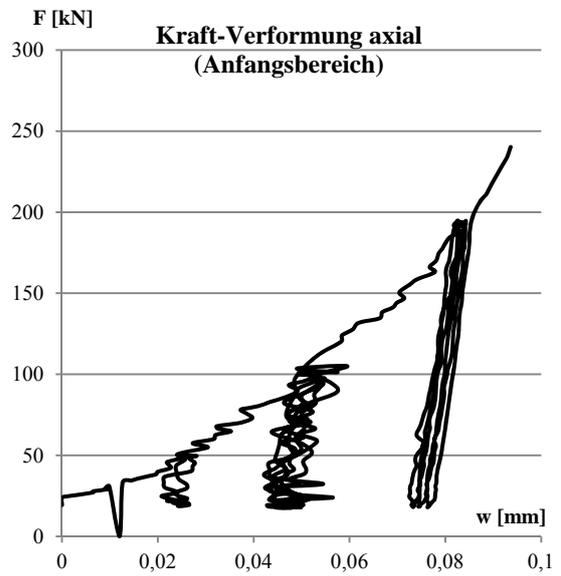
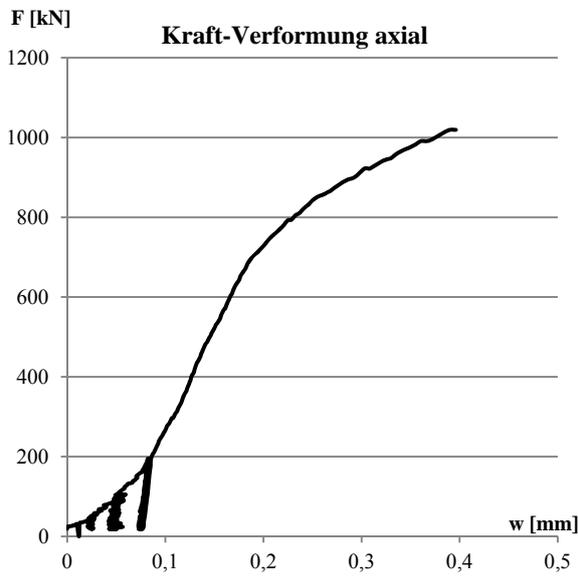
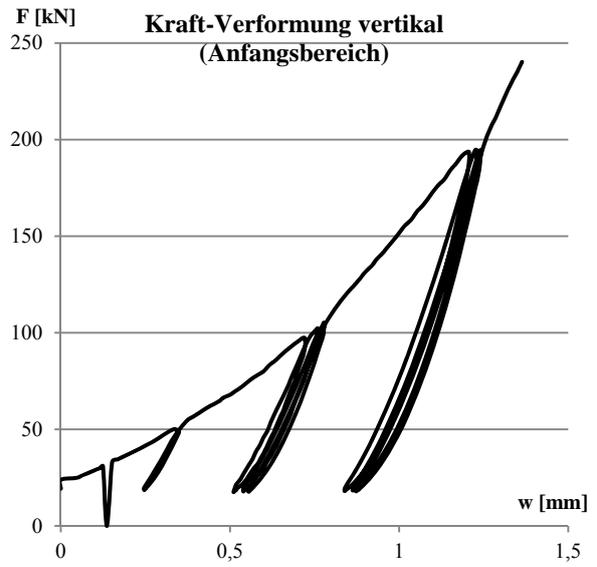
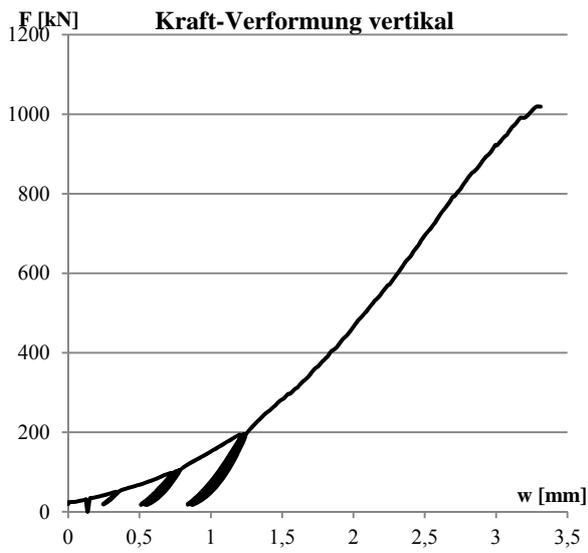
Verformte Zähne Vorderseite



Verformte Zähne Rückseite

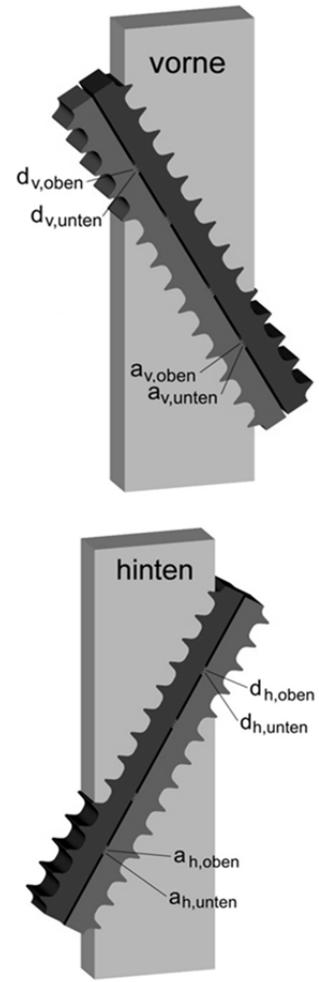
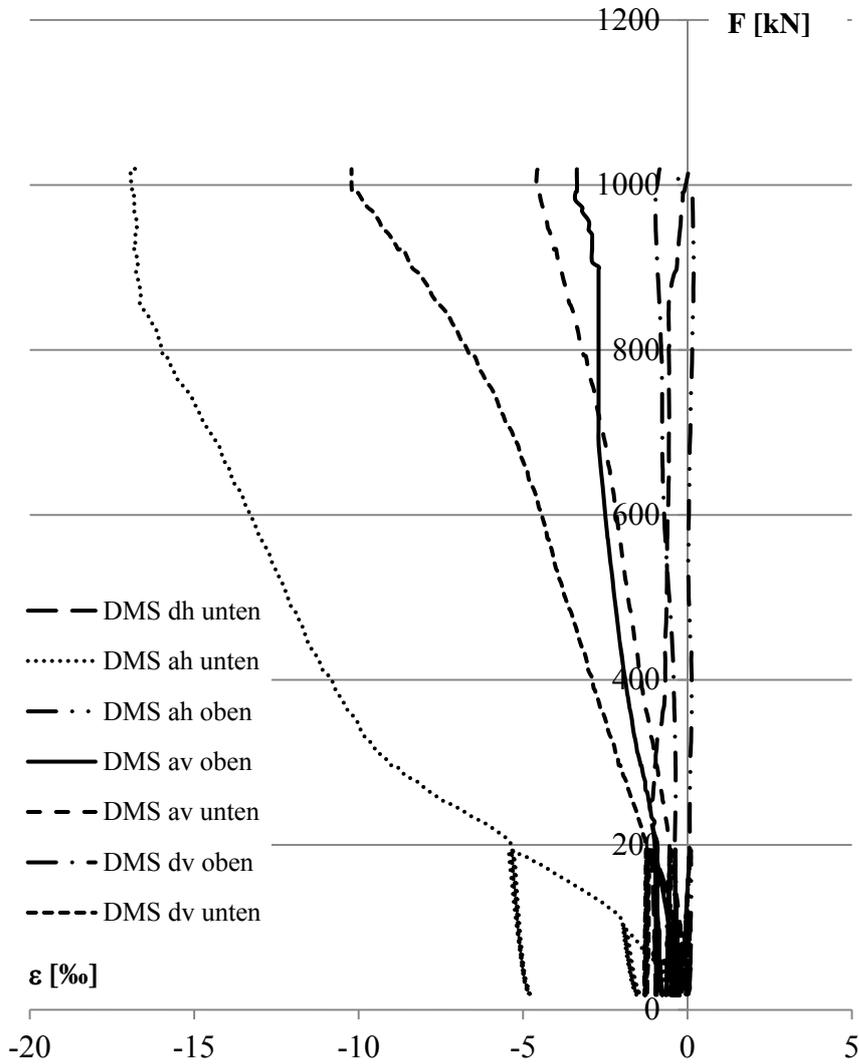


PhII - 70°-1ZL-b



PhII - 70°-1ZL-b

Arbeitslinien der Dehnmeßstreifen (DMS)



Vorzeichenregelung	F	ε
Negativ	Zug	Dehnung
Positiv	Druck	Stauchung

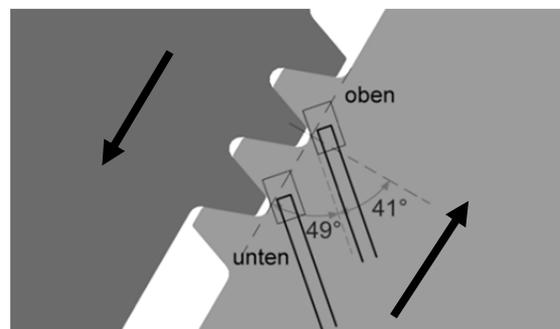
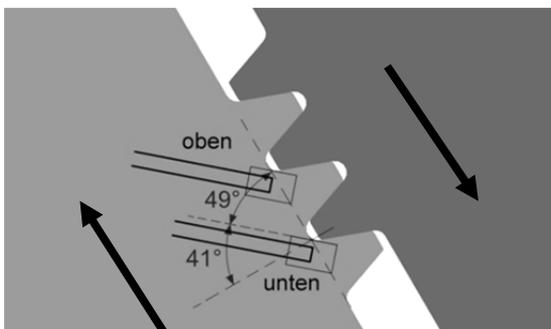
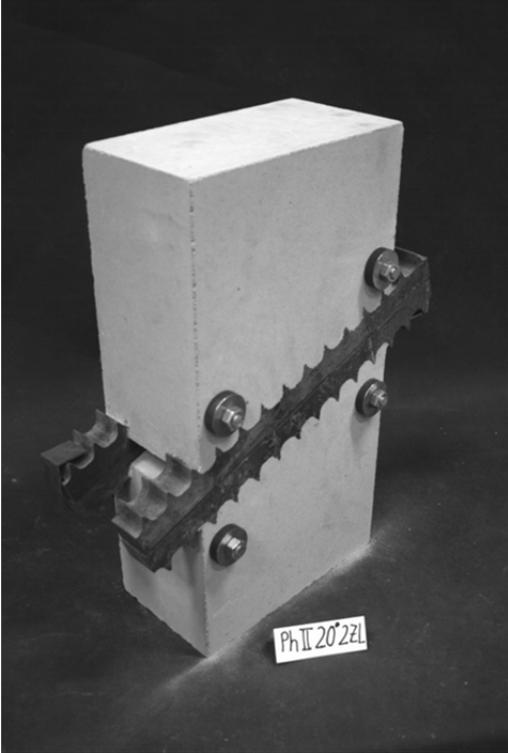


Abb.: Links: Lage der DMS vorne; rechts: Lage der DMS hinten

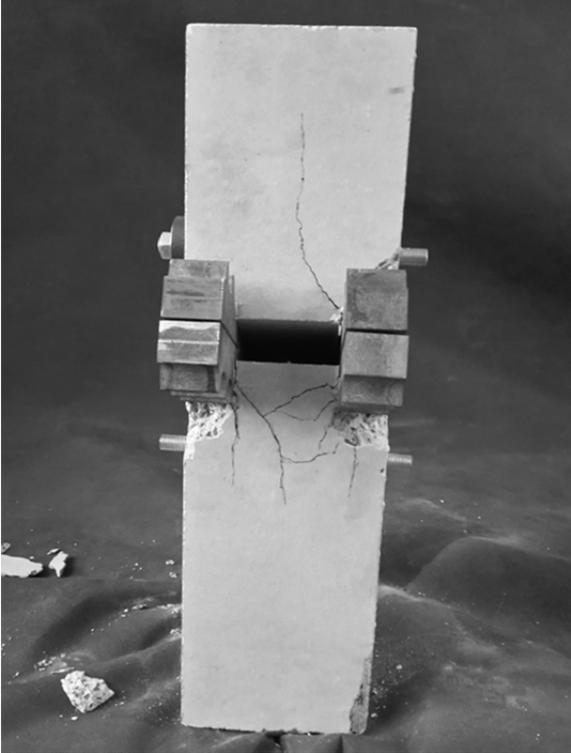
Bezeichnung		PhII - 70°-2ZL		
Beschreibung		2 Zahnleistenpaare, 20° Betonkörper mit zwei unter 20° geneigten Zahnleistenpaaren		
Herstelldatum	19.10.2016	Betonalter	32d	
Prüfdatum	21.11.2016	Lagerung	an der Luft	
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]			
Prüfmaschine	Lastrahmen Bauform 2031 (Toni Technik GmbH) 3,0 MN			
a x b [mm]	140,93 x 259,50			
A [cm ²]	365,71			
h [mm]	501			
Wegaufnehmer	2x vertikal 1x axial			
Versagensart	Leichte Rissbildung aus Querkzug. Abplatzungen an den Eckzähnen Beton - Stahl. Abfallende Last zum Ende hin durch Fließen der Gewindestangen.			
Bruchlast [kN]	1577,08			
Belastungsgeschwindigkeit	0,6 mm/min = 0,01 mm/sek			
Belastungsprotokoll	siehe Laststufen-Diagramm für 2 Zahnleistenpaare			

PhII - 70°-2ZL

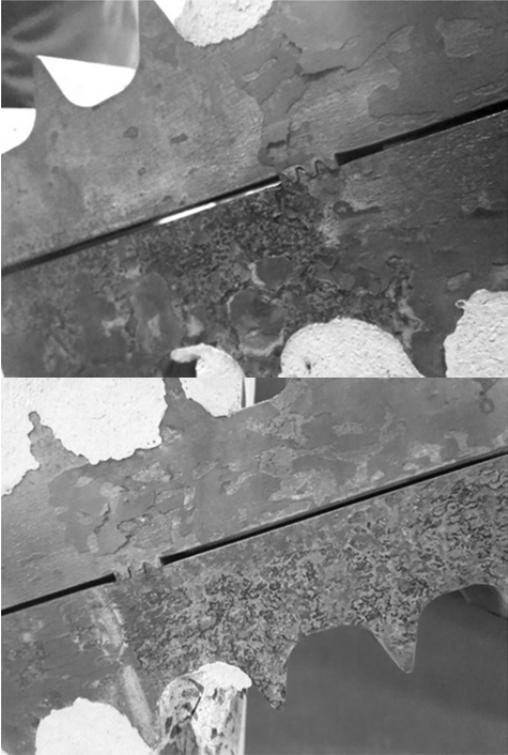
Probekörper



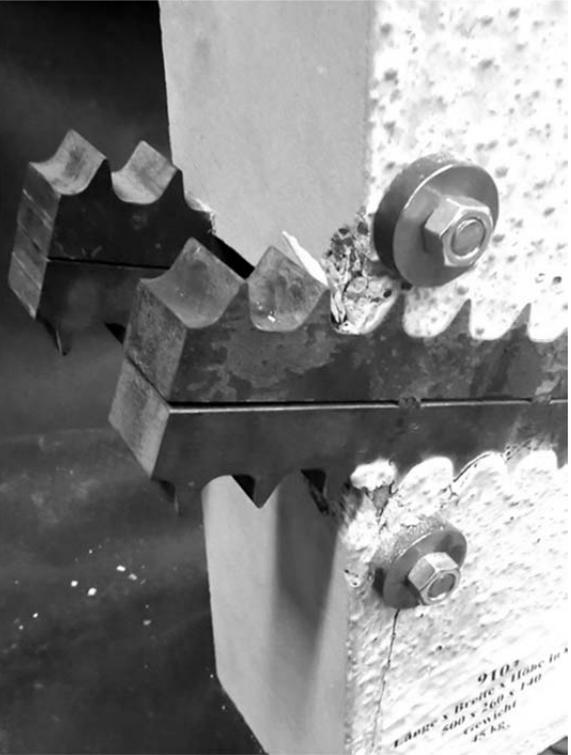
Bruchbild



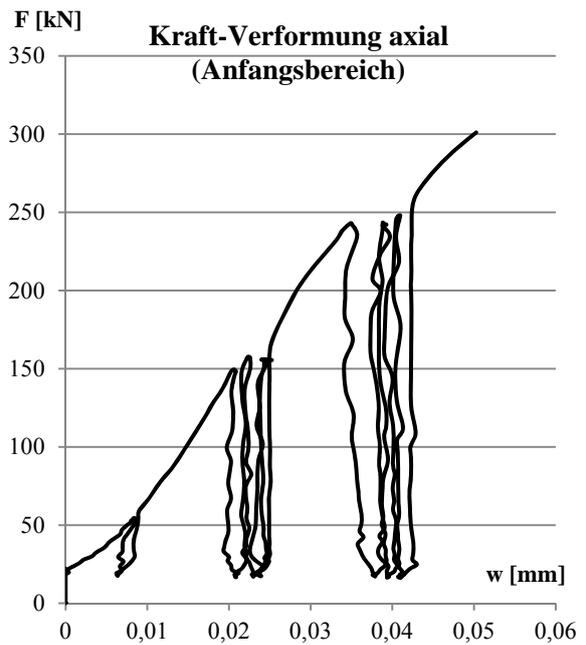
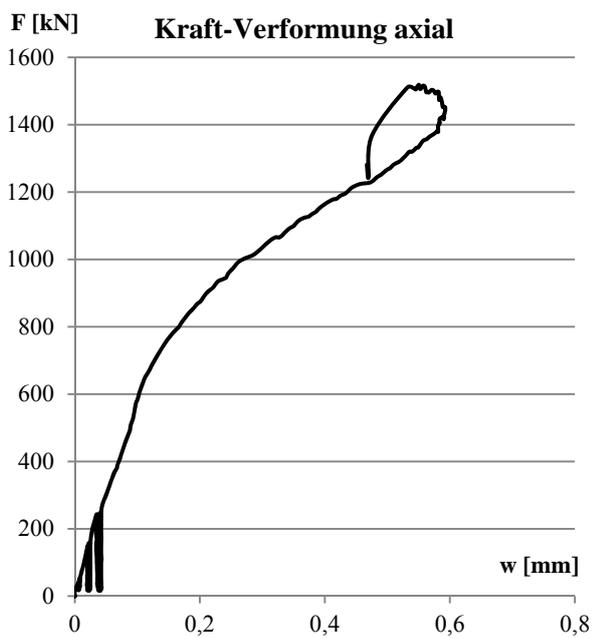
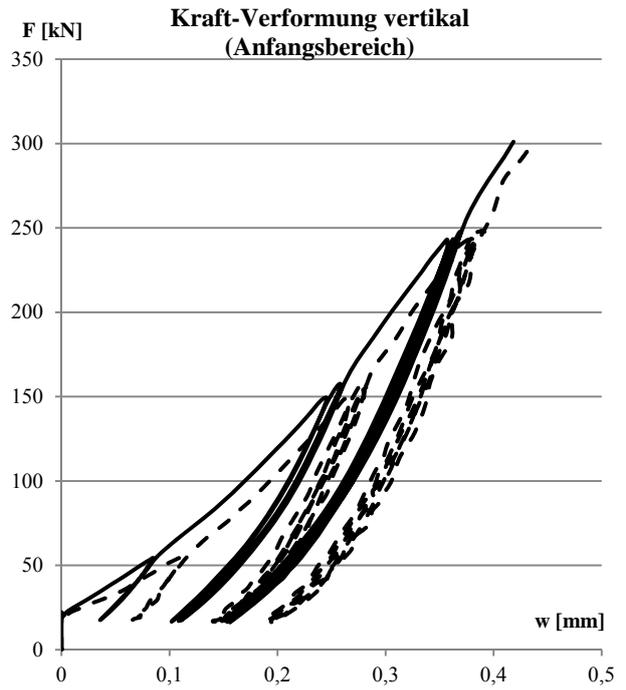
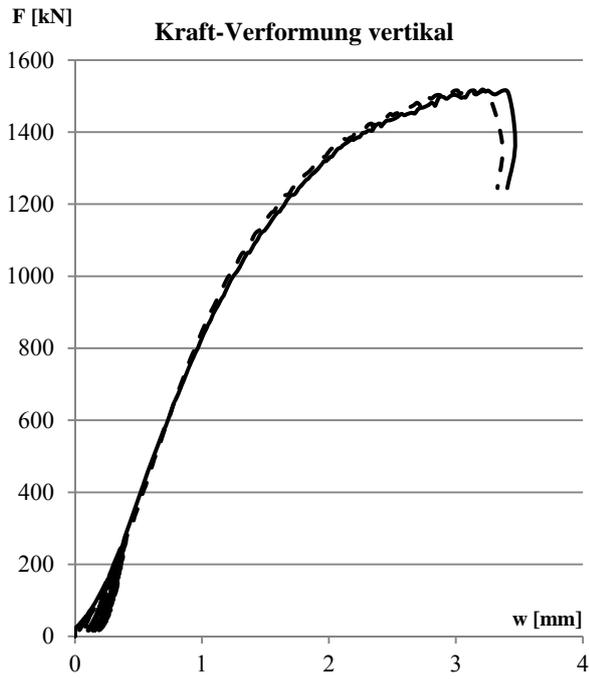
Verformte Zähne:



Abplatzungen Eckzähne Beton - Stahl



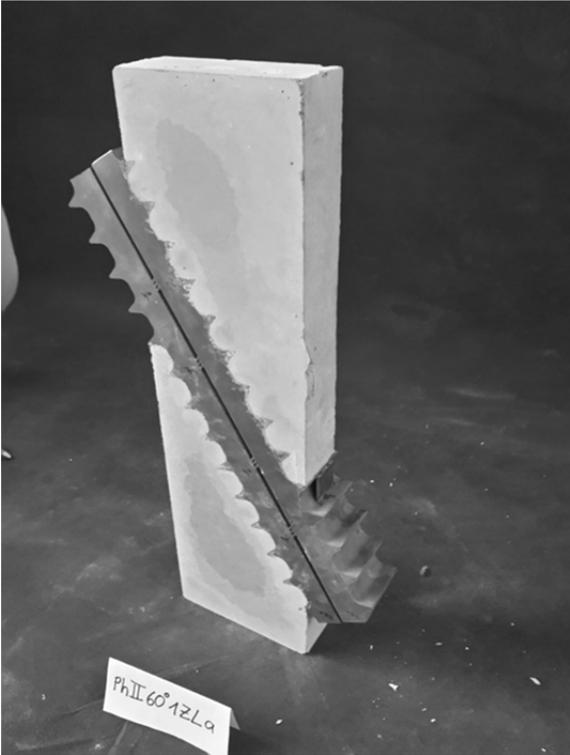
PhII - 70°-2ZL



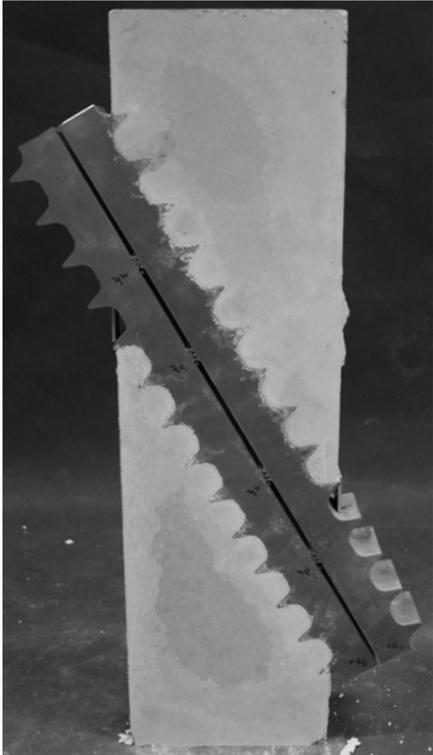
Bezeichnung		PhII - 30°-1ZL-a	
Beschreibung		1 Zahnleistenpaar, 60° Betonkörper mit einem unter 60° geneigten Zahnleistenpaar	
Herstelldatum	19.10.2016	Betonalter	33d
Prüfdatum	22.11.2016	Lagerung	an der Luft
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]		
Prüfmaschine	Lastrahmen Bauform 2031 (Toni Technik GmbH) 3,0 MN		
a x b [mm]	140,33 x 50,18		
A [cm ²]	70,42		
h [mm]	499		
Wegaufnehmer	2x horizontal 1x vertikal 1x axial		
Versagensart	Abplatzungen der Ecken an der Unterkante ab 200 kN. Untere Zähne erreichen Fließgrenze bis keine weitere Last mehr aufgebracht werden kann. Dann verformen sich die oberen. Der Versuch wird manuell beendet. Durch eine leichte Schiefstellung des Probekörpers wurden die Zähne nicht gleichmäßig über die gesamte Breite beansprucht. Die Zähne sind häufig stark verbogen und komplett abgeschert.		
Bruchlast [kN]	383,84		
Belastungsgeschwindigkeit	0,6 mm/min = 0,01 mm/sek		
Belastungsprotokoll	siehe Laststufen-Diagramm für 1 Zahnleistenpaar		

PhII - 30°-1ZL-a

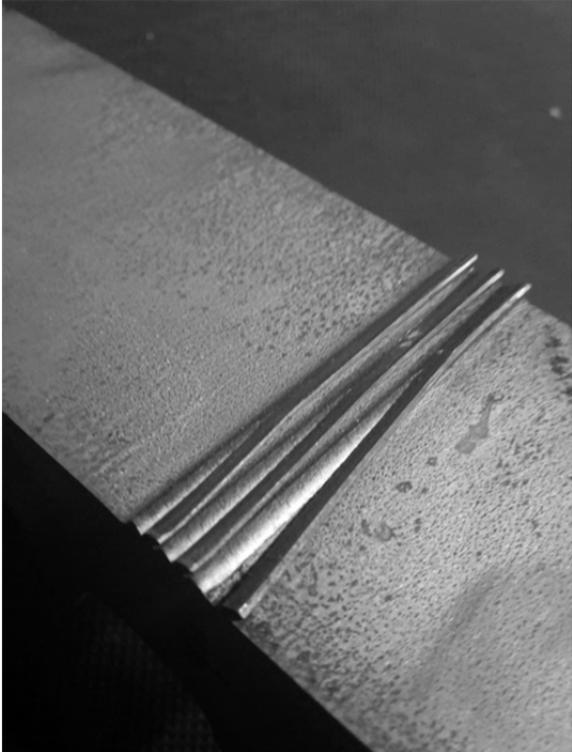
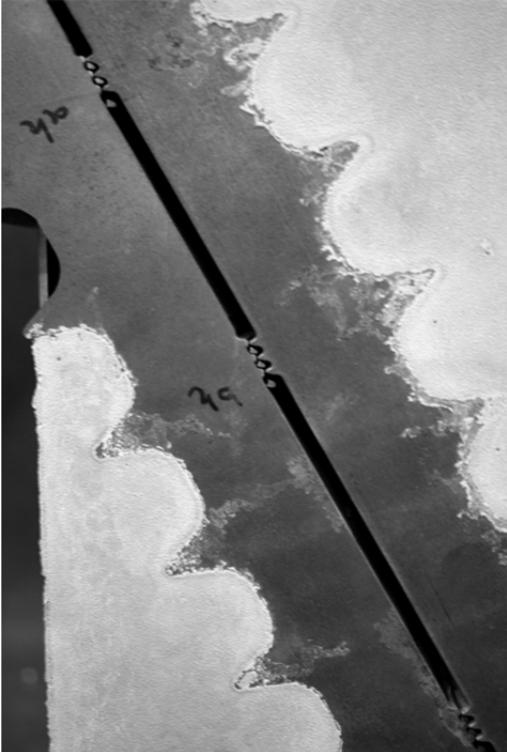
Probekörper



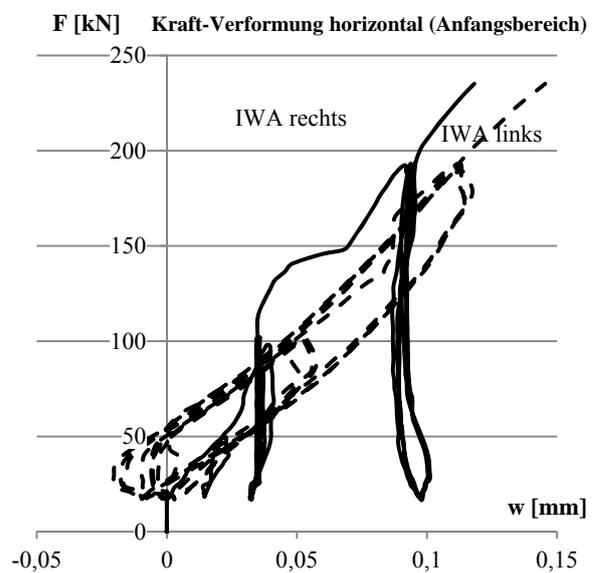
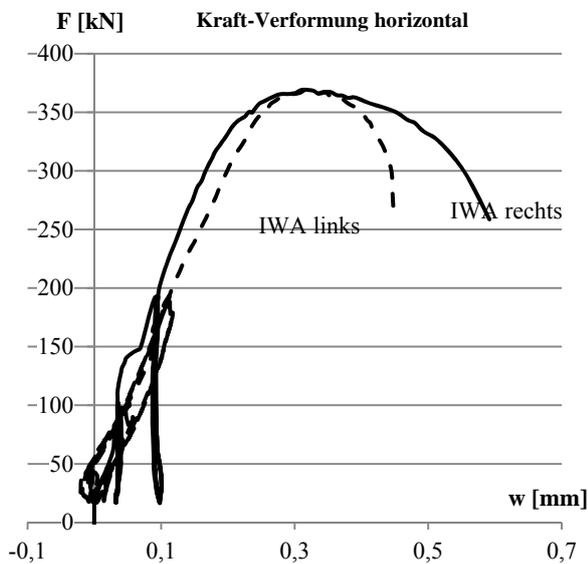
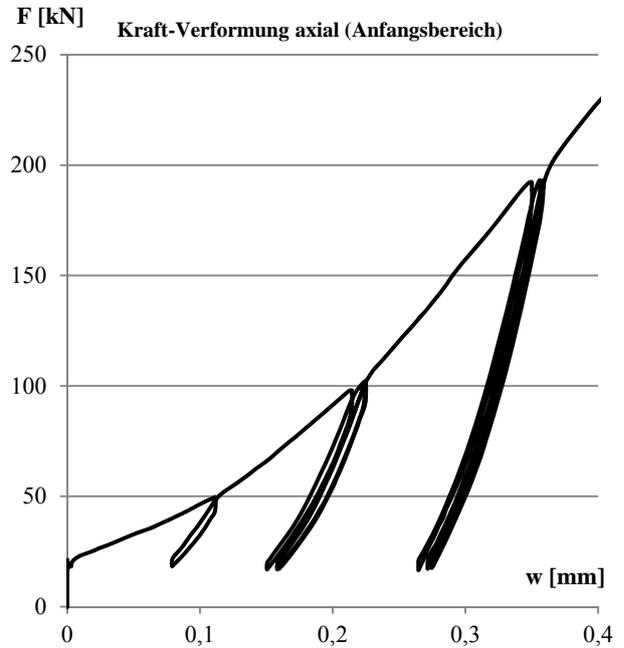
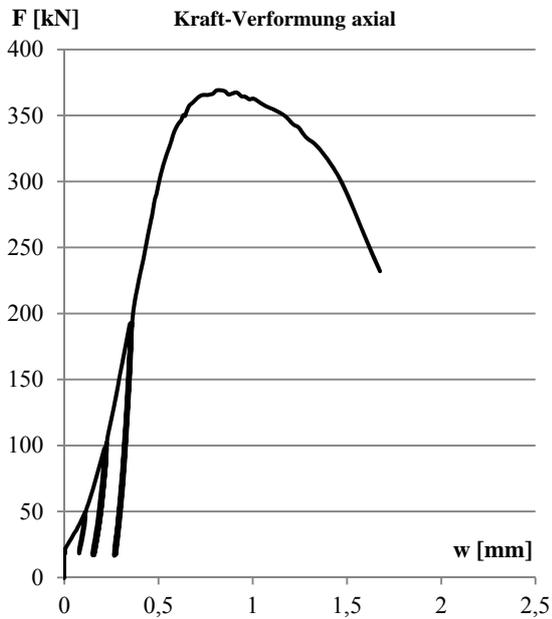
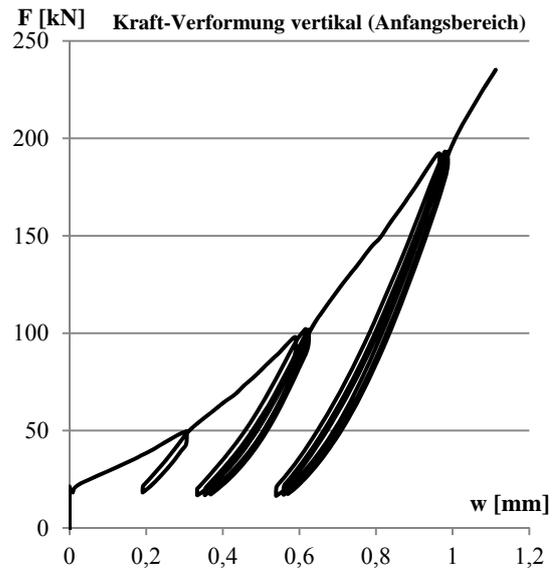
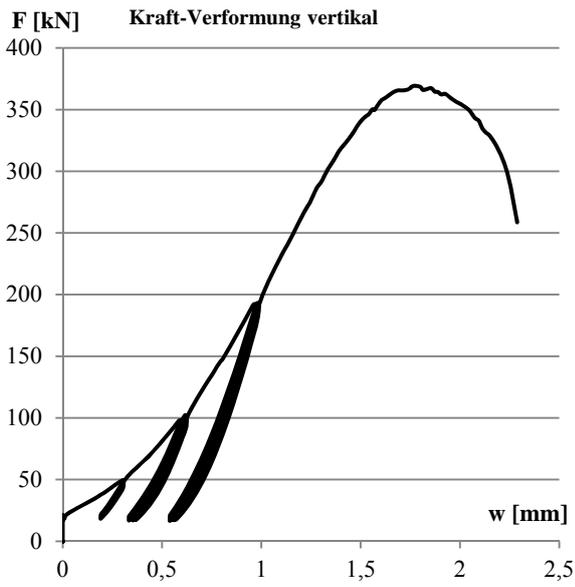
Versagensbild



Verformte Zähne:



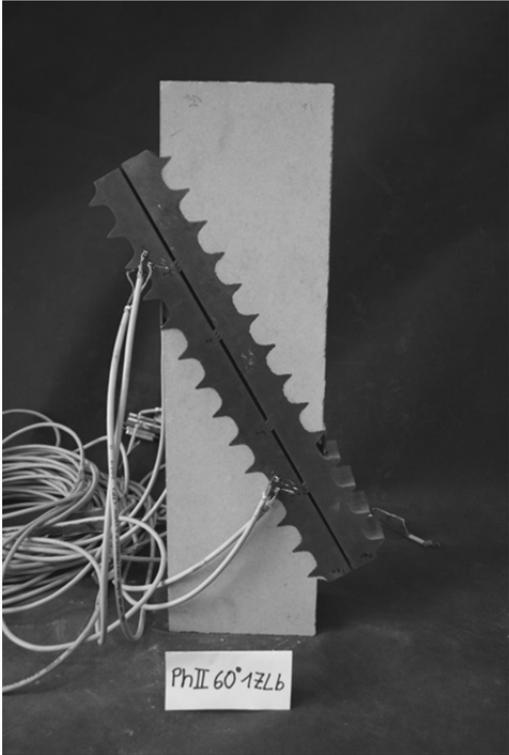
PhII - 30°-1ZL-a



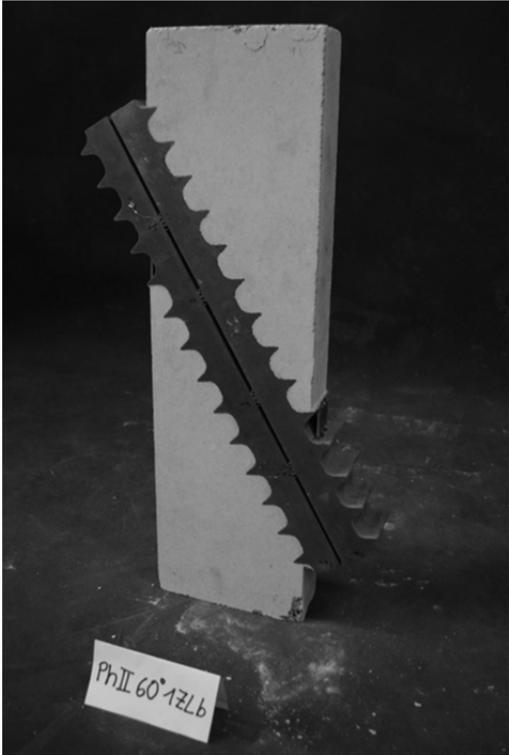
Bezeichnung		PhII - 30°-1ZL-b	
Beschreibung		1 Zahnleistenpaar, 60° Betonkörper mit einem unter 60° geneigten Zahnleistenpaar mit Dehnungsmessstreifen	
Herstelldatum	19.10.2016	Betonalter	34d
Prüfdatum	23.11.2016	Lagerung	an der Luft
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]		
Prüfmaschine		Lastrahmen Bauform 2031 (Toni Technik GmbH) 3,0 MN	
a x b	[mm]	140,78 x 50,08	
A	[cm ²]	70,50	
h	[mm]	505	
Wegaufnehmer	2x horizontal 1x vertikal 1x axial		
Versagensart	Leichte Abplatzungen an der Unterkante durch Schiefstellung. Untere Zähne erreichen Fließgrenze bis keine weitere Last mehr aufgebracht werden kann. Dann verformen sich die oberen. Durch die Schiefstellung des Probekörpers wurden die Zähne nicht gleichmäßig über die gesamte Breite beansprucht. Die Zähne sind häufig stark verbogen und komplett abgeschert.		
Bruchlast	[kN]	373,20	
Belastungsgeschwindigkeit	0,6 mm/min = 0,01 mm/sek		
Belastungsprotokoll	siehe Laststufen-Diagramm für 1 Zahnleistenpaar		

PhII - 30°-1ZL-b

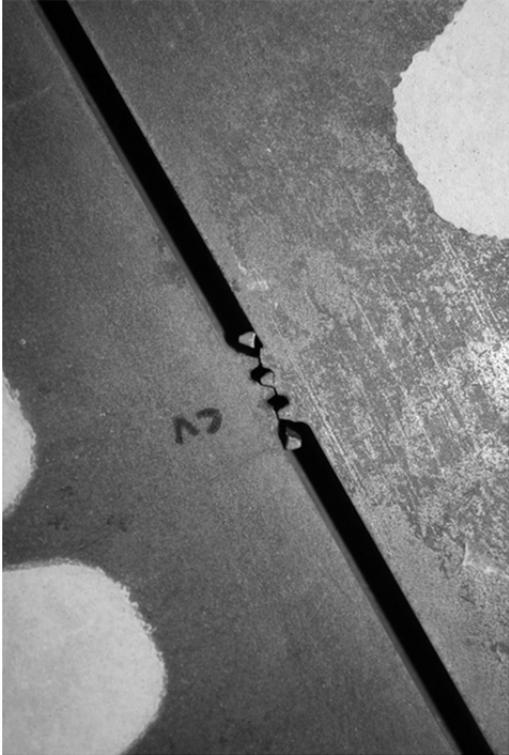
Probekörper



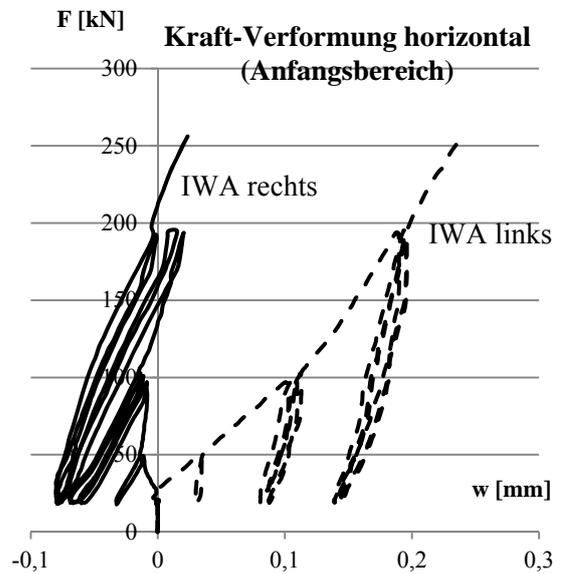
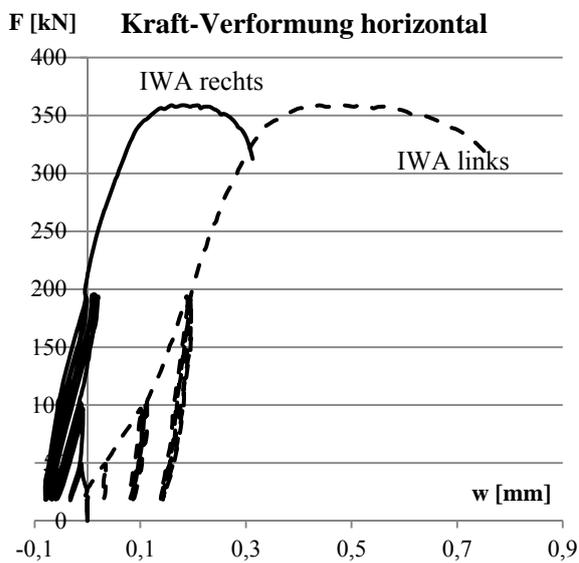
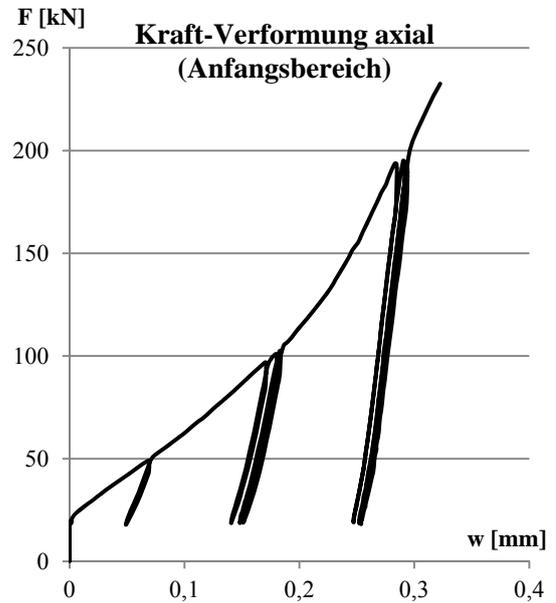
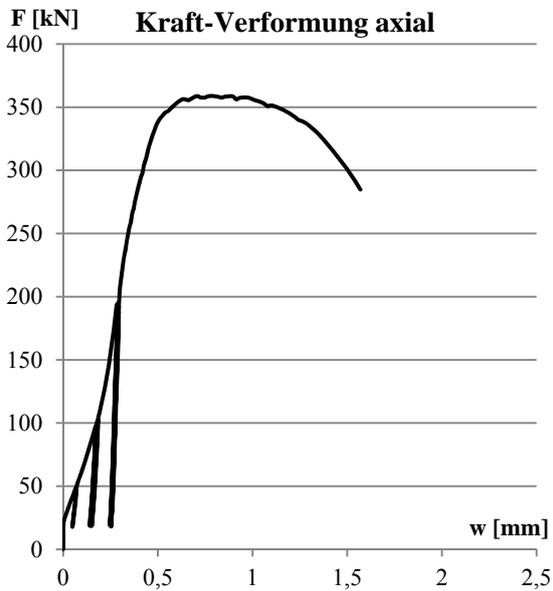
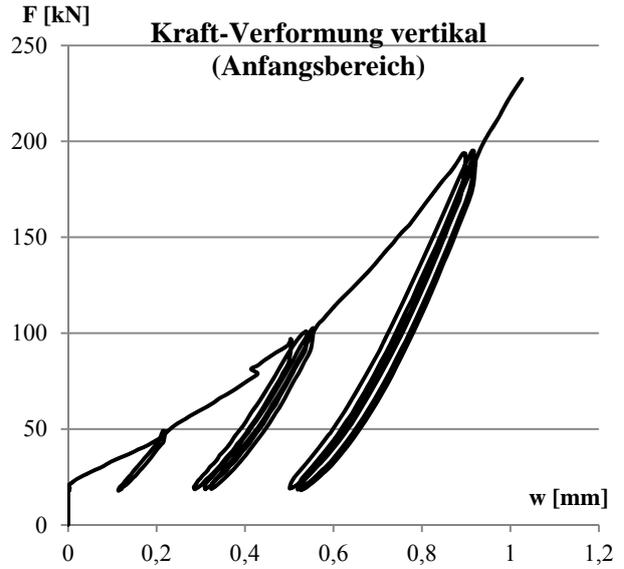
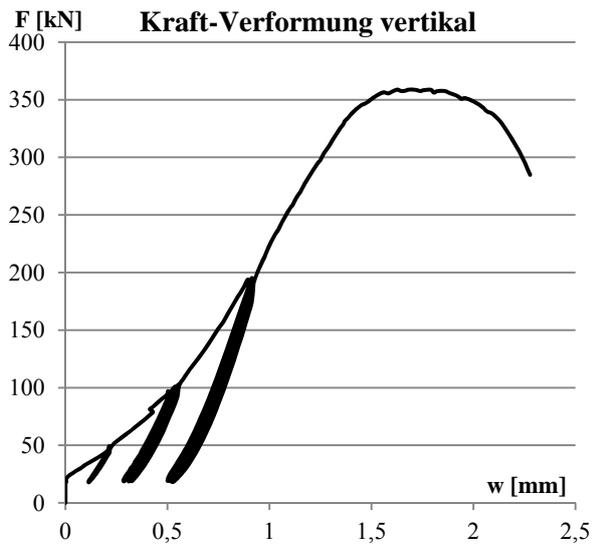
Versagensbild



Verformte Zähne:

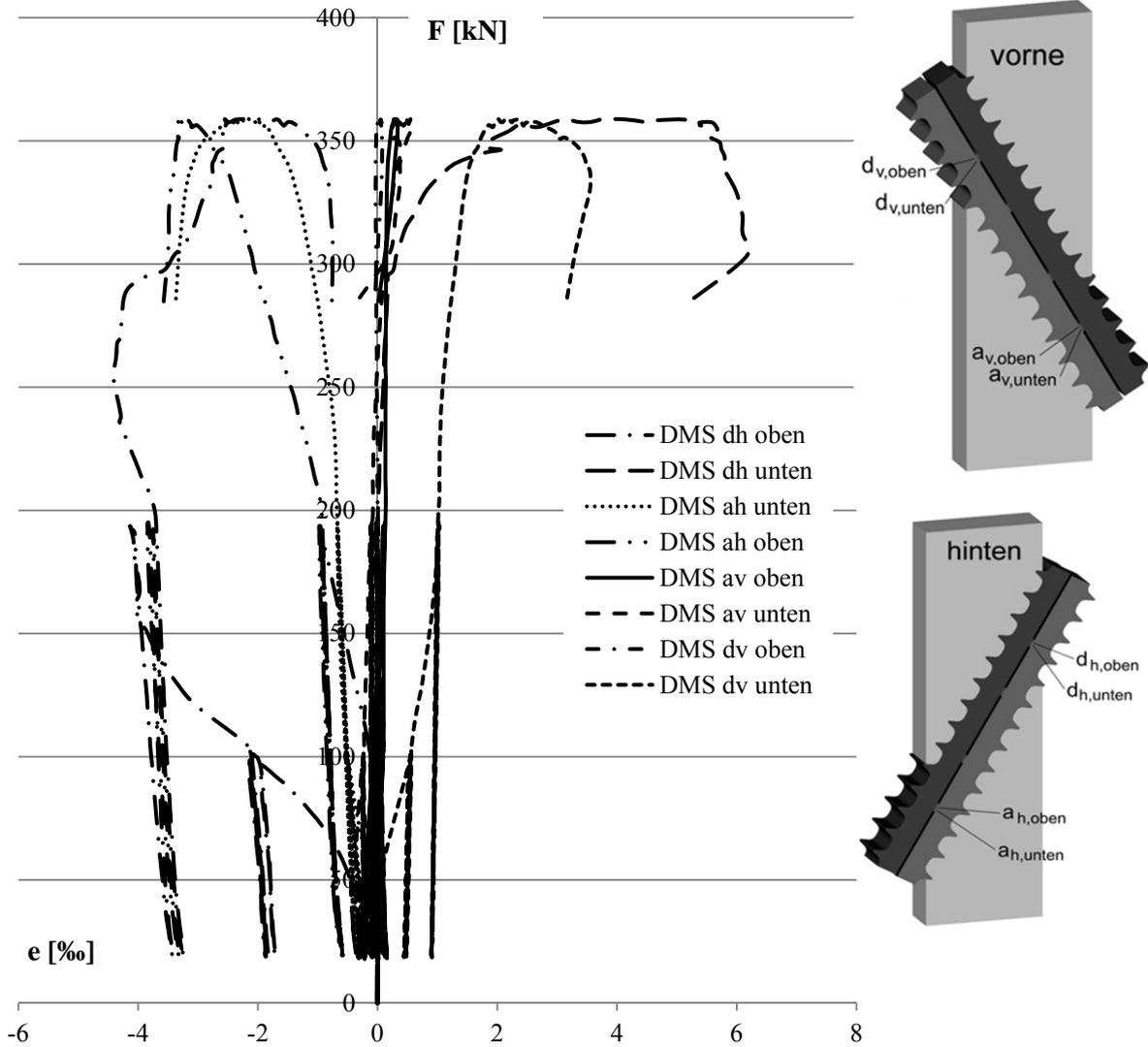


PhII - 30°-1ZL-b



PhII - 30°-1ZL-b

Spannungs-Dehnungsdiagramm (DMS)



Vorzeichenregelung	F	ϵ
Negativ	Zug	Dehnung
Positiv	Druck	Stauchung

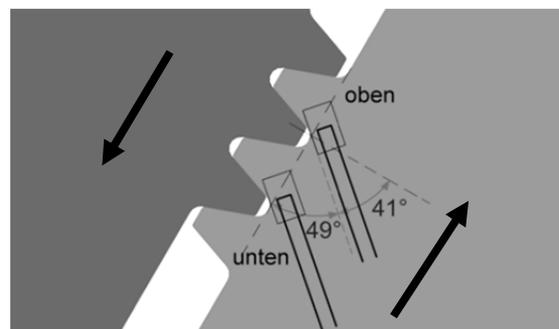
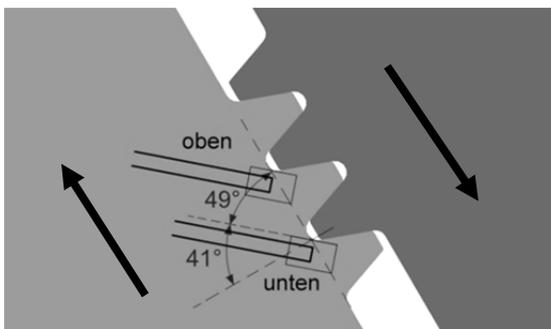
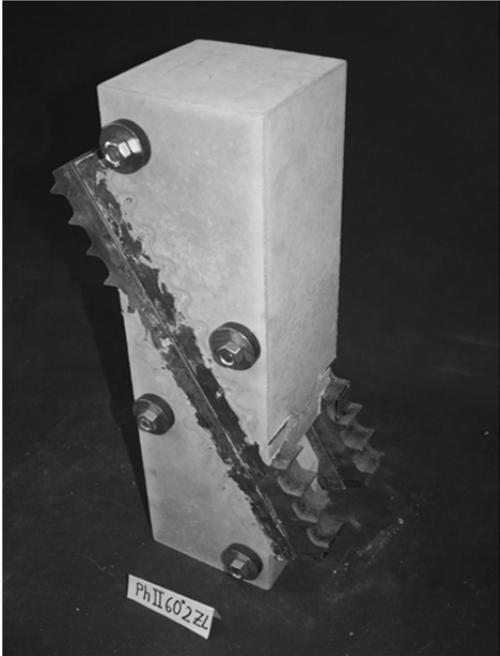


Abb.: Links: Lage der DMS vorne; rechts: Lage der DMS hinten

Bezeichnung		PhII - 30°-2ZL		
Beschreibung		2 Zahnleistenpaare, 60° Betonkörper mit zwei unter 60° geneigten Zahnleistenpaaren		
Herstelldatum	19.10.2016	Betonalter	32d	
Prüfdatum	21.11.2016	Lagerung	an der Luft	
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]			
Prüfmaschine	Lastrahmen Bauform 2031 (Toni Technik GmbH) 3,0 MN			
a x b	[mm]	139,71 x 140,24		
A	[cm ²]	195,93		
h	[mm]	501		
Wegaufnehmer	2x horizontal 1x vertikal 1x axial			
Versagensart	Die Zahnleisten werden fälschlicherweise bei der Betonage mit einem Versatz von einem Zahn zueinander eingebracht. Dadurch sitzt eine Seite richtig ineinander und die gegenüberliegende Seite hat einen unbeanspruchten Zahn, wodurch die Versagenslast stark reduziert wird. Die beanspruchten Zähne verformen sich gleichmäßig, bis der obere Körper abrutscht. Dabei wird der Verbund zwischen Zahnleiste und Beton auf einer Seite vollständig gelöst.			
Bruchlast	[kN]	398,64		
Belastungsgeschwindigkeit	0,6 mm/min = 0,01 mm/sek			
Belastungsprotokoll	siehe Laststufen-Diagramm für 2 Zahnleistenpaare			

PhII - 30°-2ZL

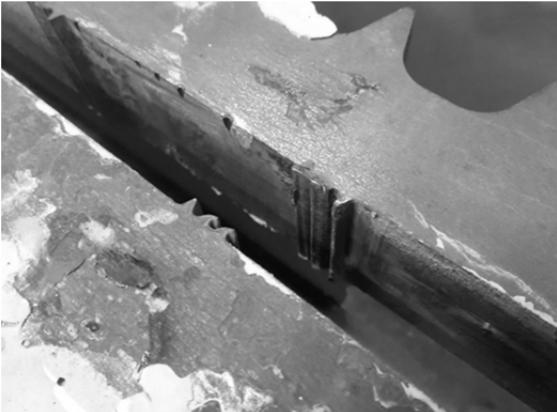
Probekörper



Versagensbild



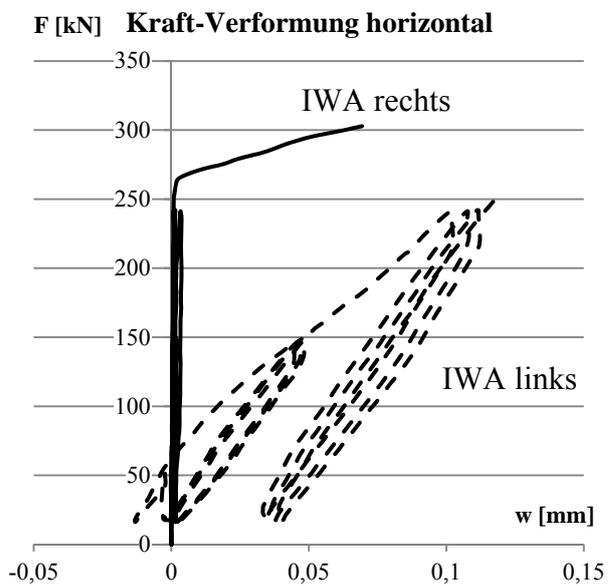
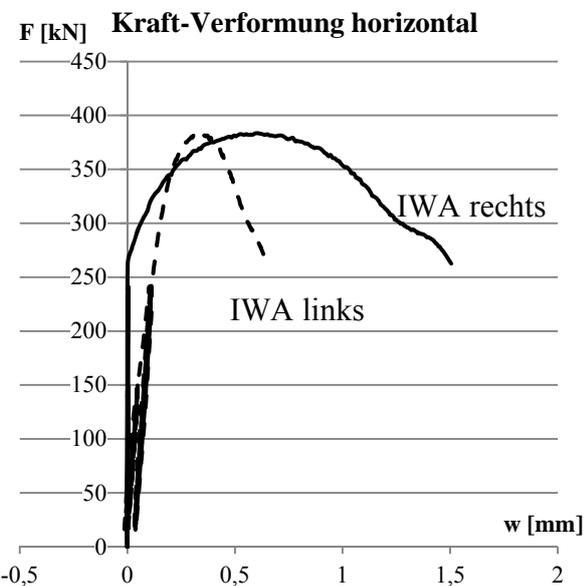
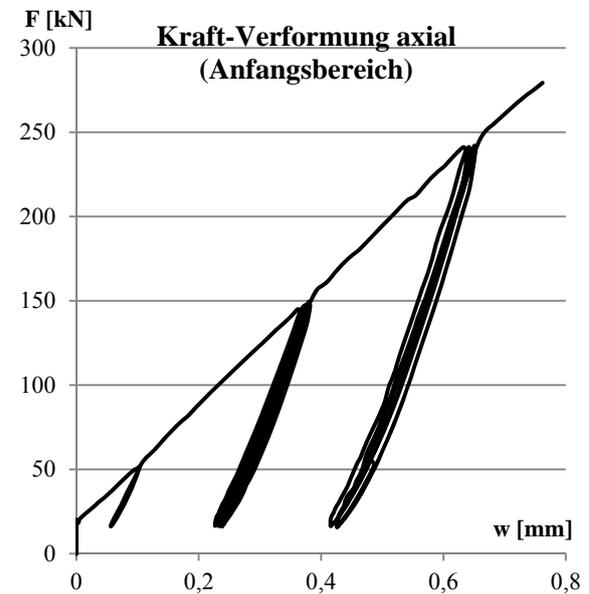
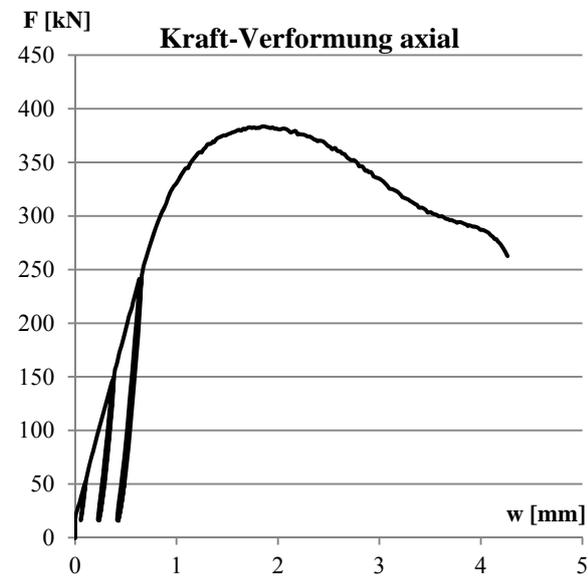
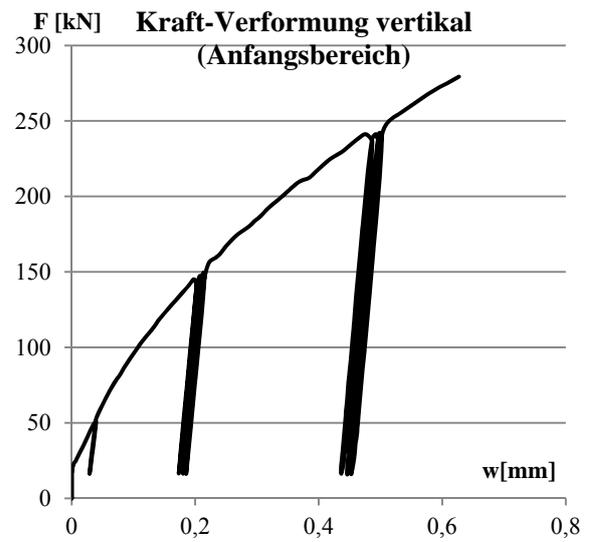
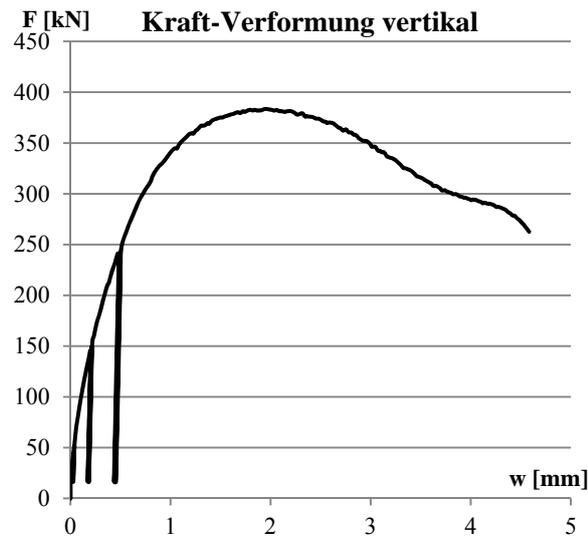
Verformte Zähne Vorderseite



Verformte Zähne Rückseite



PhII - 30°-2ZL



Anhang VB3: Dokumentation Versuche Phase III

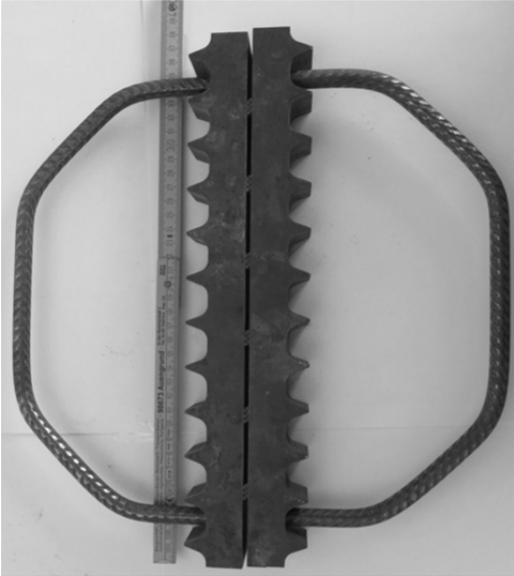


Abb.VB3.1: Versuchsaufbau Konsole, oben 68vm Konsolhöhe, unten 33cm Konsolhöhe

Tab.VB3.1: Versuchsprogramm Phase III – Stahl/Stahl

Phase III: Konsole									
Versuchsnr.	Bezeichnung	Art der Verzahnung	Art der Lastaufbringung	Prüfgeschwindigkeit [mm/sec]	Anzahl der Zähne	Zahngeometrie	Anordnung der Zähne	Stahl Einbauteil	Beton
III/V1	Konsole h=68cm	S/B_S/S	Monoton/ Druck	0,01	36	GT5	Gruppen	S235	Ultralith
III/V2	Konsole h=68cm	S/B_S/S	Monoton/ Druck	0,01	36	GT5	Gruppen	S235	Ultralith
III/V3	Konsole h=68cm	S/B_S/S	Monoton/ Druck	0,01	36	GT5	Gruppen	S235	Ultralith
III/V4	Konsole h=33cm	S/B_S/S	Monoton/ Druck	0,01	24	GT5	Gruppen	S235	Betec ZY4
III/V5	Konsole h=33cm	S/B_S/S	Monoton/ Druck	0,01	24	GT5	Konzentration	S235	Betec ZY5
III/V6	Konsole h=33cm	S/B_S/S	Monoton/ Druck	0,01	10	GT3	Konzentration	S235	Betec ZY6u.7

Die ersten drei Konsolversuche V1 bis V3 erreichen nicht die erwarteten Versuchslasten. Das wird damit begründet, dass die Zähne beim Zusammenbau nicht exakt ineinander gegriffen haben und bei V2 und V3 durch die geringere Vorspannung der Gewindestangen schneller ins Gleiten gekommen sind. Um abschätzen zu können welche Zähne getragen haben, werden die Schadensbilder untersucht und die einzelnen Zahngruppen mit dem Meßschieber aufgemessen (Abb. VB3.2). Die Konsole wird auf die Stütze geklappt, so dass jeweils die Zahnleisten A-A bzw. B-B aufeinanderliegen. Zu den einzelnen Zahnreihen ist jeweils die aktivierte Länge, die nach dem Versuch Abnutzungsspuren aufweist angegeben. Weiterhin ist relativ die aktivierte Zahnhöhe sowie die Flächenverteilung (1,0 für rechteckig; 0,5 für dreieckig) angegeben. Daraus ergibt sich die prozentual aktivierte Fläche je Zahnreihe. Am Ende der Tabelle wird die prozentual über die gesamte Zahnleiste mit 6 Zahngruppen mit jeweils 3 Zahnreihen (maximal 1800%) aktivierte Fläche angegeben.

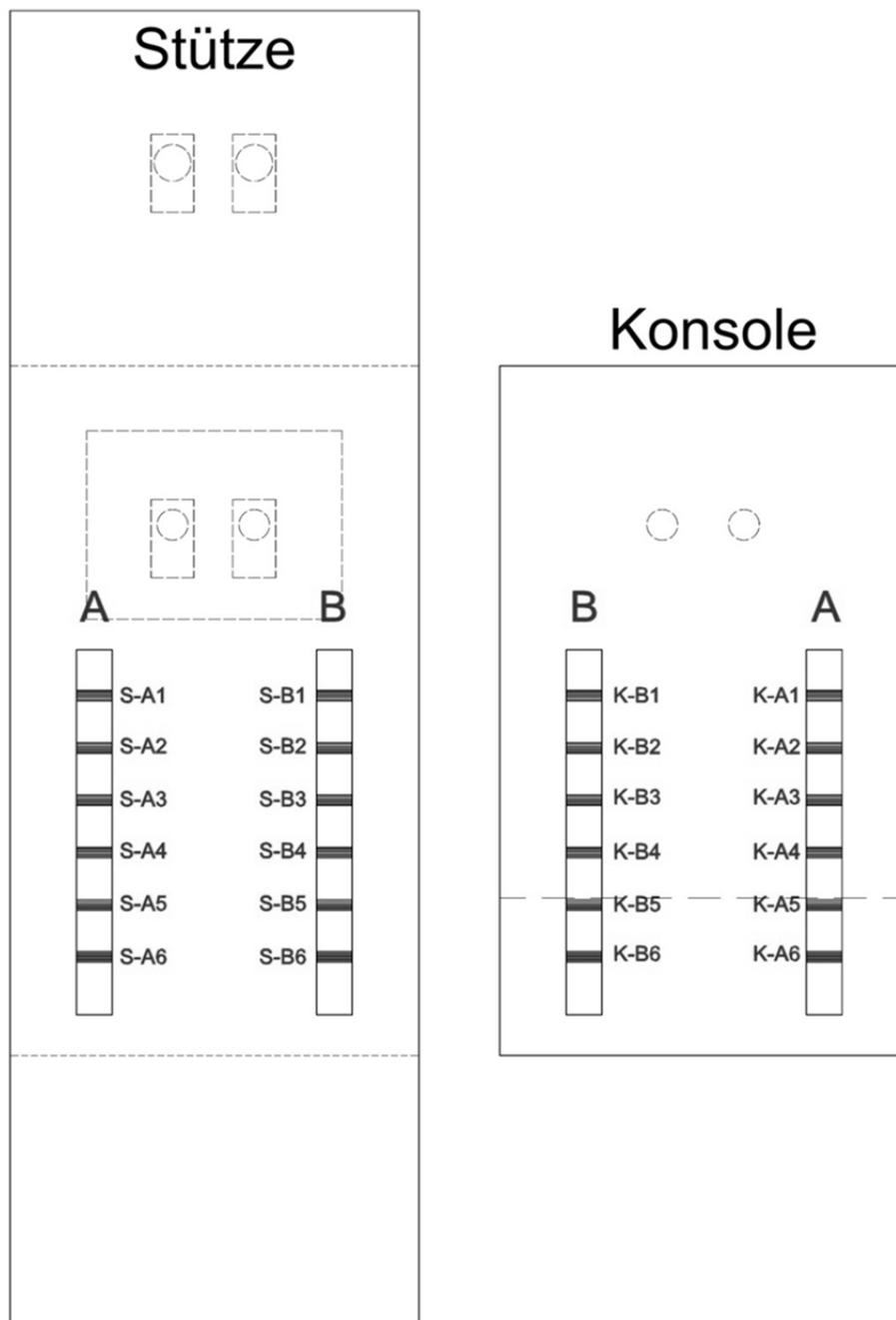


Abb.VB3.2: Bezeichnung der einzelnen Zahngruppen

Belastungsprotokolle

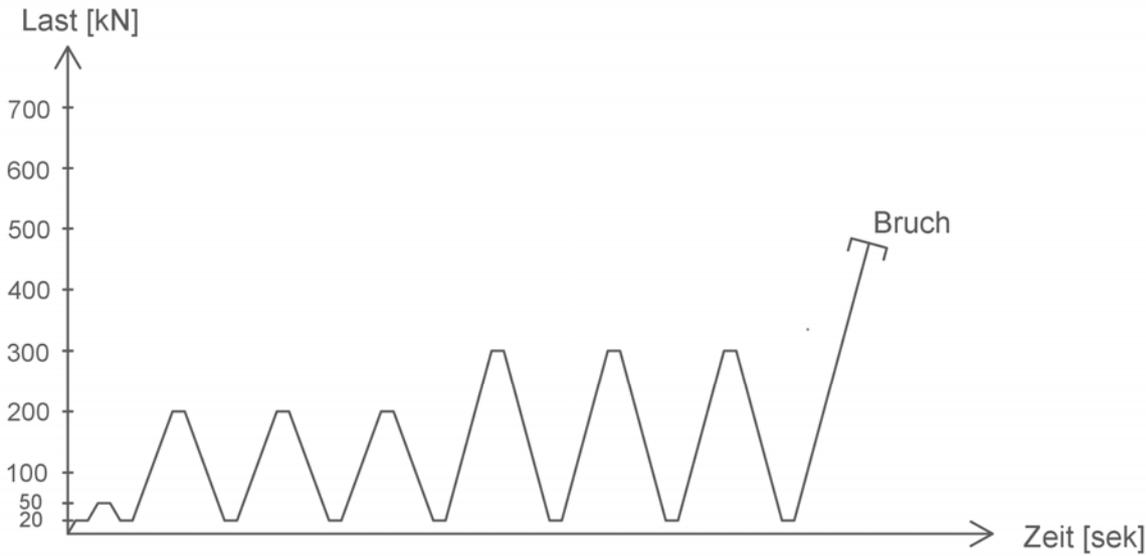
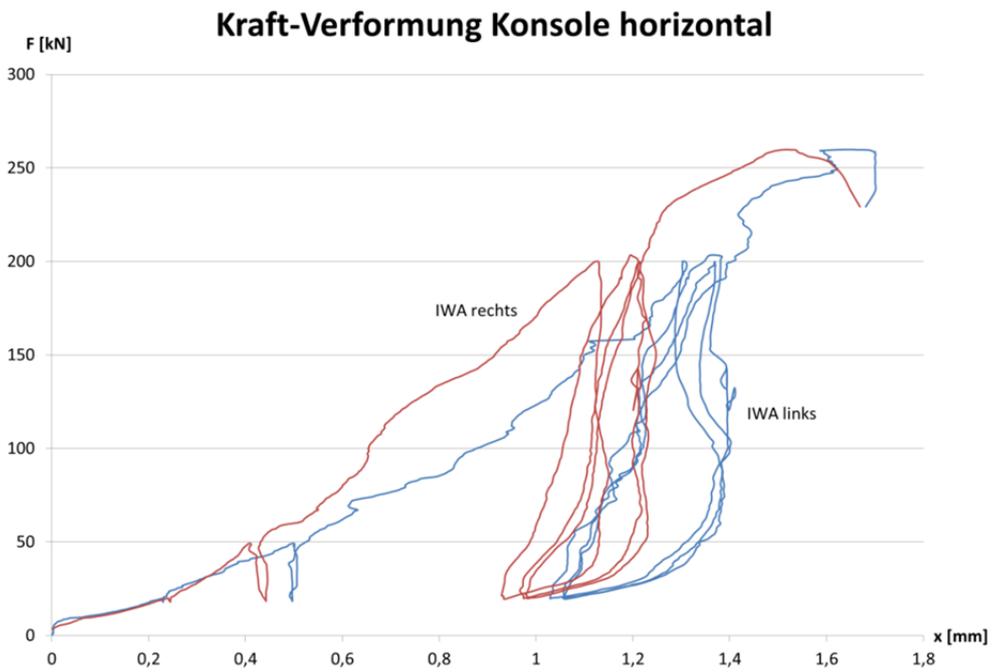
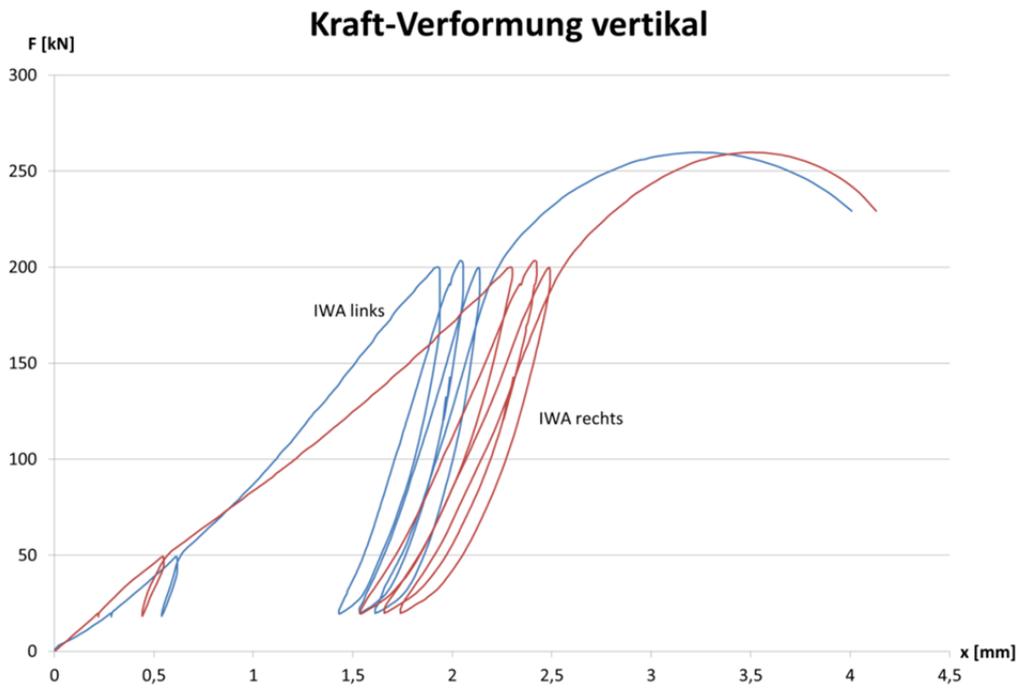


Abb.VB3.3: Belastungsprotokoll Konsolversuche

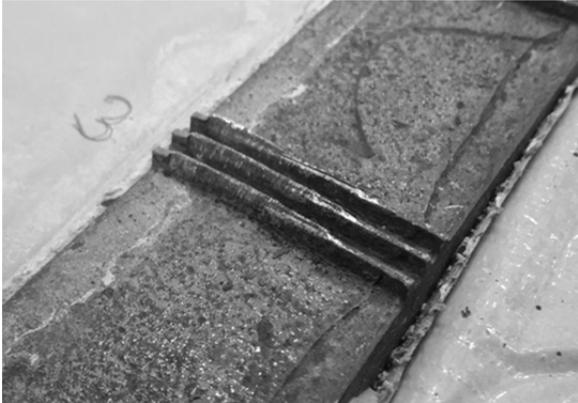
Konsolenversuch 1

Bezeichnung	Konsolenversuch 1		
Beschreibung	Konsole mit 2 Zahnleisten mit jeweils 6 x 3 Stahlzähnen Alle Gewindestangen handfest angezogen		
Herstelldatum	19.+20.10.2016	Betonalter	38d
Prüfdatum	28.11.2016	Lagerung	an der Luft
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]		
Prüfmaschine	Prüfportal (Zwick/Roell) 2,5 MN		
Wegaufnehmer	2x horizontal an der Stütze 2x horizontal an der Konsole 2x vertikal unter der Konsole 1x vertikal im Zylinder		
Versuchs- beobachtungen	Starke Setzungen in der Lasteinleitungsstruktur. Starke Verformung der Konsole in horizontaler Richtung. Die Fuge öffnet sich und die Zähne verlieren Kontakt. Versuchslast wird noch vor der Laststufe 300 kN erreicht.		
Bruchlast	[kN]	260,4	
Reibungsanteil	[kN]	~0,0	
Belastungsgeschwindigkeit	0,6 mm/min = 0,01 mm/sek		
Belastungsprotokoll	siehe Weg-Zeit-Diagramm Zylinder		

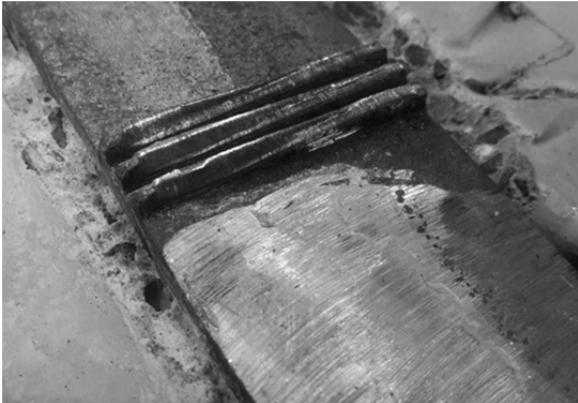
Konsolenversuch 1



Konsolenversuch 1

Stütze	Konsole
<p data-bbox="443 376 510 407">S-A1</p> 	<p data-bbox="1050 376 1117 407">K-A1</p> 
<p data-bbox="443 878 510 909">S-A2</p> 	<p data-bbox="1050 878 1117 909">K-A2</p> 
<p data-bbox="443 1379 510 1411">S-A3</p> 	<p data-bbox="1050 1379 1117 1411">K-A3</p> 

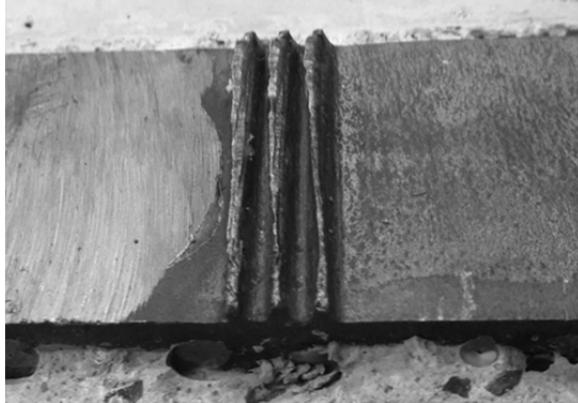
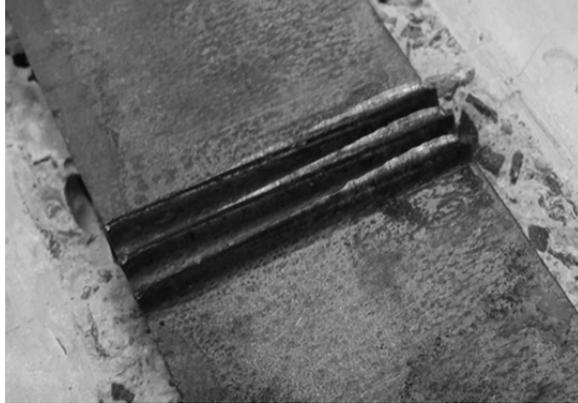
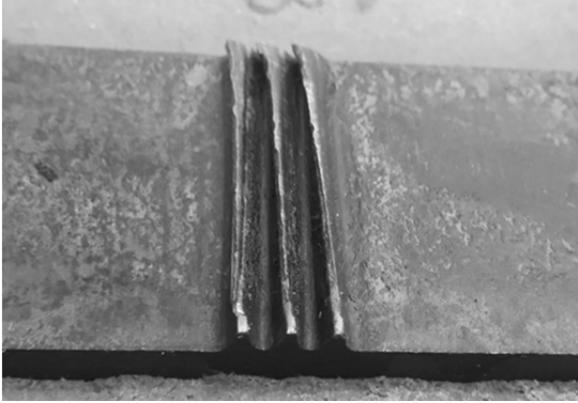
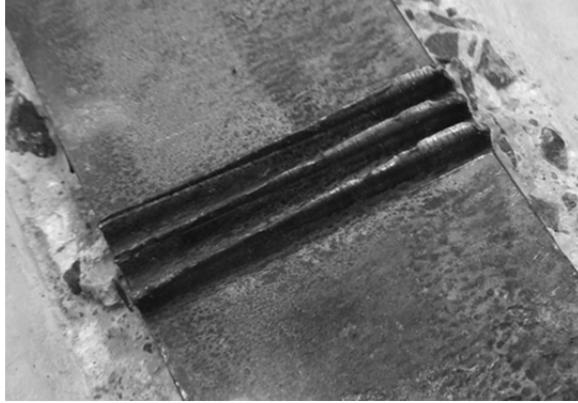
Konsolenversuch 1

Stütze	Konsole
<p data-bbox="443 383 512 412">S-A4</p> 	<p data-bbox="1046 383 1118 412">K-A4</p> 
<p data-bbox="443 882 512 911">S-A5</p> 	<p data-bbox="1046 882 1118 911">K-A5</p> 
<p data-bbox="443 1382 512 1411">S-A6</p> 	<p data-bbox="1046 1382 1118 1411">K-A6</p> 

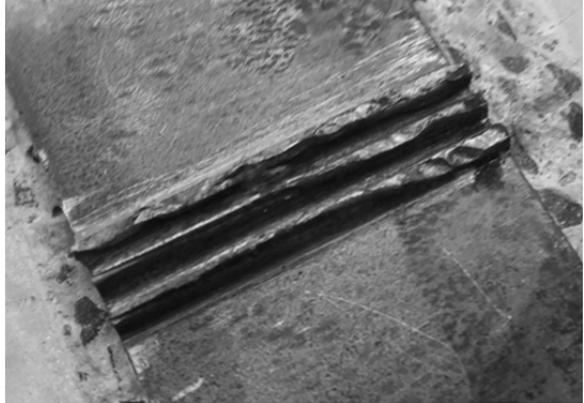
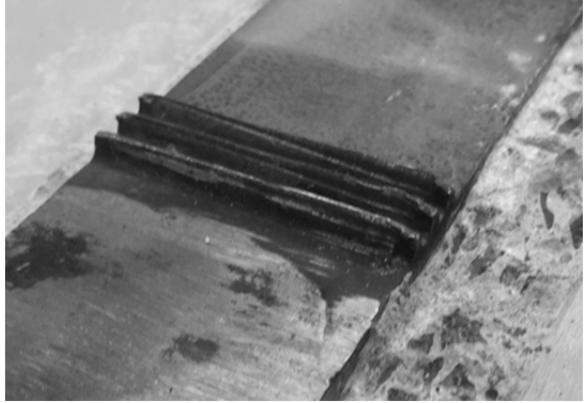
Konsolenversuch 1

	Zahnreihe	aktivierte Breite	aktivierte Zahnhöhe	Flächenverteilung	aktivierte Fläche		Zahnreihe	aktivierte Breite	aktivierte Zahnhöhe	Flächenverteilung	aktivierte Fläche		
		[cm]	[-]	[-]	[%]			[cm]	[-]	[-]	[%]		
S-A1	1	1,25	1	0,5	17,9		K-A1	1	1,52	0,2	1	8,7	
	2	1,28	1	0,5	18,3			2	1,74	0,2	1	9,9	
	3	1,33	1	0,5	19			3	0	0,2	1	0	
S-A2	1	1,33	1	0,5	19		K-A2	1	1,77	0,2	1	10,1	
	2	1,75	1	0,5	25			2	1,25	0,2	1	7,1	
	3	1,58	1	0,5	22,6			3	1,61	0,2	1	9,2	
S-A3	1	1,30	1	0,5	18,6		K-A3	1	2,23	1	0,5	31,9	
	2	1,74	1	0,5	24,9			2	2,07	1	0,5	29,6	
	3	1,92	1	0,5	27,4			3	2,15	1	0,5	30,7	
S-A4	1	1,66	1	0,5	23,7		K-A4	1	2,68	1	0,5	38,3	
	2	1,72	1	0,5	24,6			2	2,62	1	0,5	37,4	
	3	1,33	1	0,5	19			3	2,65	1	0,5	37,9	
S-A5	1	1,95	1	0,5	27,9		K-A5	1	3,1	1	0,5	44,3	
	2	1,90	1	0,5	27,1			2	2,96	1	0,5	42,3	
	3	1,96	1	0,5	28			3	2,9	1	0,5	41,4	
S-A6	1	2,07	1	0,5	29,6		K-A6	1	3,16	1	0,5	45,1	
	2	2,28	1	0,5	32,6			2	3,07	1	0,5	43,9	
	3	2,18	1	0,5	31,1			3	3,09	1	0,5	44,1	
					Σ 436,3 %							Σ 511,9 %	
					von maximal 1800%	24,2 %						von maximal 1800%	28,4 %

Konsolenversuch 1

Stütze	Konsole
<p data-bbox="443 376 510 405">S-B1</p> 	<p data-bbox="1050 376 1117 405">K-B1</p> 
<p data-bbox="443 880 510 909">S-B2</p> 	<p data-bbox="1050 880 1117 909">K-B2</p> 
<p data-bbox="443 1384 510 1413">S-B3</p> 	<p data-bbox="1050 1384 1117 1413">K-B3</p> 

Konsolenversuch 1

Stütze	Konsole
S-B4 	K-B4 
S-B5 	K-B5 
S-B6 	K-B6 

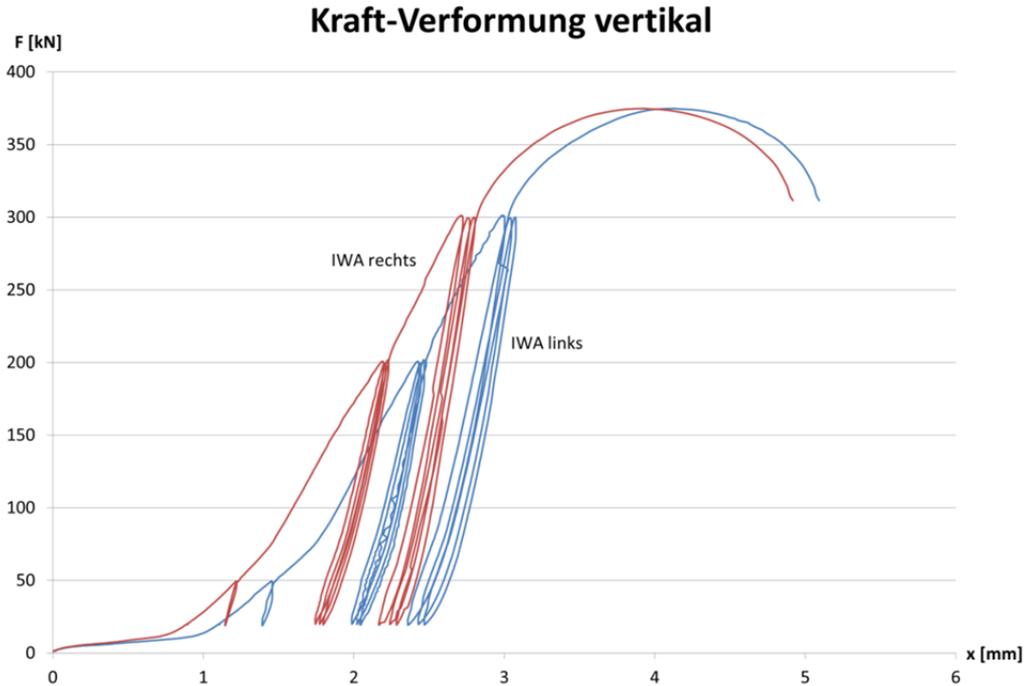
Konsolenversuch 1

Serielle Zahnreihe					Kontinuierliche Zahnreihe								
Zahnreihe	aktivierte Breite	aktivierte Zahnhöhe	Flächenverteilung	aktivierte Fläche	Zahnreihe	aktivierte Breite	aktivierte Zahnhöhe	Flächenverteilung	aktivierte Fläche				
	[cm]	[-]	[-]	[%]		[cm]	[-]	[-]	[%]				
S-B1	1	1,33	1	0,5	19	K-B1	1	2,58	0,3	0,5	11,1		
	2	1,51	1	0,5	21,6		2	2,15	0,3	0,5	9,2		
	3	1,44	1	0,5	20,6		3	1,28	0,3	0,5	5,5		
S-B2	1	0,92	1	0,5	13,1	K-B2	1	1,95	0,3	0,5	8,4		
	2	1,18	1	0,5	16,9		2	2,1	0,3	0,5	9		
	3	1,73	1	0,5	24,7		3	1,25	0,3	0,5	5,4		
S-B3	1	1,48	1	0,5	21,1	K-B3	1	1,45	0,5	0,5	10,4		
	2	1,60	1	0,5	22,9		2	1,08	0,5	0,5	7,7		
	3	1,73	1	0,5	24,7		3	1,45	0,5	0,5	10,4		
S-B4	1	2,08	1	0,5	29,7	K-B4	1	1,4	0,5	0,5	10		
	2	2,42	1	0,5	34,6		2	1,4	0,5	0,5	10		
	3	2,59	1	0,5	37		3	1,4	0,5	0,5	10		
S-B5	1	0,69	1	0,5	9,9	K-B5	1	1,2	0,5	0,5	8,6		
	2	0,63	1	0,5	9		2	1,33	0,5	0,5	9,5		
	3	0,80	1	0,5	11,4		3	1,18	0,5	0,5	8,4		
S-B6	1	0,50	1	0,5	7,1	K-B6	1	1,96	0,5	0,5	14		
	2	0,73	1	0,5	10,4		2	1,68	0,5	0,5	12		
	3	1,56	1	0,5	22,3		3	2,35	0,5	0,5	16,8		
				Σ	356	%					Σ	176,4	%
				von maximal 1800%	19,8	%					von maximal 1800%	9,8	%

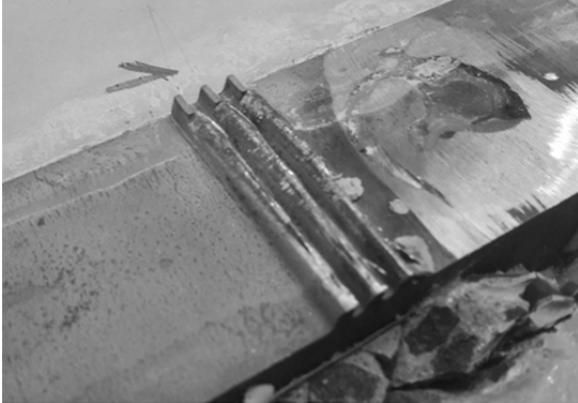
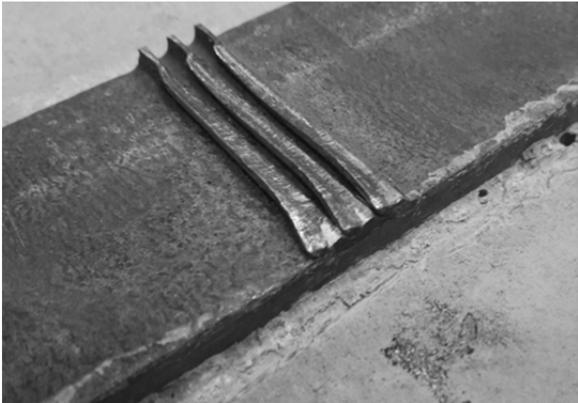
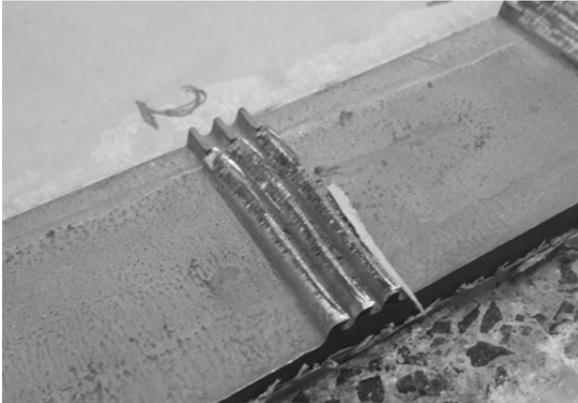
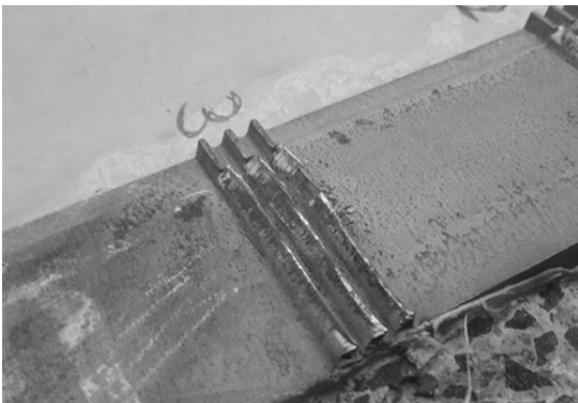
Konsolenversuch 2

Bezeichnung	Konsolenversuch 2		
Beschreibung	Konsole mit 2 Zahnleisten mit jeweils 6 x 3 Stahlzähnen Alle Gewindestangen mit 300 Nm vorgespannt		
Herstelldatum	19.+20.10.2016	Betonalter	39d
Prüfdatum	29.11.2016	Lagerung	an der Luft
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]		
Prüfmaschine	Prüfportal (Zwick/Roell) 2,5 MN		
Wegaufnehmer	2x vertikal unter der Konsole 1x vertikal im Zylinder		
Versuchs- beobachtungen	Konsole leicht schief eingebaut. Horizontale Wegaufnehmer liefern keine brauchbaren Ergebnisse. Stütze und Konsole verschieben sich zusammen als Starrkörper.		
Bruchlast	[kN]	375,4	
Reibungsanteil	[kN]	~ 0,0	
Belastungsgeschwindigkeit	0,6 mm/min = 0,01 mm/sek		
Belastungsprotokoll	siehe Weg-Zeit-Diagramm Zylinder		

Konsolenversuch 2



Konsolenversuch 2

Stütze	Konsole
<p data-bbox="443 383 512 412">S-A1</p> 	<p data-bbox="1046 383 1115 412">K-A1</p> 
<p data-bbox="443 882 512 911">S-A2</p> 	<p data-bbox="1046 882 1118 911">K-A2</p> 
<p data-bbox="443 1382 512 1411">S-A3</p> 	<p data-bbox="1046 1382 1118 1411">K-A3</p> 

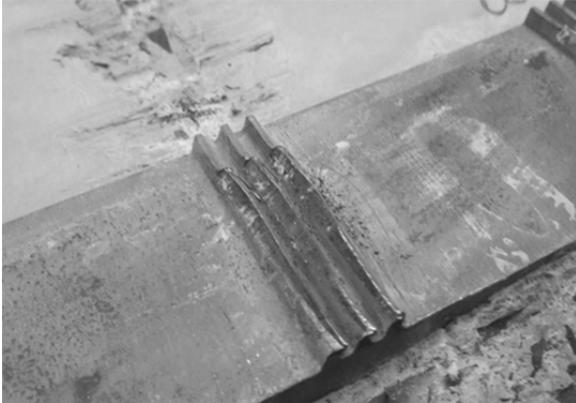
Konsolenversuch 2

Stütze

Konsole

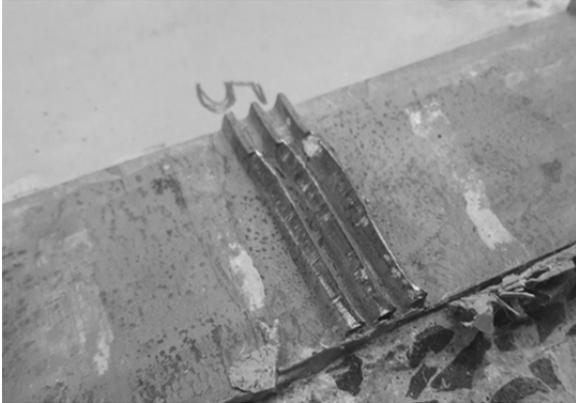
S-A4

K-A4



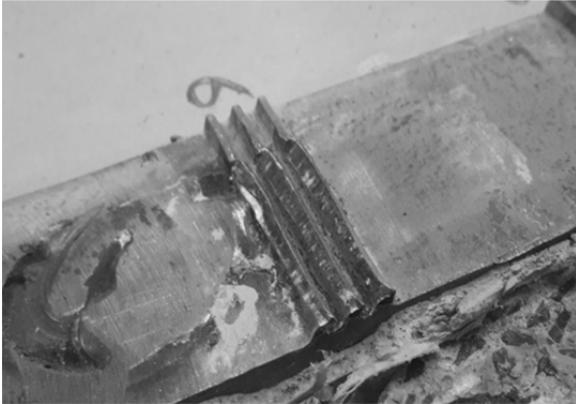
S-A5

K-A5



S-A6

K-A6



Konsolenversuch 2

Zahnreihe	aktivierte Breite [cm]	aktivierte Zahnhöhe [-]	Flächenverteilung [-]	aktivierte Fläche [%]		Zahnreihe	aktivierte Breite [cm]	aktivierte Zahnhöhe [-]	Flächenverteilung [-]	aktivierte Fläche [%]	
S-A1	1	3,13	1	1	89,4	K-A1	1	2,85	1	0,5	40,7
	2	3,05	1	1	87,1		2	2,85	1	0,5	40,7
	3	3,05	1	1	87,1		3	3,08	1	0,5	44
S-A2	1	2,97	1	1	84,9	K-A2	1	2,96	1	0,5	42,3
	2	2,93	1	1	83,7		2	2,96	1	0,5	42,3
	3	2,90	1	1	82,9		3	2,96	1	0,5	42,3
S-A3	1	2,84	1	1	81,1	K-A3	1	2,88	1	0,5	41,1
	2	2,84	1	1	81,1		2	2,88	1	0,5	41,1
	3	2,78	1	1	79,4		3	2,88	1	0,5	41,1
S-A4	1	2,70	1	1	77,1	K-A4	1	2,77	1	0,5	39,6
	2	2,70	1	1	77,1		2	2,77	1	0,5	39,6
	3	2,65	1	1	75,7		3	2,77	1	0,5	39,6
S-A5	1	2,60	1	1	74,3	K-A5	1	2,66	1	1	76
	2	2,64	1	1	75,4		2	2,66	1	1	76
	3	2,60	1	1	74,3		3	2,65	1	1	75,7
S-A6	1	2,50	1	1	71,4	K-A6	1	2,46	1	1	70,3
	2	2,52	1	1	72		2	2,46	1	1	70,3
	3	2,54	1	1	72,6		3	2,46	1	1	70,3
Σ 1426,6 %					Σ 933 %						
von maximal 1800% 79,3 %					von maximal 1800% 51,8 %						

Konsolenversuch 2

Stütze	Konsole
<p data-bbox="443 383 510 412">S-B1</p> 	<p data-bbox="1050 383 1117 412">K-B1</p> 
<p data-bbox="443 884 510 913">S-B2</p> 	<p data-bbox="1050 884 1117 913">K-B2</p> 
<p data-bbox="443 1386 510 1415">S-B3</p> 	<p data-bbox="1050 1386 1117 1415">K-B3</p> 

Konsolenversuch 2

Stütze	Konsole
<p data-bbox="443 383 512 412">S-B4</p> 	<p data-bbox="1050 383 1118 412">K-B4</p> 
<p data-bbox="443 884 512 913">S-B5</p> 	<p data-bbox="1050 884 1118 913">K-B5</p> 
<p data-bbox="443 1386 512 1415">S-B6</p> 	<p data-bbox="1050 1386 1118 1415">K-B6</p> 

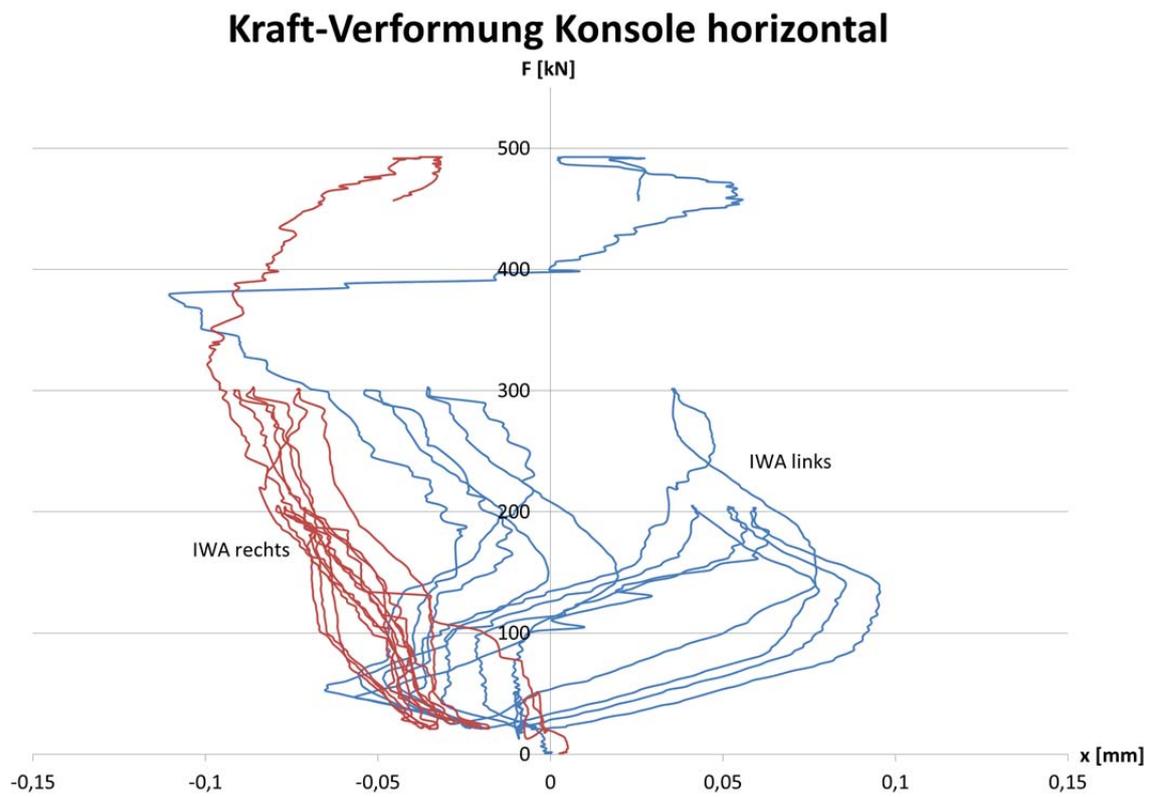
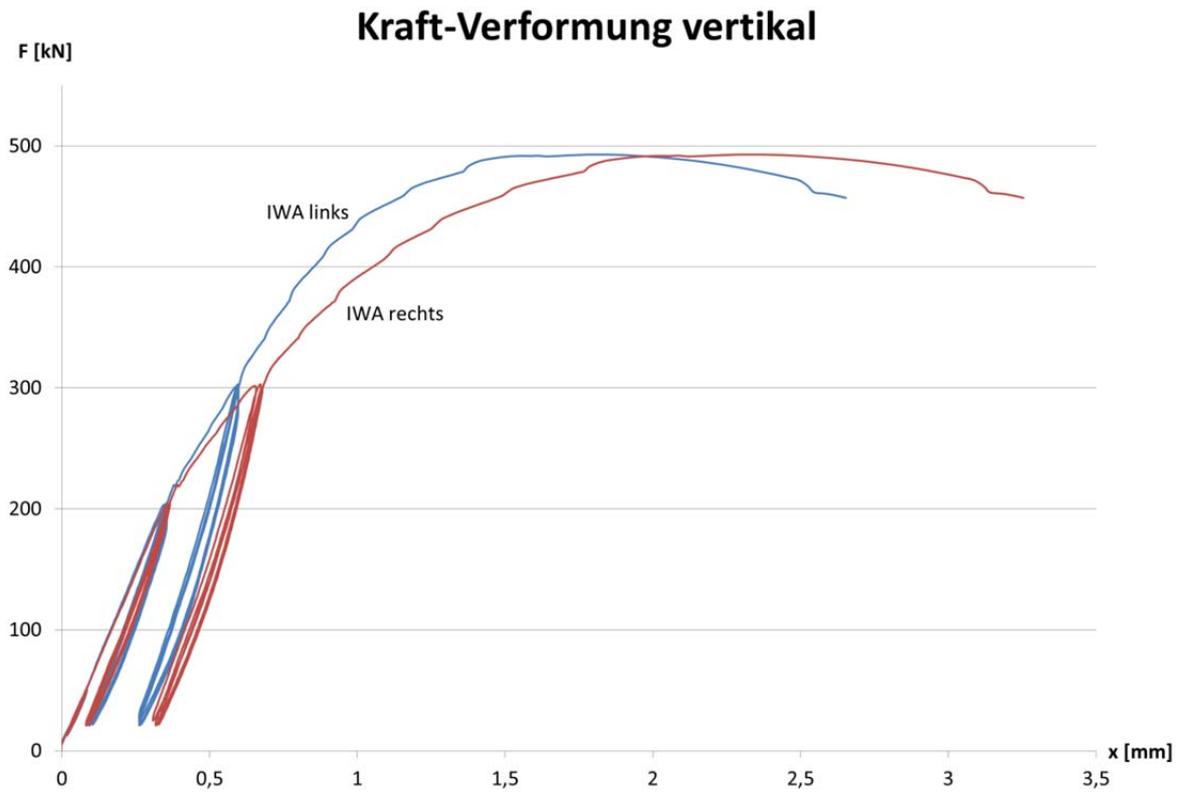
Konsolenversuch 2

Zahnreihe	aktivierte Breite [cm]	aktivierte Zahnhöhe [-]	Flächenverteilung [-]	aktivierte Fläche [%]		Zahnreihe	aktivierte Breite [cm]	aktivierte Zahnhöhe [-]	Flächenverteilung [-]	aktivierte Fläche [%]	
S-B1	1	2,82	1	1	80,6	K-B1	1	2,85	1	0,5	40,7
	2	2,90	1	1	82,9		2	2,85	1	0,5	40,7
	3	2,83	1	1	80,9		3	2,88	1	0,5	41,1
S-B2	1	2,85	1	1	81,4	K-B2	1	2,93	1	1	83,7
	2	2,85	1	1	81,4		2	2,93	1	1	83,7
	3	2,93	1	1	83,7		3	2,94	1	1	84
S-B3	1	2,99	1	1	85,4	K-B3	1	3,01	1	1	86
	2	2,98	1	1	85,1		2	3,01	1	1	86
	3	2,99	1	1	85,4		3	3,01	1	1	86
S-B4	1	2,99	1	1	85,4	K-B4	1	3,05	1	1	87,1
	2	2,99	1	1	85,4		2	3,05	1	1	87,1
	3	2,98	1	1	85,1		3	3,05	1	1	87,1
S-B5	1	3,15	1	1	90	K-B5	1	3,07	1	1	87,7
	2	3,15	1	1	90		2	3,07	1	1	87,7
	3	3,16	1	1	90,3		3	3,07	1	1	87,7
S-B6	1	3,00	1	1	85,7	K-B6	1	3,17	1	1	90,6
	2	3,10	1	1	88,6		2	3,17	1	1	90,6
	3	3,10	1	1	88,6		3	3,17	1	1	90,6
Σ 1535,9 %					Σ 1428,1 %						
von maximal 1800% 85,3 %					von maximal 1800% 79,3 %						

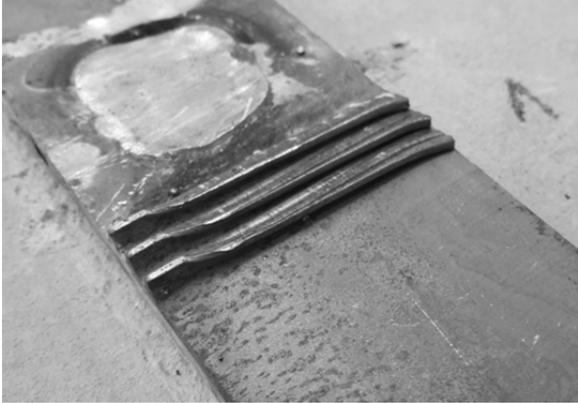
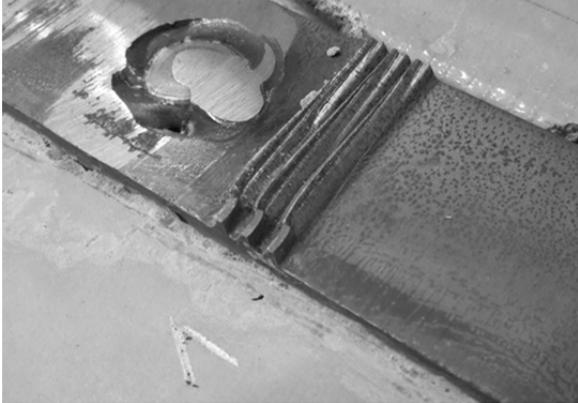
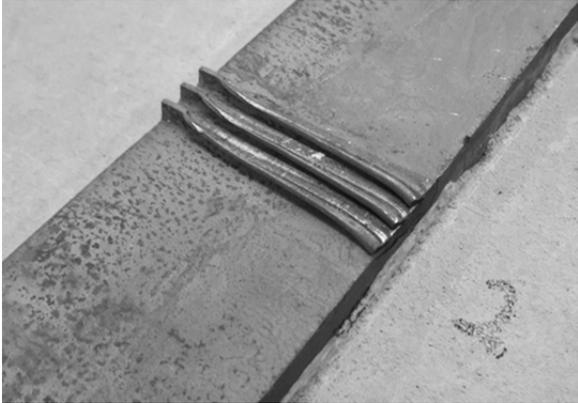
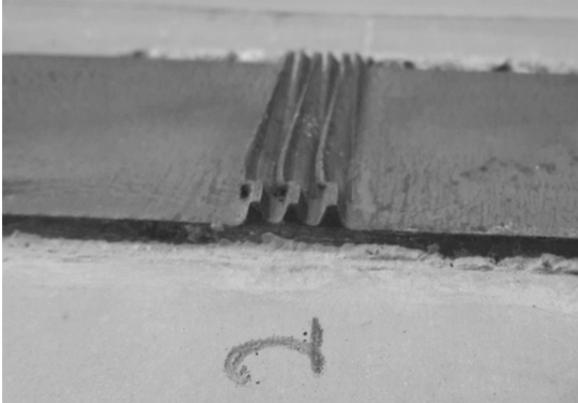
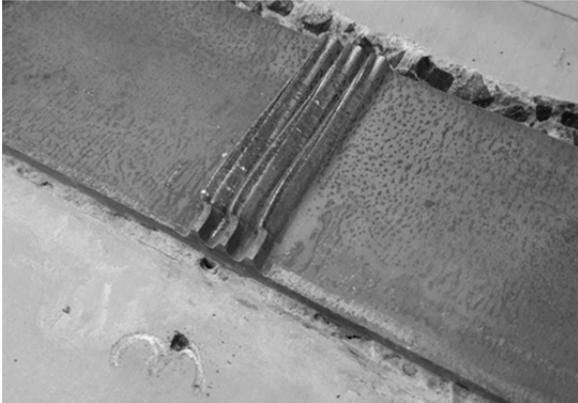
Konsolenversuch 3

Bezeichnung	Konsolenversuch 3		
Beschreibung	Konsole mit 2 Zahnleisten mit jeweils 6 x 3 Stahlzähnen Alle Gewindestangen mit 1200 Nm angezogen		
Herstelldatum	19.+20.10.2016	Betonalter	39d
Prüfdatum	29.11.2016	Lagerung	an der Luft
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]		
Prüfmaschine	Prüfportal (Zwick/Roell) 2,5 MN		
Wegaufnehmer	2x horizontal an der Stütze 2x horizontal an der Konsole 2x vertikal unter der Konsole 1x vertikal im Zylinder		
Versuchs- beobachtungen	Stütze steht schief auf Widerlager. Durch Stahlplatten wird die Schiefstellung ausgeglichen. Nach dem Versuch: Starke Rissbildung an der Konsole im Bereich der eingelegten Stahlplatte. Die aufgebrauchten Vorspannungen sind noch vorhanden.		
Bruchlast	[kN]	493,5	
Reibungsanteil	[kN]	~ 18,9 (aus Versuch)	
Belastungsgeschwindigkeit	0,6 mm/min = 0,01 mm/sek		
Belastungsprotokoll	siehe Weg-Zeit-Diagramm Zylinder		

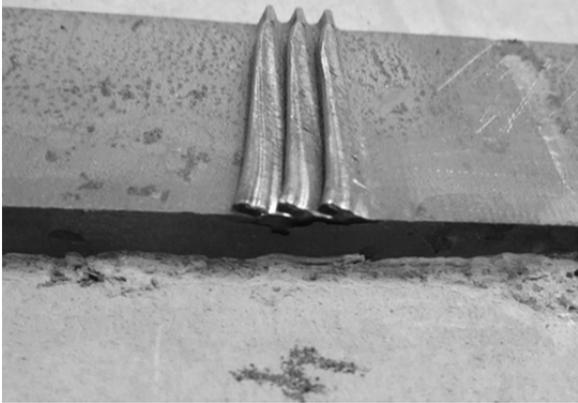
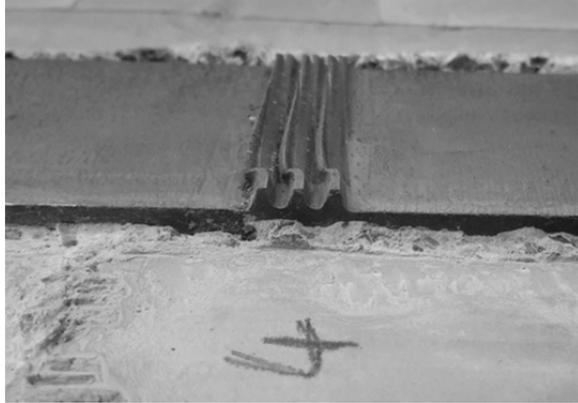
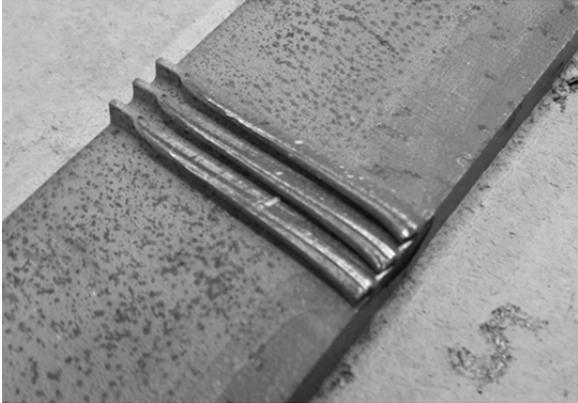
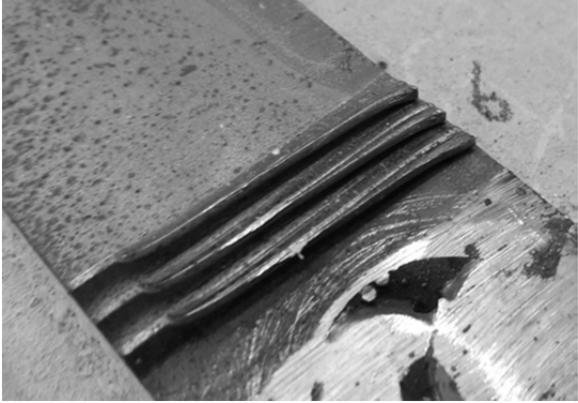
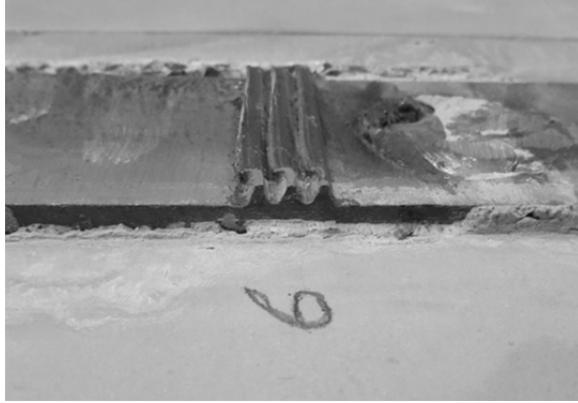
Konsolenversuch 3



Konsolenversuch 3

Stütze	Konsole
<p data-bbox="443 376 510 409">S-A1</p> 	<p data-bbox="1050 376 1117 409">K-A1</p> 
<p data-bbox="443 878 510 911">S-A2</p> 	<p data-bbox="1050 878 1117 911">K-A2</p> 
<p data-bbox="443 1379 510 1413">S-A3</p> 	<p data-bbox="1050 1379 1117 1413">K-A3</p> 

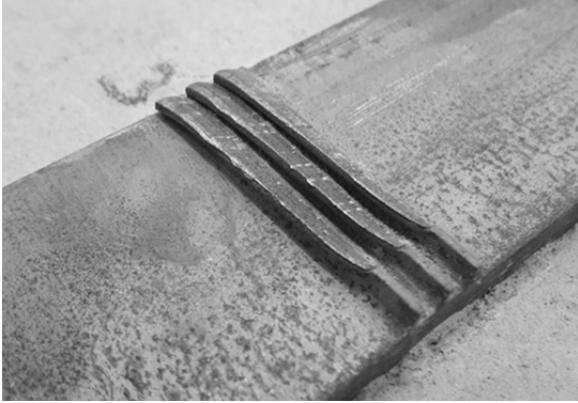
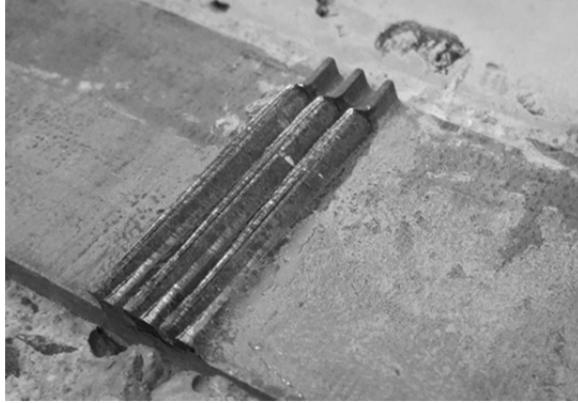
Konsolenversuch 3

Stütze	Konsole
<p data-bbox="443 376 510 405">S-A4</p> 	<p data-bbox="1050 376 1117 405">K-A4</p> 
<p data-bbox="443 880 510 909">S-A5</p> 	<p data-bbox="1050 880 1117 909">K-A5</p> 
<p data-bbox="443 1384 510 1413">S-A6</p> 	<p data-bbox="1050 1384 1117 1413">K-A6</p> 

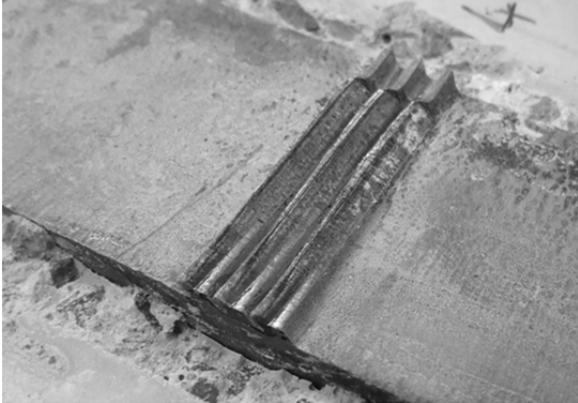
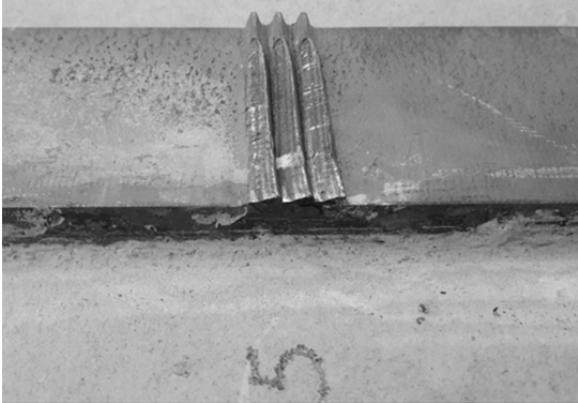
Konsolenversuch 3

Serielle Zahnreihe					Kontinuierliche Zahnreihe						
Zahnreihe	aktivierte Breite	aktivierte Zahnhöhe	Flächenverteilung	aktivierte Fläche	Zahnreihe	aktivierte Breite	aktivierte Zahnhöhe	Flächenverteilung	aktivierte Fläche		
	[cm]	[-]	[-]	[%]		[cm]	[-]	[-]	[%]		
S-A1	1	3,10	1	1	88,6	K-A1	1	3,1	1	1	88,6
	2	3,08	1	1	88		2	3,1	1	1	88,6
	3	3,05	1	1	87,1		3	3,1	1	1	88,6
S-A2	1	3,00	1	1	85,7	K-A2	1	3,1	1	1	88,6
	2	2,98	1	1	85,1		2	3,1	1	1	88,6
	3	2,98	1	1	85,1		3	3,1	1	1	88,6
S-A3	1	3,04	1	1	86,9	K-A3	1	3,1	1	1	88,6
	2	3,04	1	1	86,9		2	3,1	1	1	88,6
	3	3,00	1	1	85,7		3	3,1	1	1	88,6
S-A4	1	3,03	1	1	86,6	K-A4	1	3,06	1	1	87,4
	2	3,05	1	1	87,1		2	3,06	1	1	87,4
	3	3,05	1	1	87,1		3	3,06	1	1	87,4
S-A5	1	3,03	1	1	86,6	K-A5	1	3,06	1	1	87,4
	2	3,01	1	1	86		2	3,06	1	1	87,4
	3	3,08	1	1	88		3	3,06	1	1	87,4
S-A6	1	3,03	1	1	86,6	K-A6	1	3,06	1	1	87,4
	2	3,00	1	1	85,7		2	3,06	1	1	87,4
	3	3,00	1	1	85,7		3	3,06	1	1	87,4
Σ 1558,5 %					Σ 1584 %						
von maximal 1800% 86,6 %					von maximal 1800% 88 %						

Konsolenversuch 3

Stütze	Konsole
<p data-bbox="443 376 507 405">S-B1</p> 	<p data-bbox="1050 376 1114 405">K-B1</p> 
<p data-bbox="443 880 507 909">S-B2</p> 	<p data-bbox="1050 880 1114 909">K-B2</p> 
<p data-bbox="443 1384 507 1413">S-B3</p> 	<p data-bbox="1050 1384 1114 1413">K-B3</p> 

Konsolenversuch 3

Stütze	Konsole
<p data-bbox="443 376 510 405">S-B4</p> 	<p data-bbox="1050 376 1117 405">K-B4</p> 
<p data-bbox="443 880 510 909">S-B5</p> 	<p data-bbox="1050 880 1117 909">K-B5</p> 
<p data-bbox="443 1384 510 1413">S-B6</p> 	<p data-bbox="1050 1384 1117 1413">K-B6</p> 

Konsolenversuch 3

Serielle Zahnreihe					Kontinuierliche Zahnreihe						
Zahnreihe		aktivierte Breite	aktivierte Zahnhöhe	Flächenverteilung	aktivierte Fläche	Zahnreihe		aktivierte Breite	aktivierte Zahnhöhe	Flächenverteilung	aktivierte Fläche
		[cm]	[-]	[-]	[%]			[cm]	[-]	[-]	[%]
S-B1	1	3,01	1	1	86	K-B1	1	3,05	1	1	87,1
	2	3,00	1	1	85,7		2	2,97	1	1	84,9
	3	3,00	1	1	85,7		3	2,97	1	1	84,9
S-B2	1	2,95	1	1	84,3	K-B2	1	2,97	1	1	84,9
	2	2,95	1	1	84,3		2	2,97	1	1	84,9
	3	2,95	1	1	84,3		3	2,97	1	1	84,9
S-B3	1	2,90	1	1	82,9	K-B3	1	2,9	1	1	82,9
	2	2,90	1	1	82,9		2	2,9	1	1	82,9
	3	2,97	1	1	84,9		3	2,9	1	1	82,9
S-B4	1	2,96	1	1	84,6	K-B4	1	2,84	1	1	81,1
	2	2,96	1	1	84,6		2	2,84	1	1	81,1
	3	2,96	1	1	84,6		3	2,84	1	1	81,1
S-B5	1	2,83	1	1	80,9	K-B5	1	2,84	1	1	81,1
	2	2,83	1	1	80,9		2	2,84	1	1	81,1
	3	2,83	1	1	80,9		3	2,84	1	1	81,1
S-B6	1	2,64	1	1	75,4	K-B6	1	2,8	1	1	80
	2	2,64	1	1	75,4		2	2,8	1	1	80
	3	2,73	1	1	78		3	2,8	1	1	80
					Σ 1486,3 %						Σ 1486,9 %
					von maximal 1800% 82,6 %						von maximal 1800% 82,6 %

Anhang VB4: Dokumentation Versuche Phase IV



Abb.VB4.1: Versuchsaufbau Knotenpunkt

Tab.VB.1: Versuchsprogramm Phase IV – Stahl/Stahl

Phase VI: Versuche am Knotenpunkt						
Versuchsnr.	Bezeichnung	Art der Verzahnung	Art der Lastaufbringung	Prüfgeschwindigkeit [mm/sec]	Stahl Einbauteil	Beton
III/V4	Knotenpunkt	S/B S/S	Monoton/Druck	0,01	S235	Ultralith
III/V5	Knotenpunkt	S/B S/S	Monoton/Druck	0,01	S235	Ultralith
III/V6	Knotenpunkt	S/B S/S	Monoton/Druck	0,01	S235	Ultralith

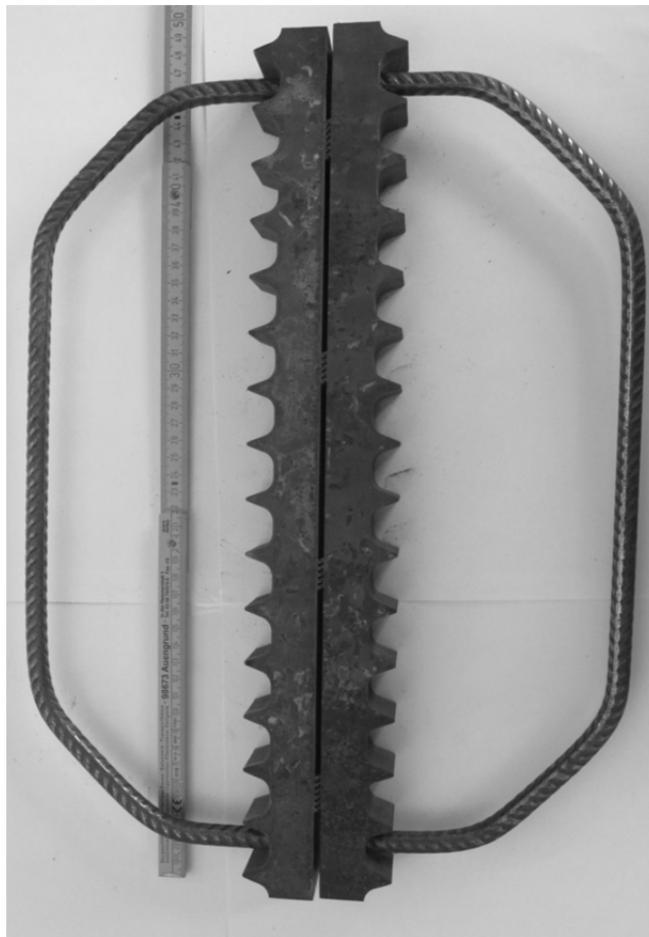


Abb.VB4.2: Verwendete Zahnleisten

Es werden die Versagensbilder der Stahlzähne dokumentiert indem die einzelnen Zahnreihen fotografiert und mit einem Messschieber vermessen werden (Abb. VB4.2). Der Knoten wird auf den Gurt geklappt, so dass jeweils die Zahnleisten A-A bzw. B-B aufeinanderliegen.

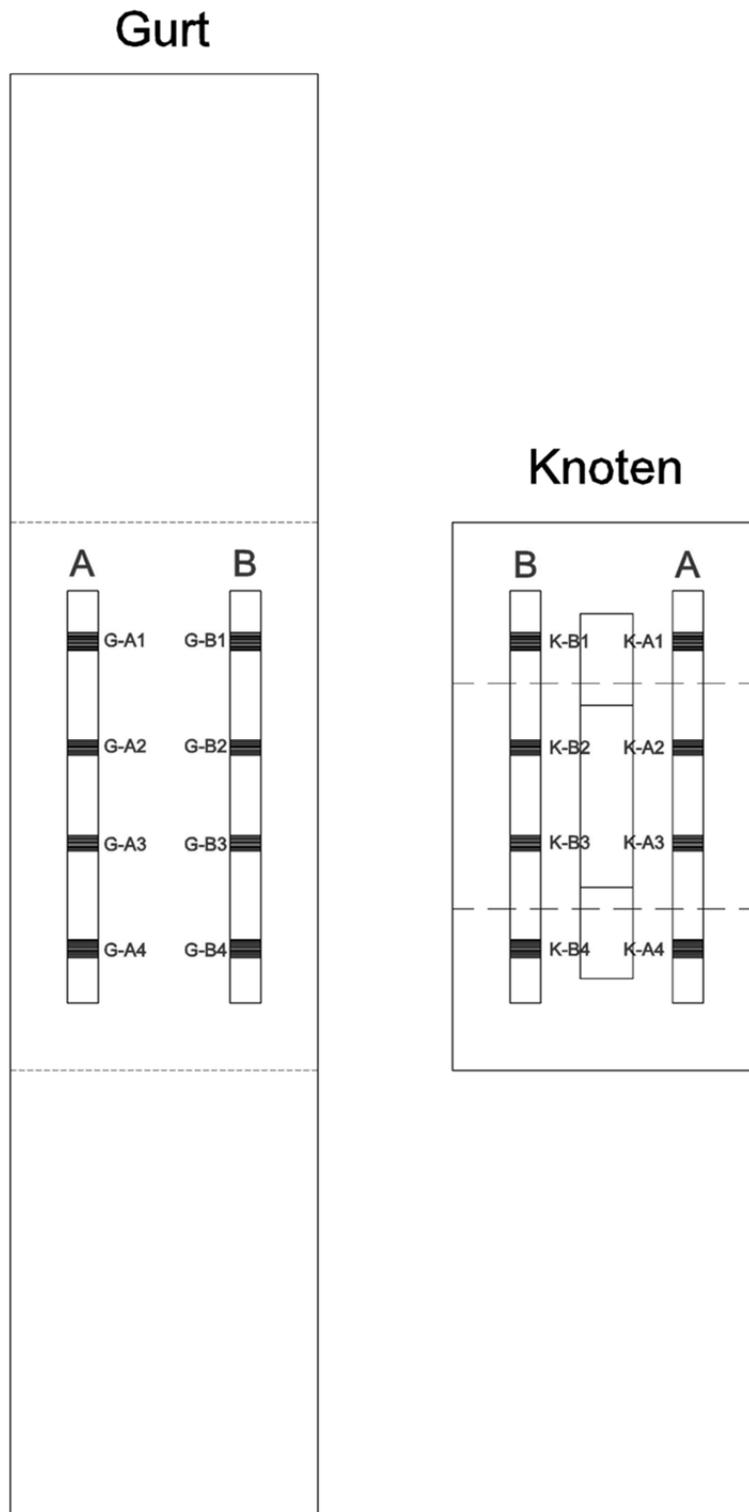


Abb.VB4.3: Bezeichnung der Zahnreihen der Knotenpunkte

Laststufen

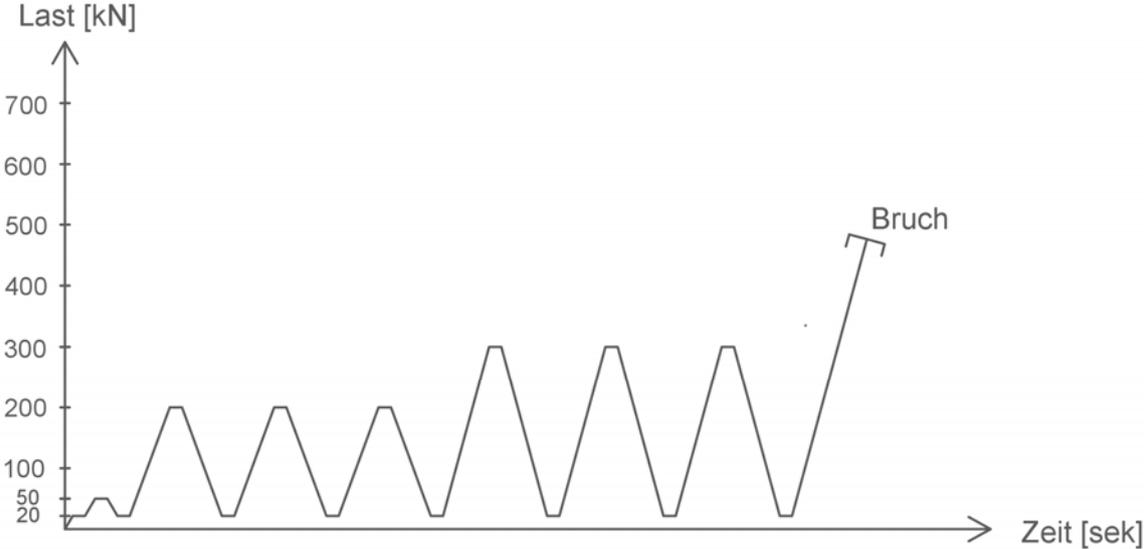


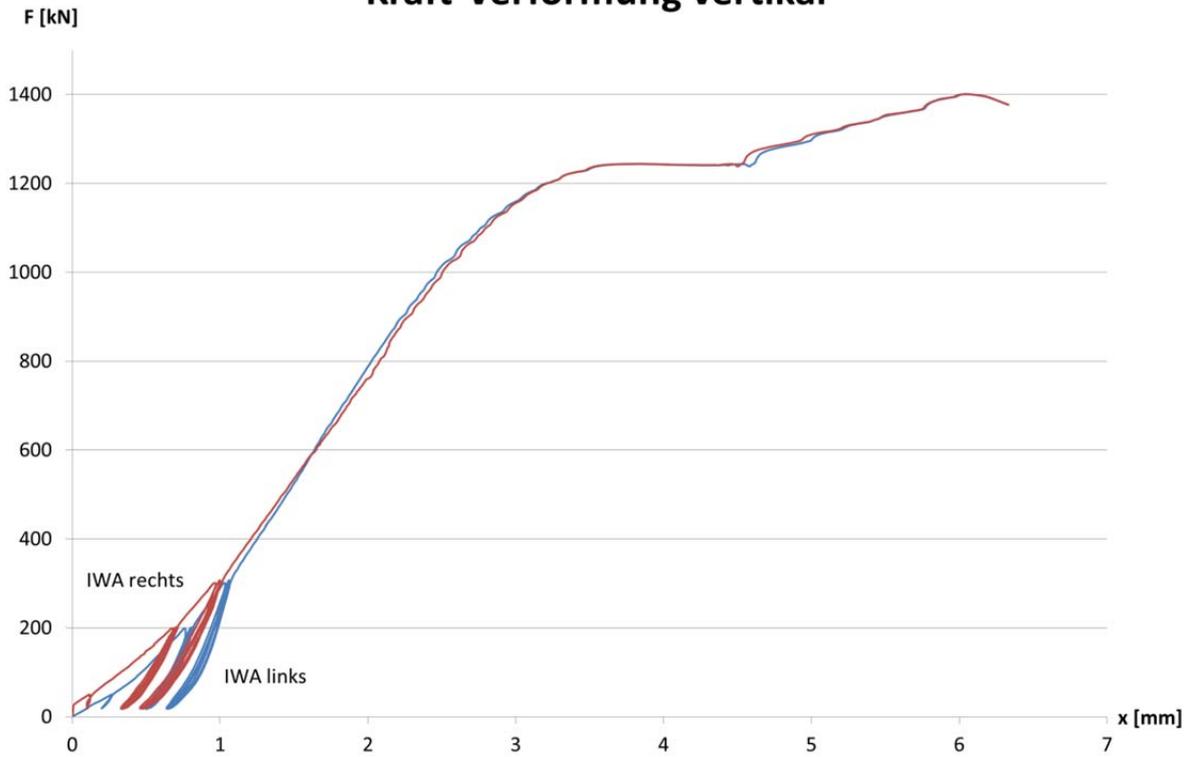
Abb.VB4.4: Laststufen-Diagramm Knotenpunkte

Knotenversuch 1

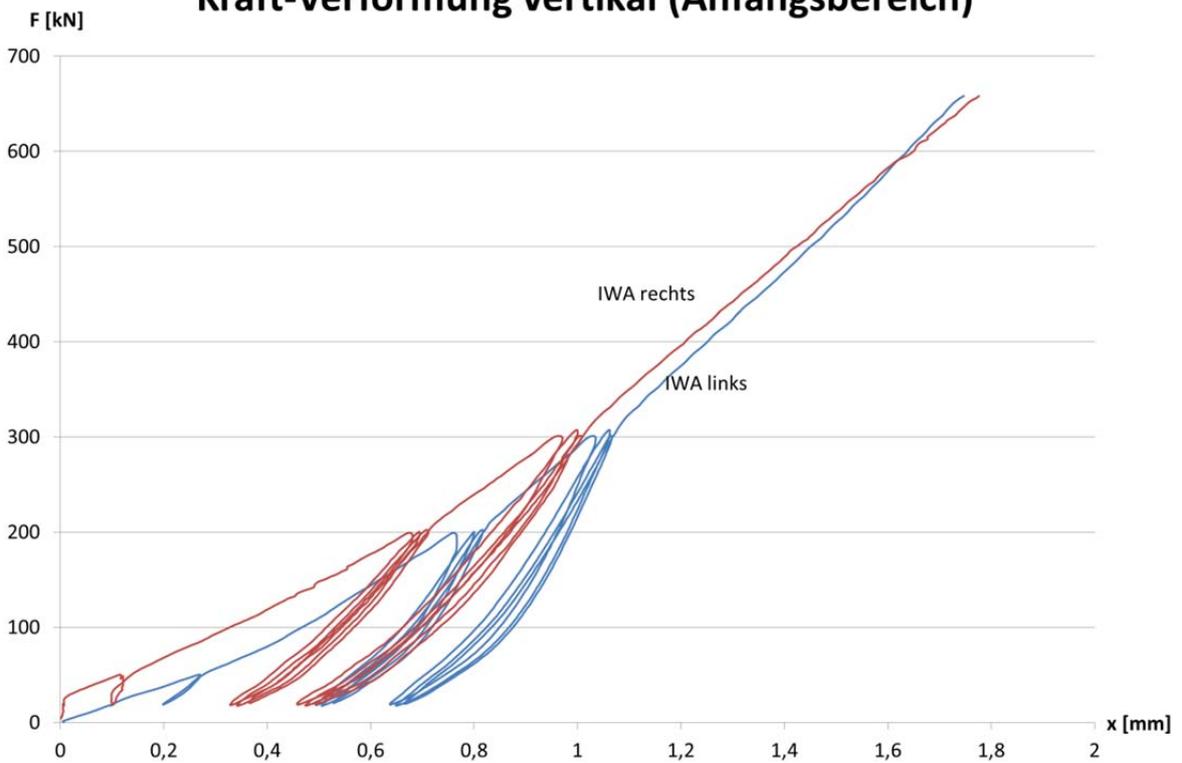
Bezeichnung	Knotenversuch 1		
Beschreibung	Knoten mit 2 Zahnleisten mit jeweils 2x5 und 2x6 Stahlzähnen Gewindestange mit 125 kN vorgespannt		
Herstelldatum	19.+20.10.2016	Betonalter	53d
Prüfdatum	13.12.2016	Lagerung	an der Luft
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]		
Prüfmaschine	Prüfportal (Zwick/Roell) 2,5 MN		
Wegaufnehmer	2x vertikal unter der Lasteinleitung 2x senkrecht zur Fuge 2x axial zur Fuge 1x vertikal im Zylinder		
Versuchs- beobachtungen	Leichte Schiefstellung des Probekörpers. Leichte Abplatzungen am Betonquader der Lasteinleitung bei 1,0 MN aus Schiefstellung.		
Bruchlast	[kN]	1401,8	
Belastungsgeschwindigkeit	0,6 mm/min = 0,01 mm/sek		
Belastungsprotokoll	siehe Weg-Zeit-Diagramm Zylinder		

Knotenversuch 1

Kraft-Verformung vertikal

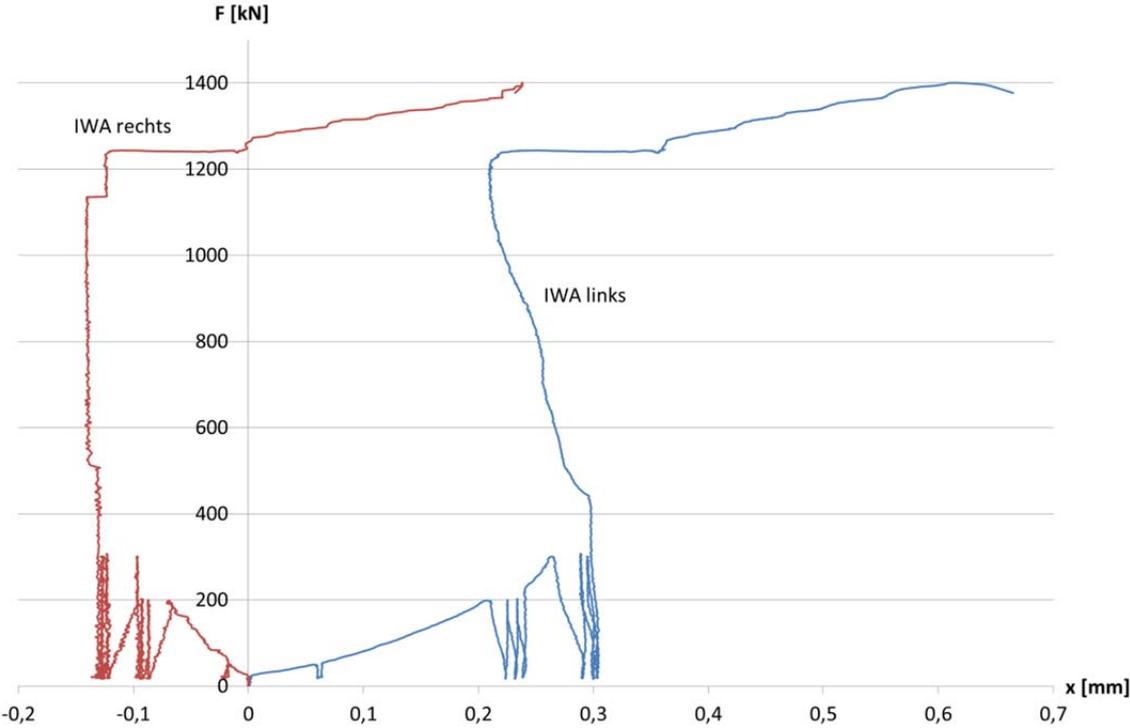


Kraft-Verformung vertikal (Anfangsbereich)



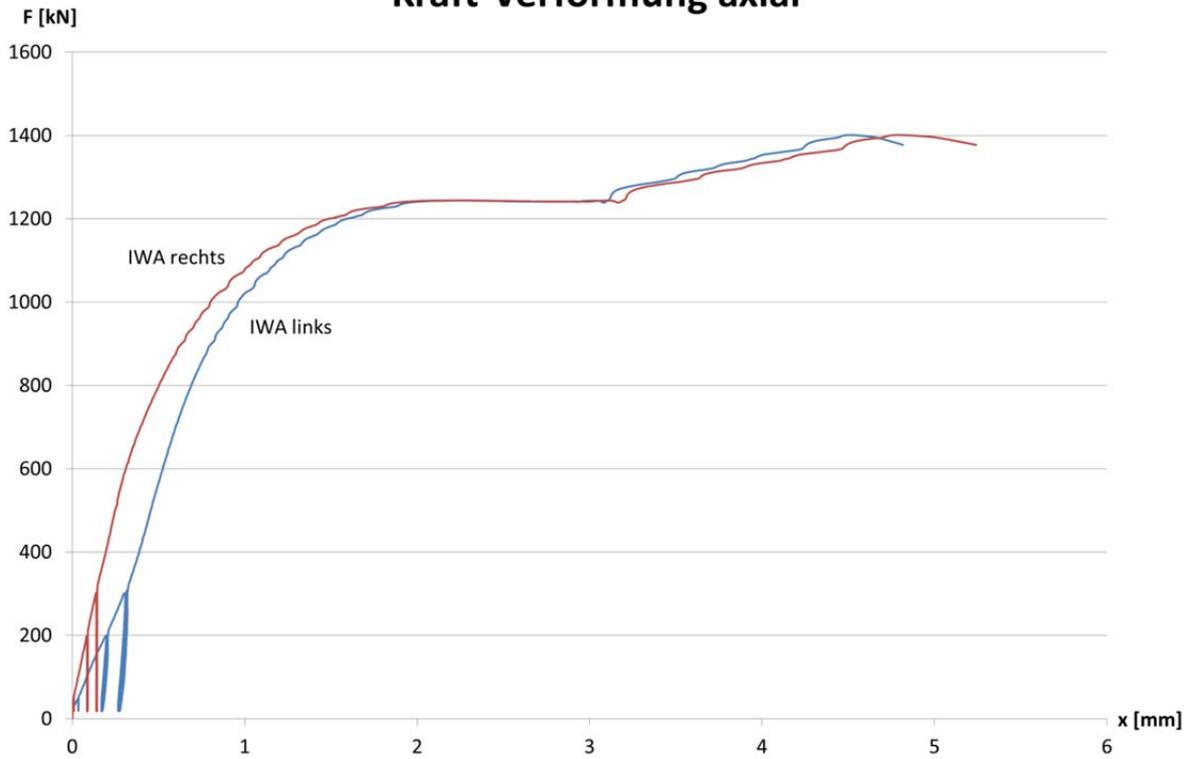
Knotenversuch 1

Kraft-Verformung senkrecht

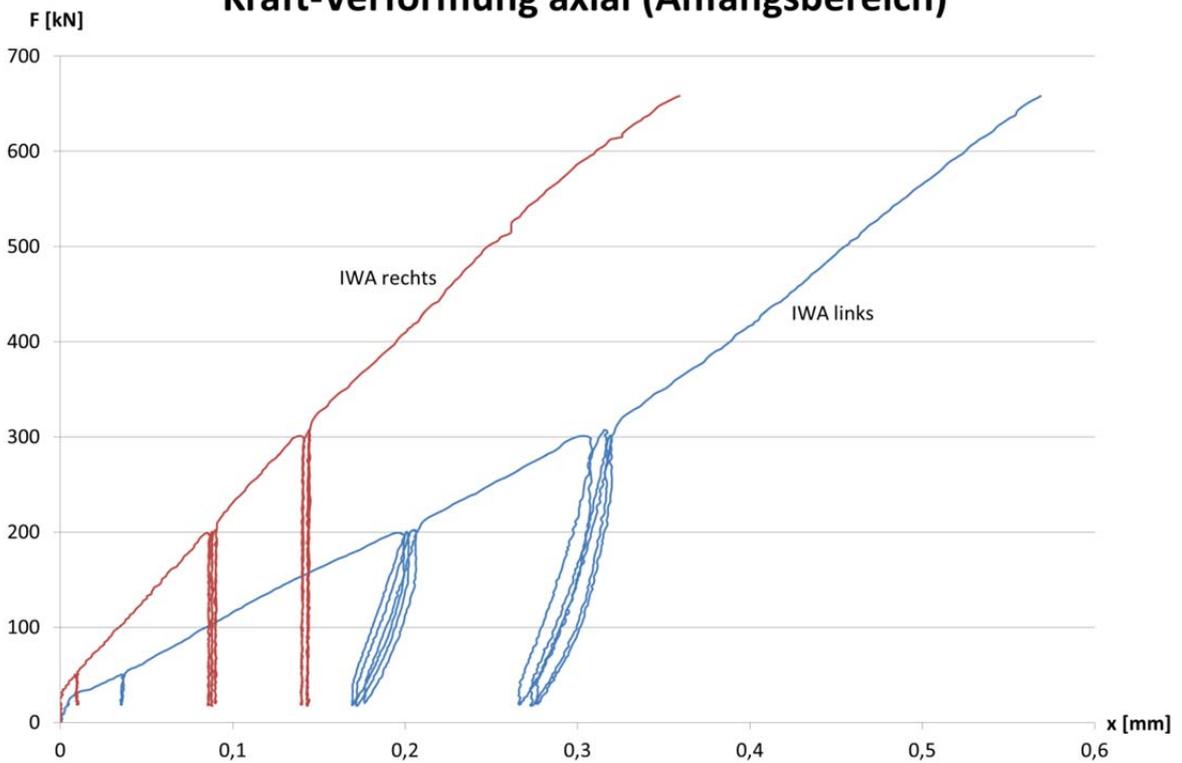


Knotenversuch 1

Kraft-Verformung axial



Kraft-Verformung axial (Anfangsbereich)



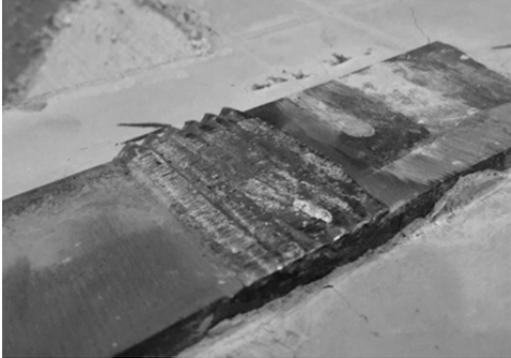
Knotenversuch 1

Gurt

Knoten

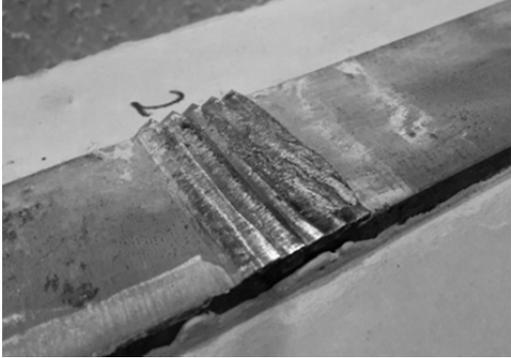
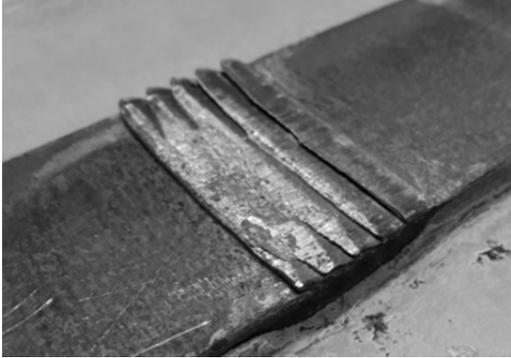
G-A1

K-A1



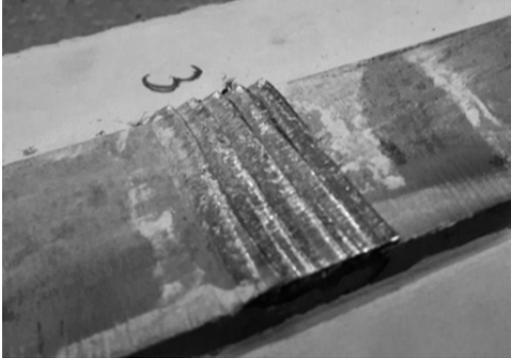
G-A2

K-A2



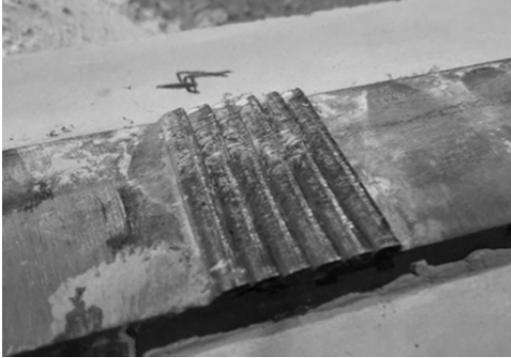
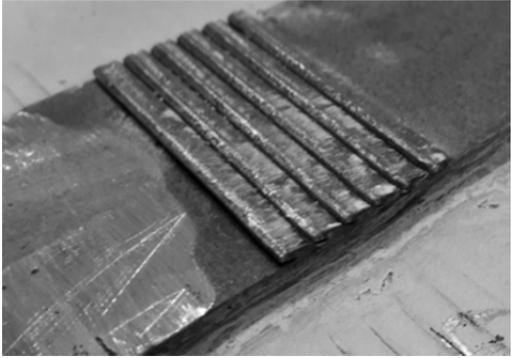
G-A3

K-A3

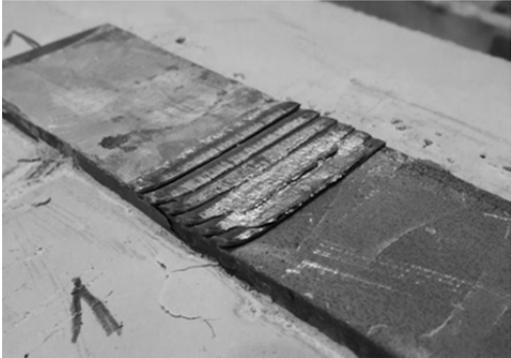
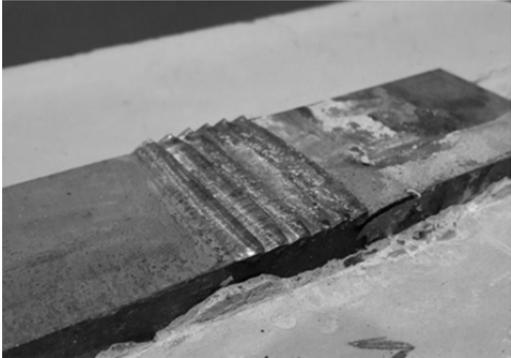
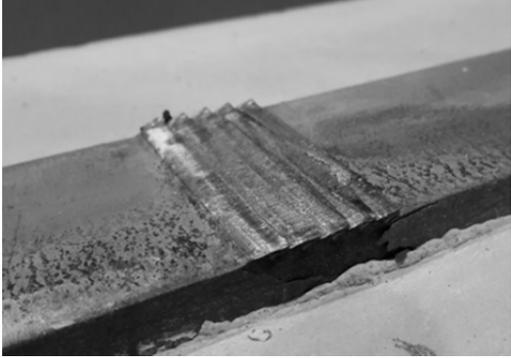
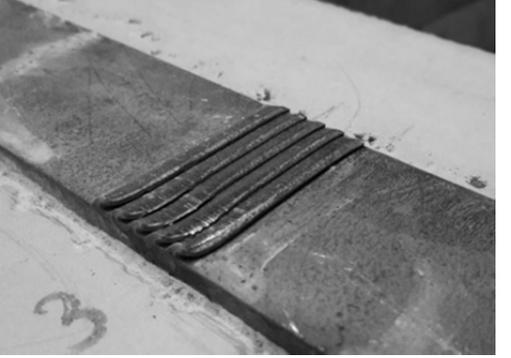
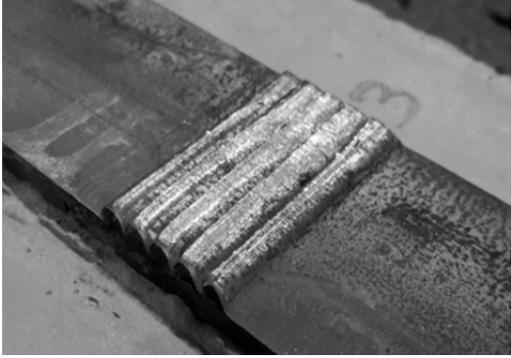
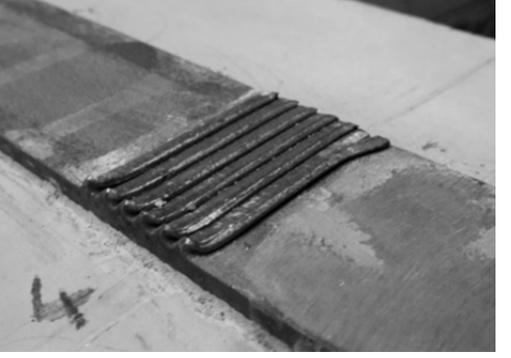
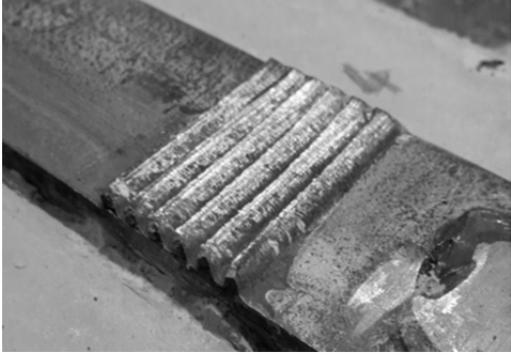


G-A4

K-A4



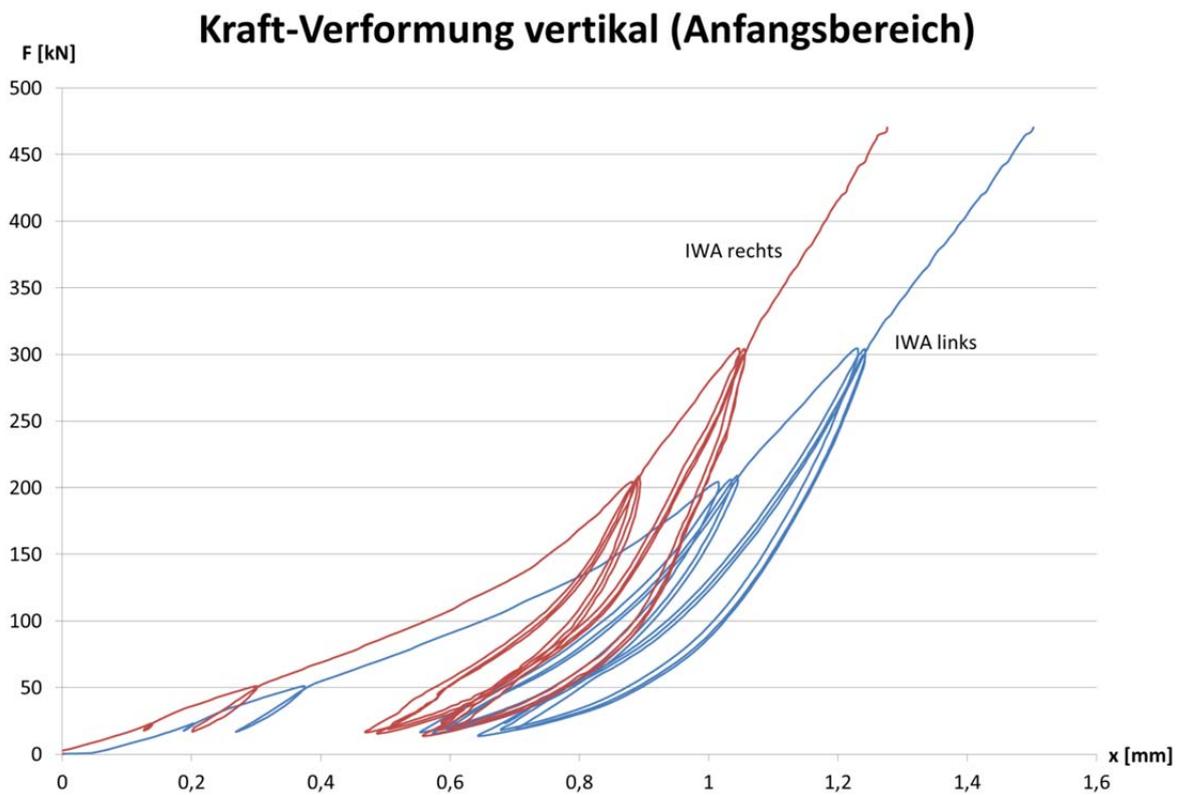
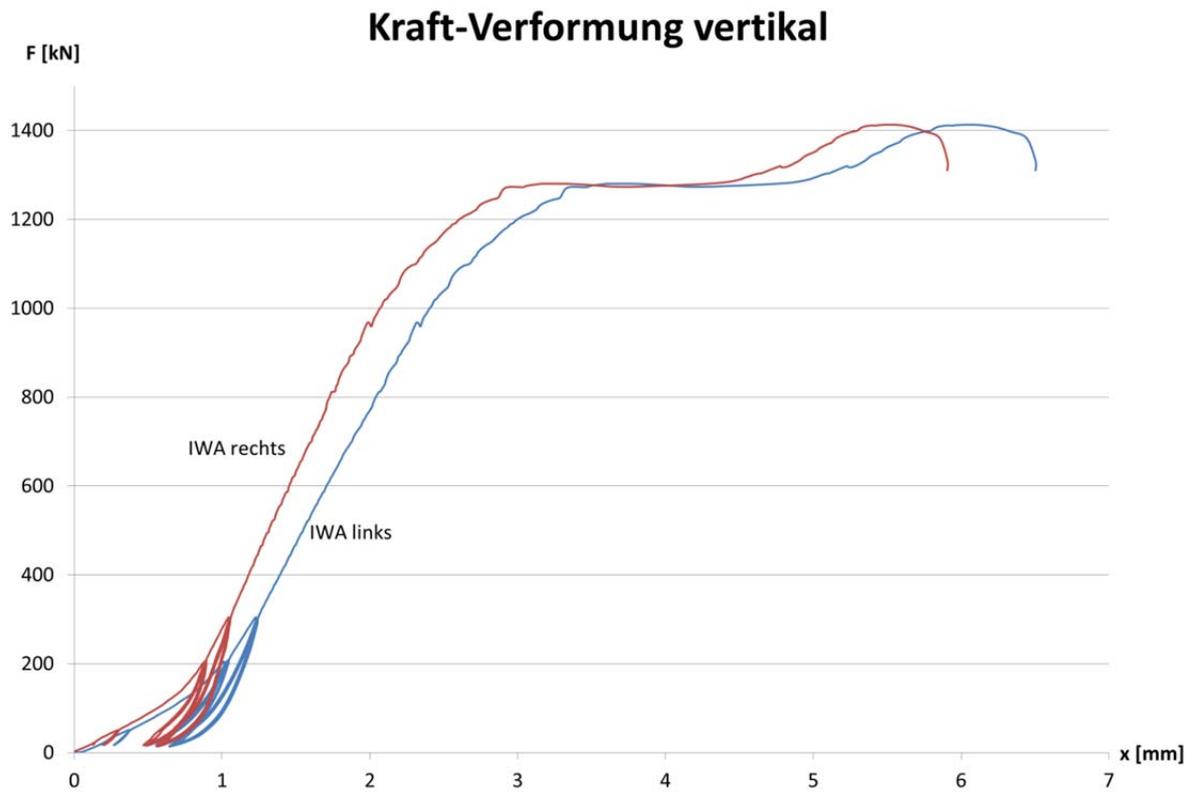
Knotenversuch 1

<i>Gurt</i>	<i>Knoten</i>
<i>G-B1</i> 	<i>K-B1</i> 
<i>G-B2</i> 	<i>K-B2</i> 
<i>G-B3</i> 	<i>K-B3</i> 
<i>G-B4</i> 	<i>K-B4</i> 

Knotenversuch 2

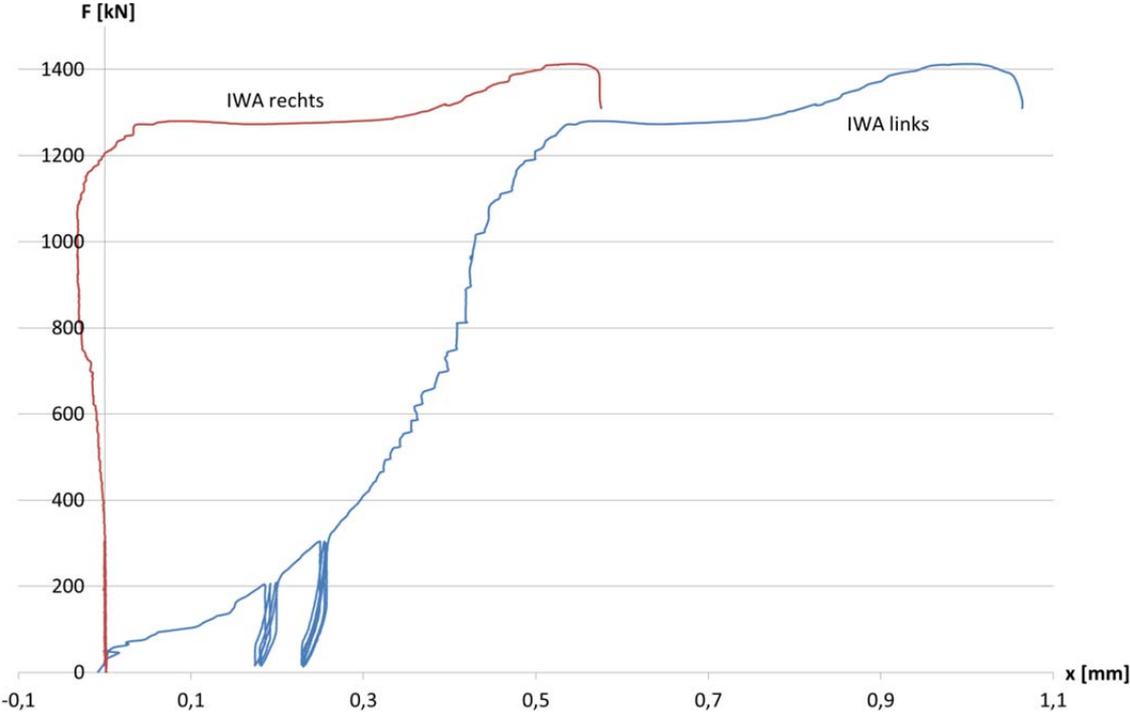
Bezeichnung	Knotenversuch 2		
Beschreibung	Knoten mit 2 Zahnleisten mit jeweils 2x5 und 2x6 Stahlzähnen Gewindestange mit 125 kN vorgespannt		
Herstelldatum	19.+20.10.2016	Betonalter	54d
Prüfdatum	14.12.2016	Lagerung	an der Luft
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]		
Prüfmaschine	Prüfportal (Zwick/Roell) 2,5 MN		
Wegaufnehmer	2x vertikal unter der Lasteinleitung 2x senkrecht zur Fuge 2x axial zur Fuge 1x vertikal im Zylinder		
Versuchs- beobachtungen	Gute Lage des Probekörpers im Widerlager. Versuch wird unmittelbar vor Erreichen der Bruchlast beendet um das Versagensbild der Zähne besser erkennen zu können.		
Bruchlast	[kN]	1414,1	
Belastungsgeschwindigkeit	0,6 mm/min = 0,01 mm/sek		
Belastungsprotokoll	siehe Weg-Zeit-Diagramm Zylinder		

Knotenversuch 2

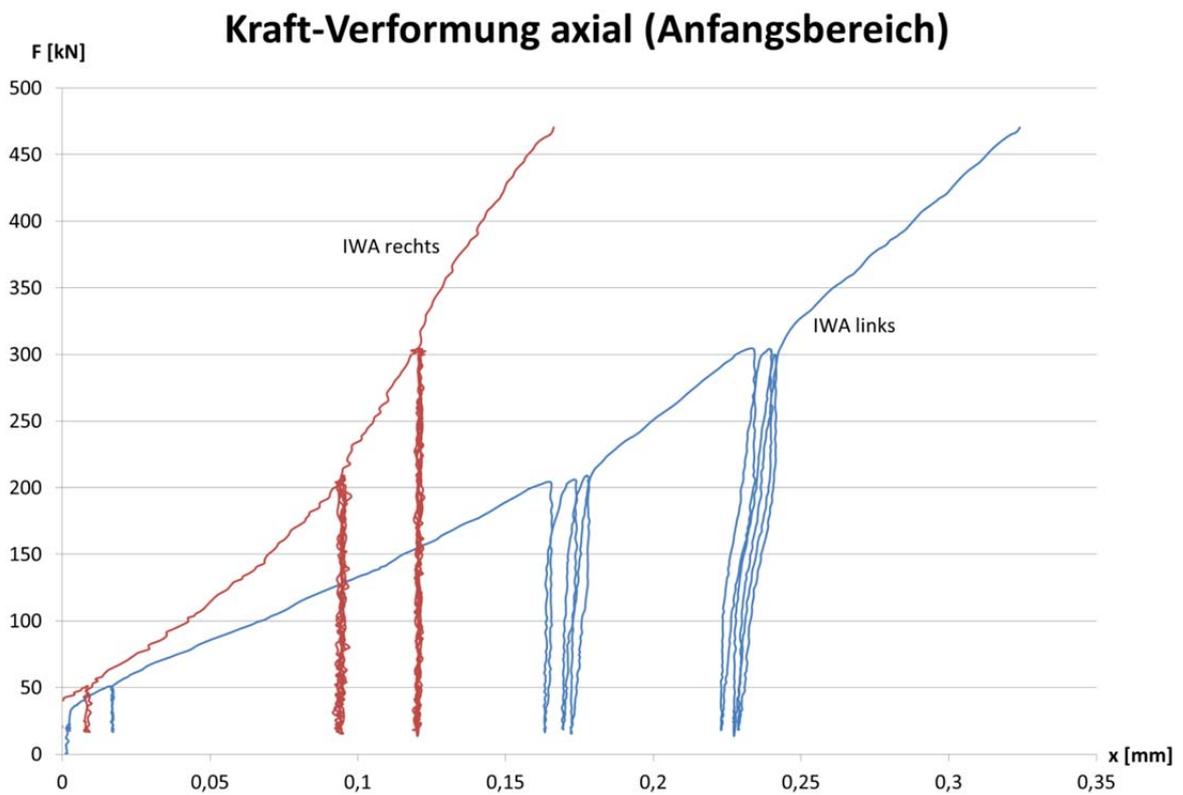
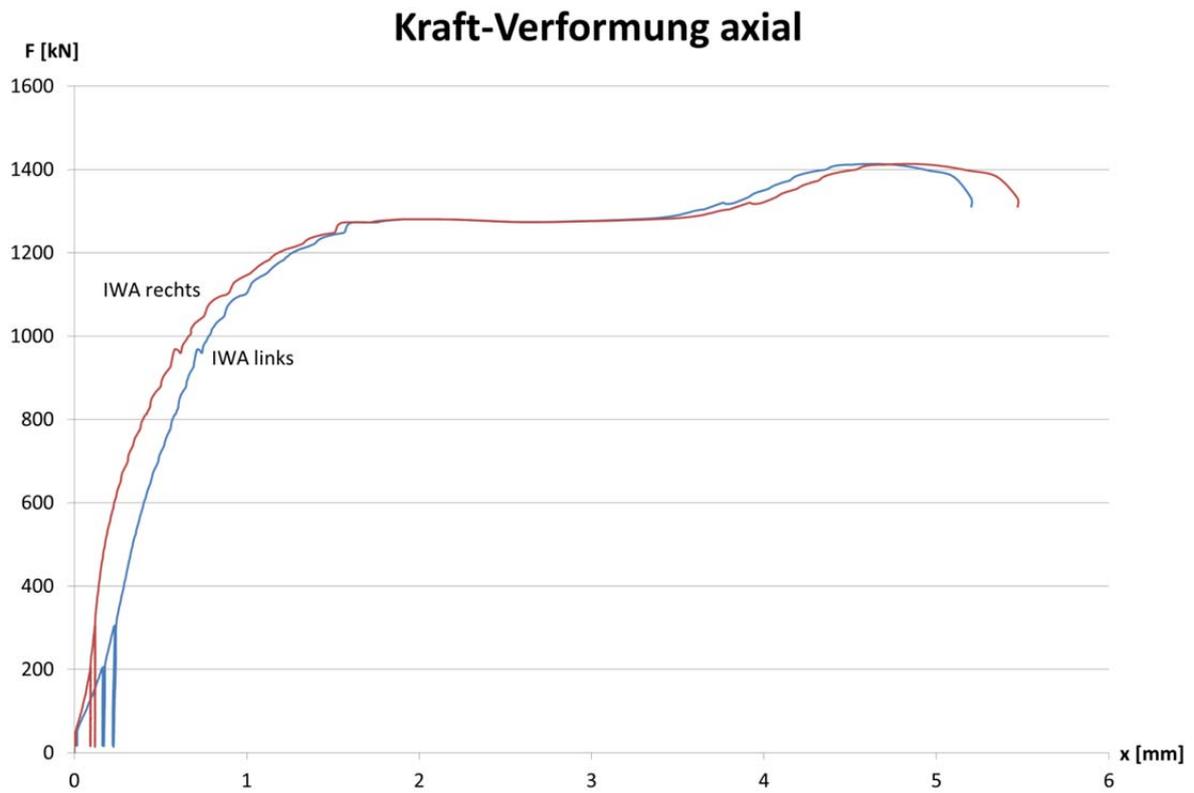


Knotenversuch 2

Kraft-Verformung senkrecht



Knotenversuch 2



Knotenversuch 2

Gurt

Knoten

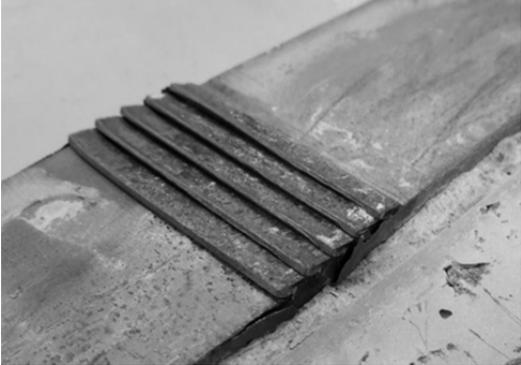
G-A1

K-A1



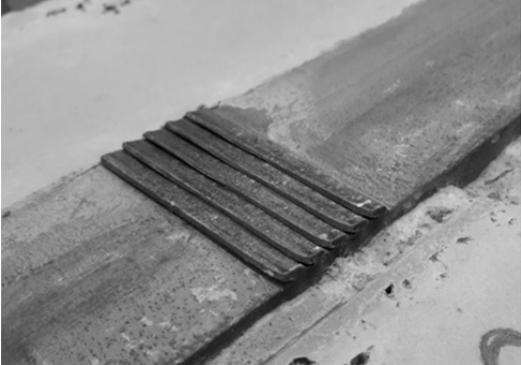
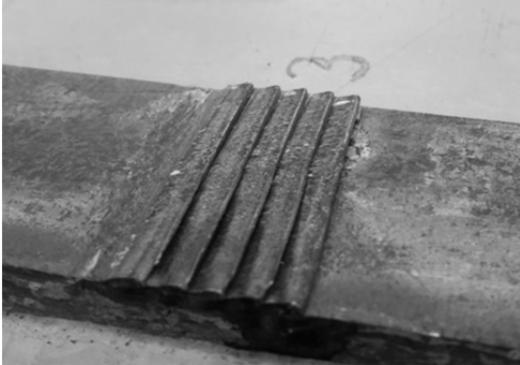
G-A2

K-A2



G-A3

K-A3



G-A4

K-A4



Knotenversuch 2

Gurt

Knoten

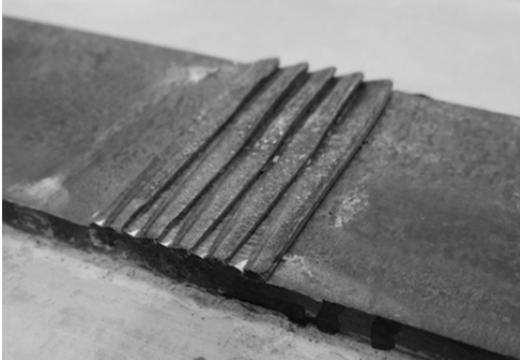
G-B1

K-B1



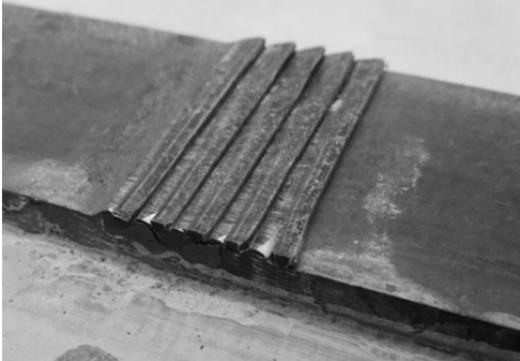
G-B2

K-B2



G-B3

K-B3



G-B4

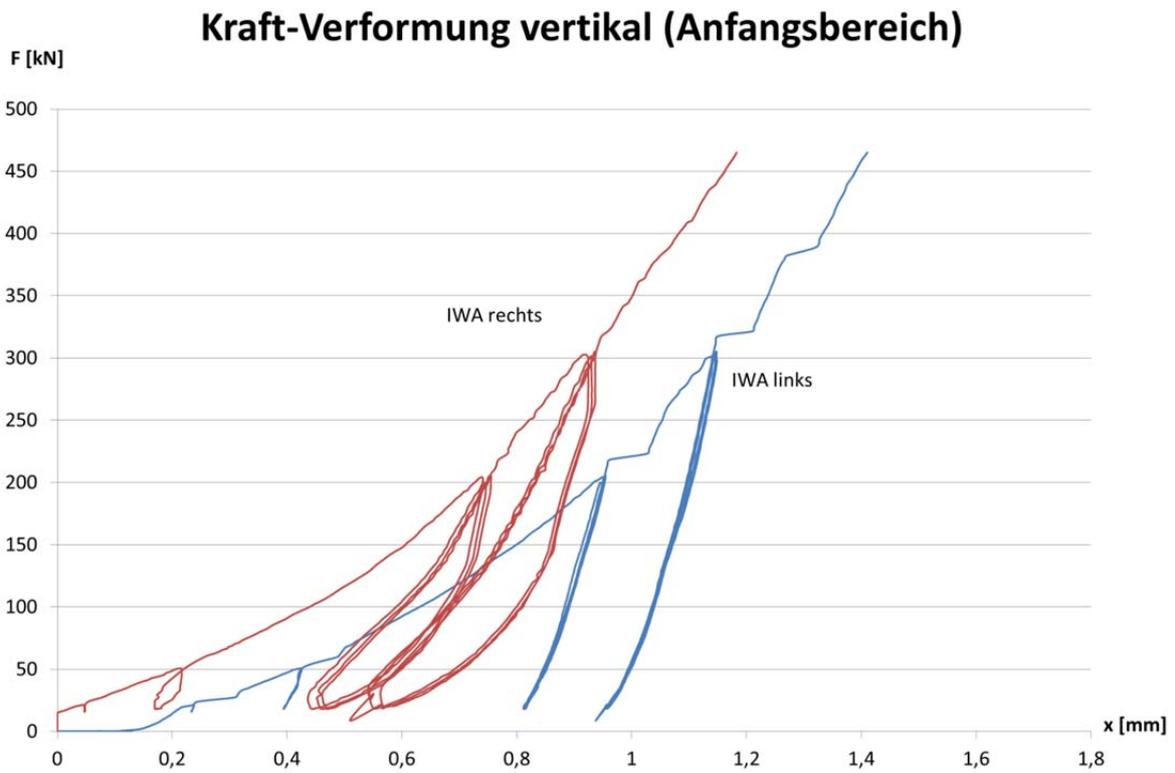
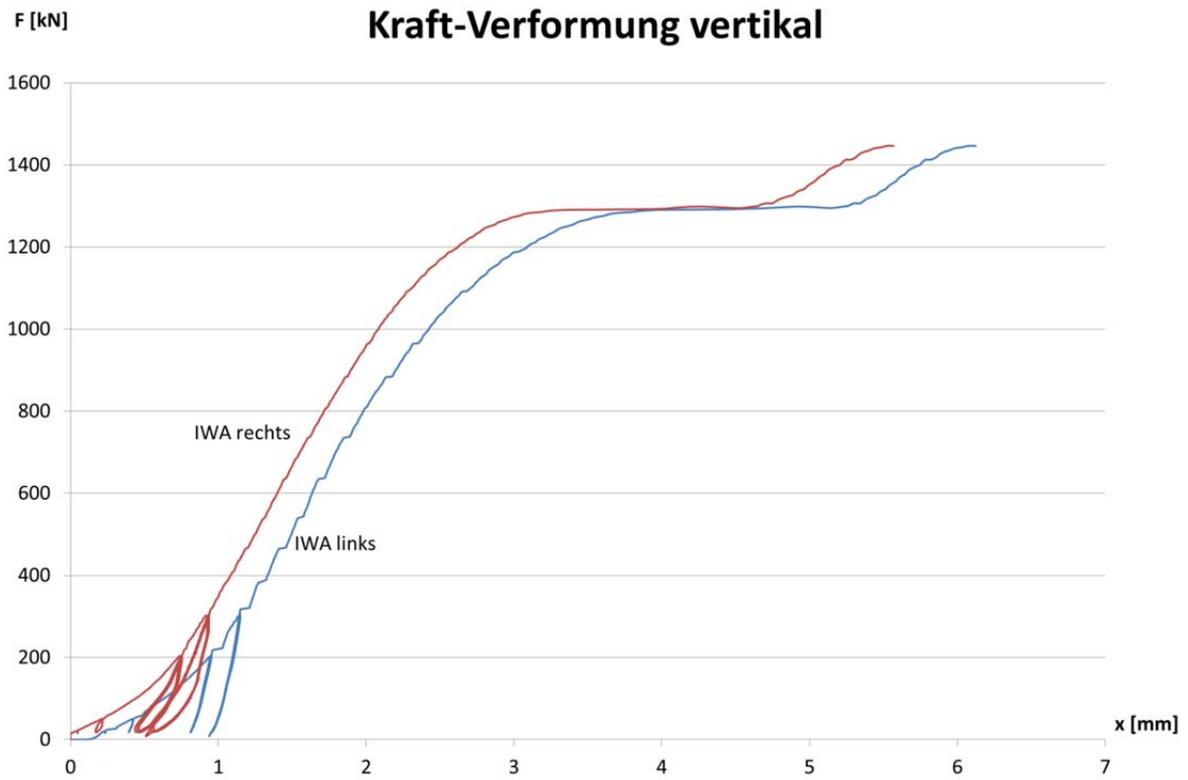
K-B4



Knotenversuch 3

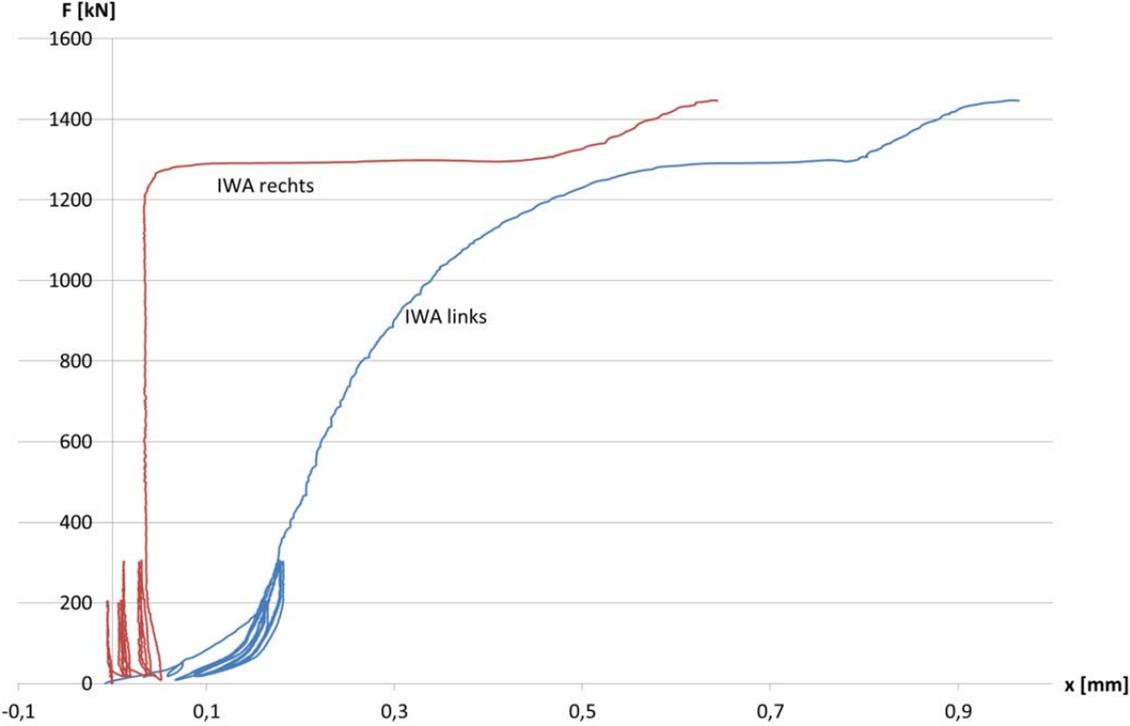
Bezeichnung	Knotenversuch 3		
Beschreibung	Knoten mit 2 Zahnleisten mit jeweils 2x5 und 2x6 Stahlzähnen Gewindestange mit 125 kN vorgespannt		
Herstelldatum	19.+20.10.2016	Betonalter	54d
Prüfdatum	14.12.2016	Lagerung	an der Luft
Zylinderfestigkeit	121,35 [N/mm ²]		
Prüfmaschine	Prüfportal (Zwick/Roell) 2,5 MN		
Wegaufnehmer	2x vertikal unter der Lasteinleitung 2x senkrecht zur Fuge 2x axial zur Fuge 1x vertikal im Zylinder		
Versuchs- beobachtungen	Versuch kurz vor Erreichen der Bruchlast beendet. Durch die Reaktionszeit des Systems ist der Probekörper dennoch versagt. Nach dem Versuch: Starke Rissbildung im Knotenelement durch Biegung des Bauteils.		
Bruchlast	[kN]	1448,3	
Belastungsgeschwindigkeit	0,6 mm/min = 0,01 mm/sek		
Belastungsprotokoll	siehe Weg-Zeit-Diagramm Zylinder		

Knotenversuch 3

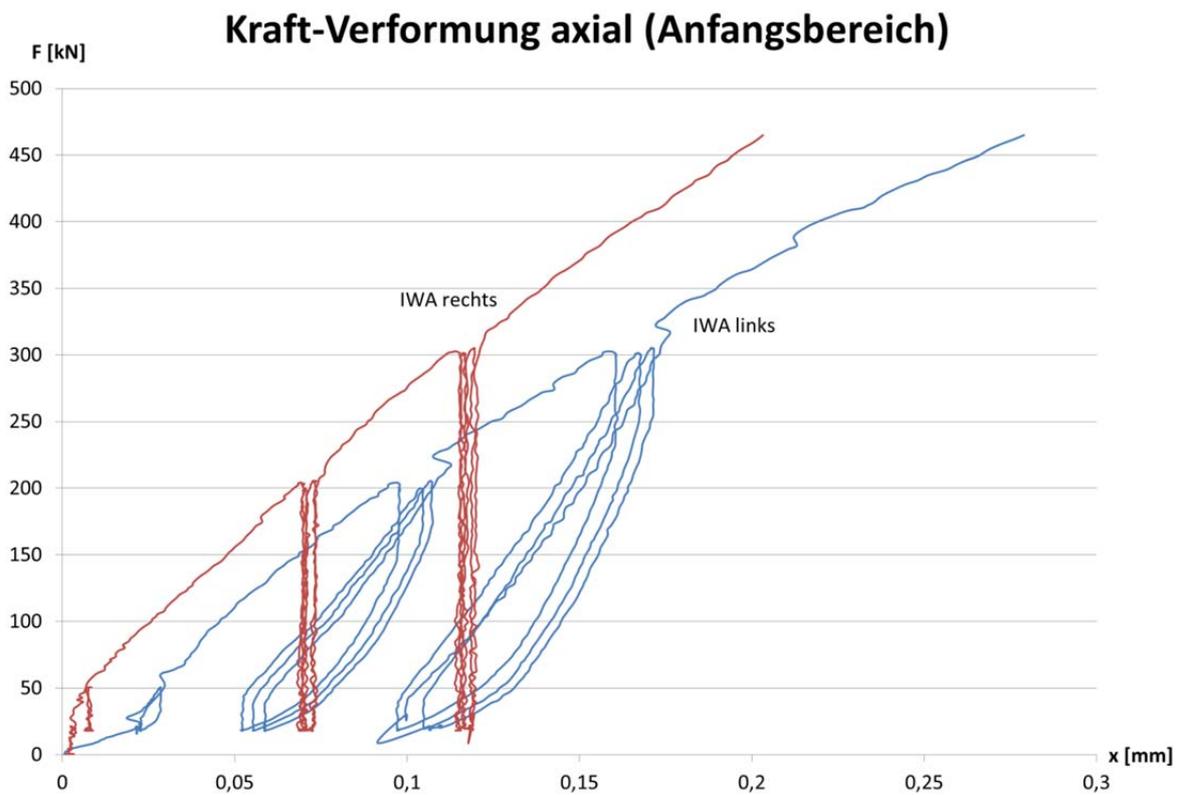
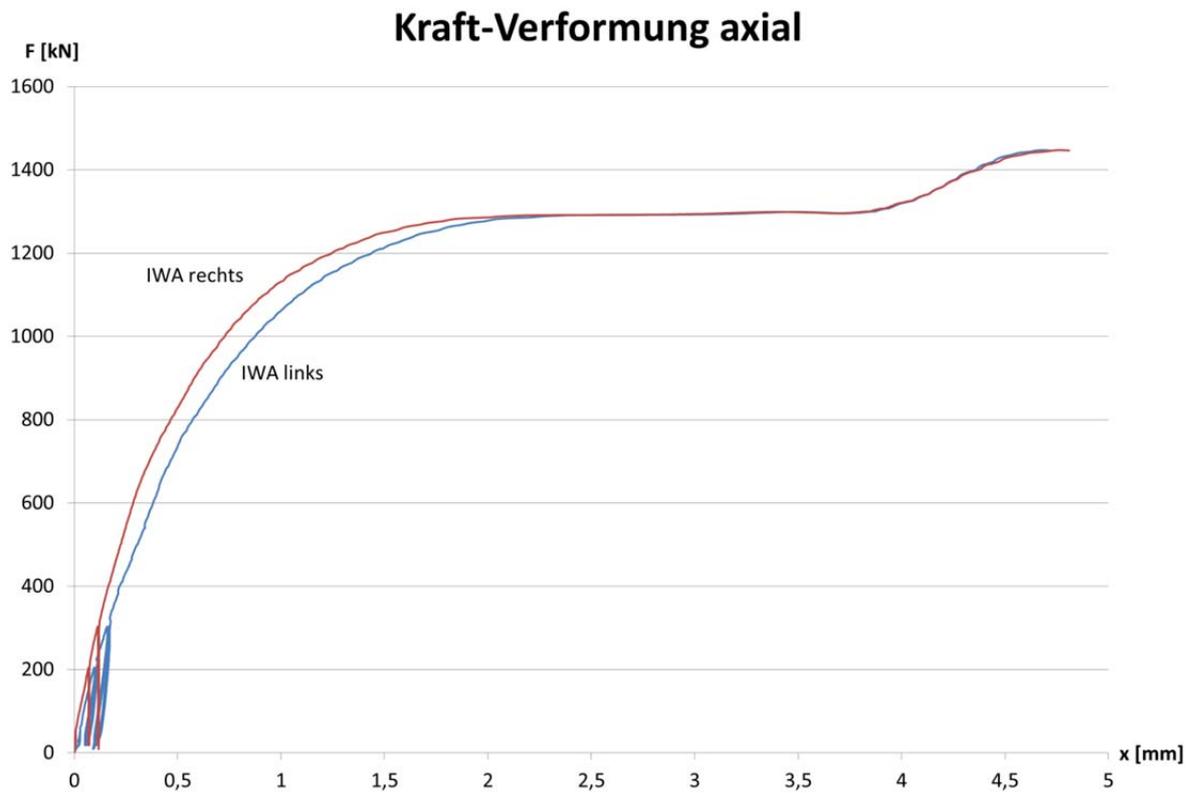


Knotenversuch 3

Kraft-Verformung senkrecht



Knotenversuch 3



Knotenversuch 3

Gurt

G-A1



G-A2



G-A3



G-A4

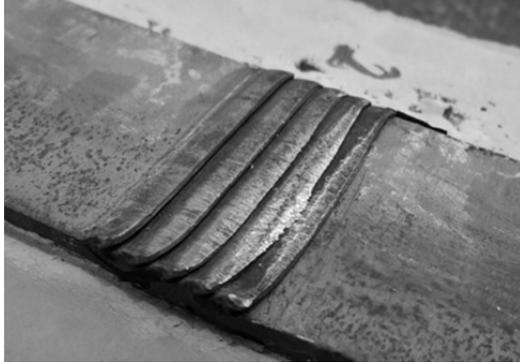


Knoten

K-A1



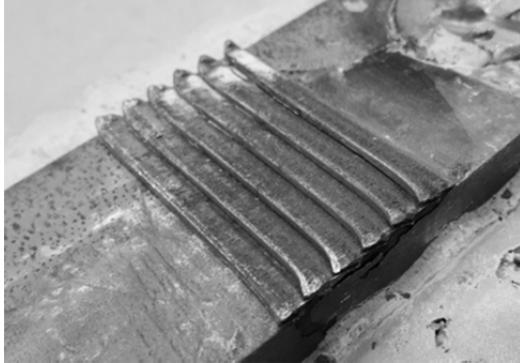
K-A2



K-A3



K-A4



Knotenversuch 3

Gurt

Knoten

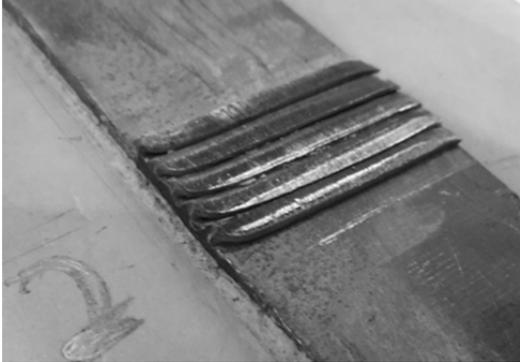
G-B1

K-B1



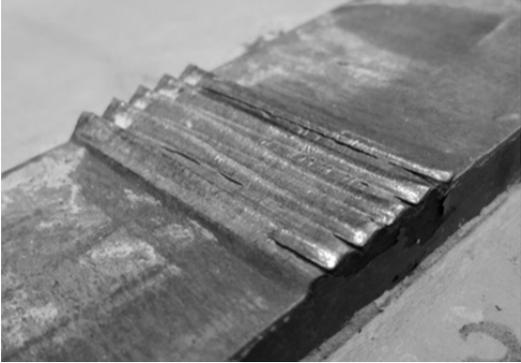
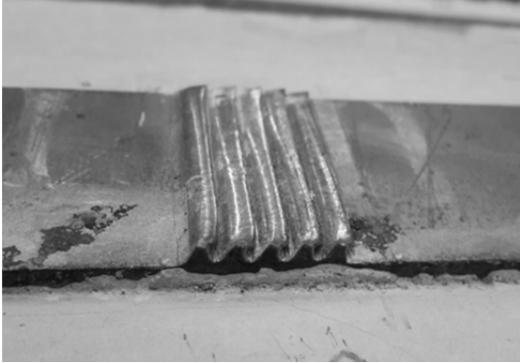
G-B2

K-B2



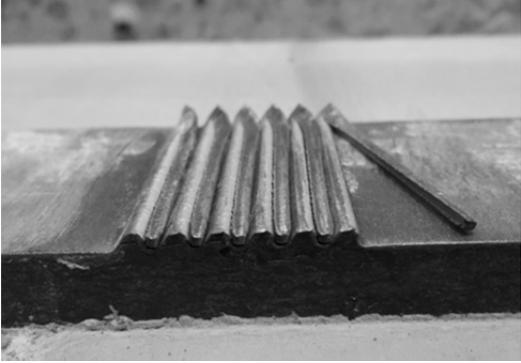
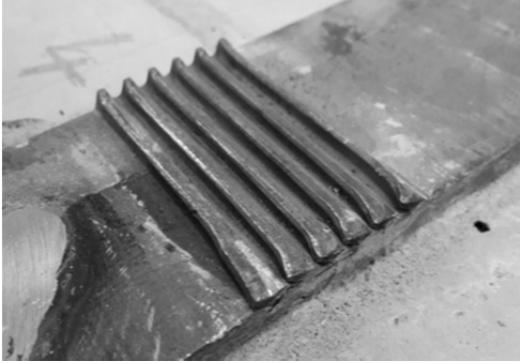
G-B3

K-B3



G-B4

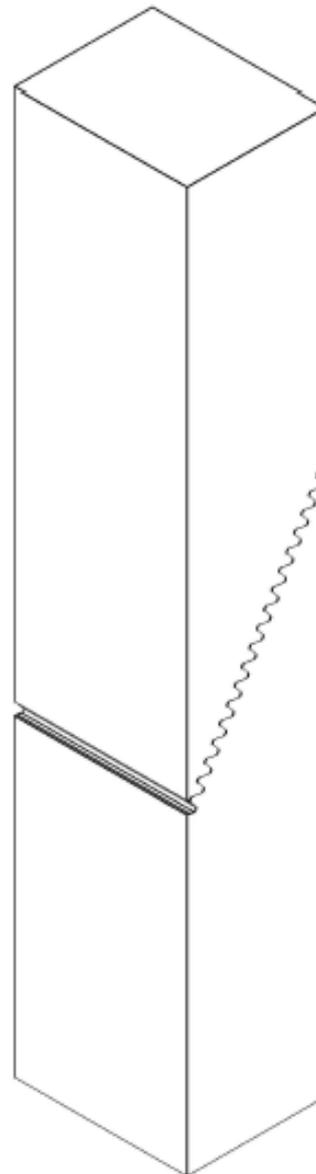
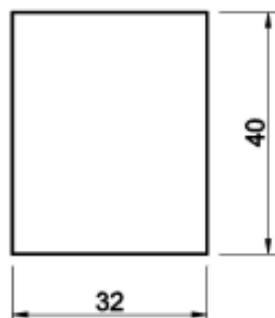
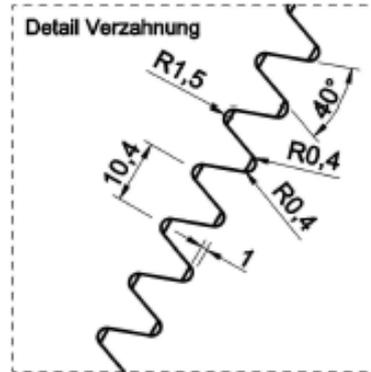
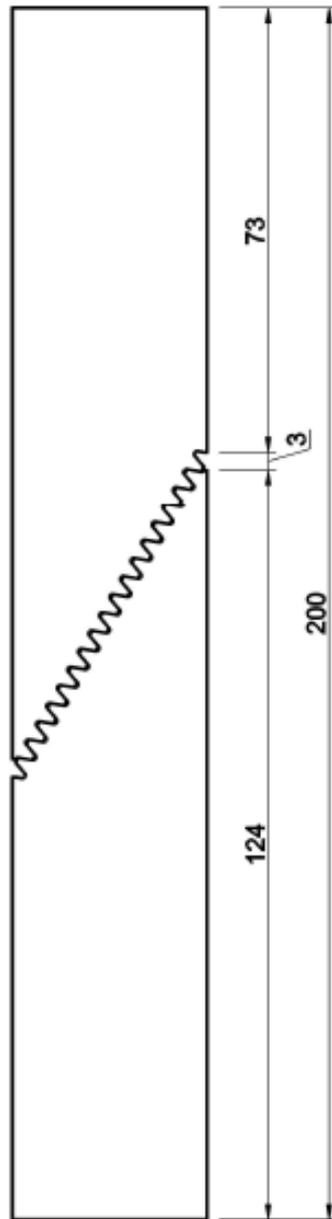
K-B4



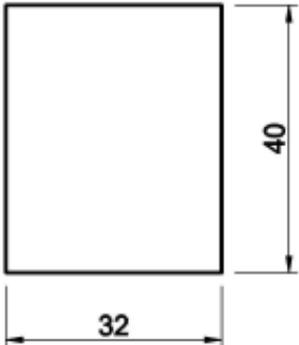
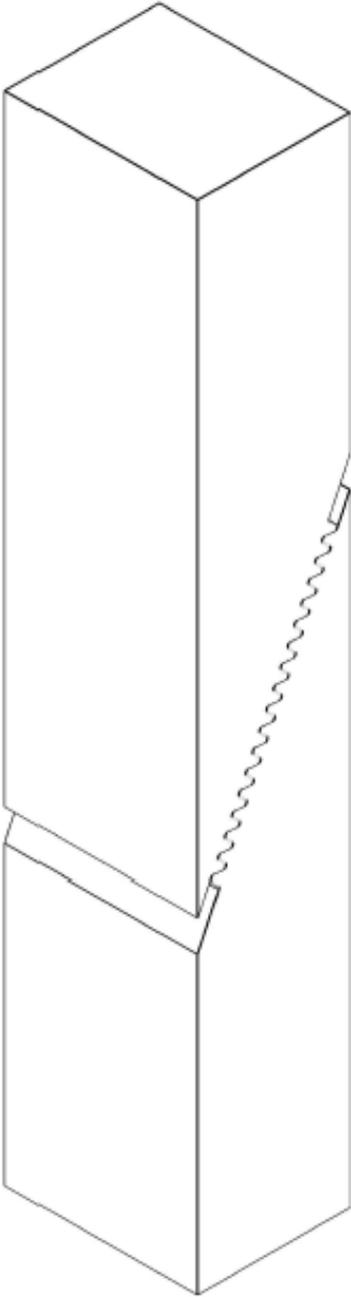
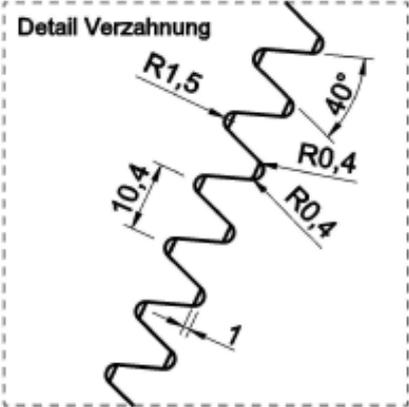
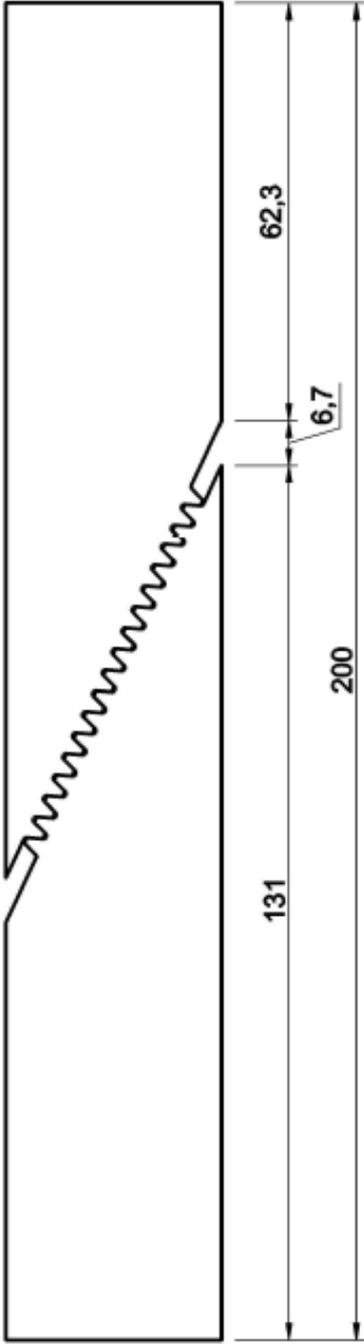
Anhang VD: Pläne

Anhang VD1: Pläne Prüfkörper Phase I

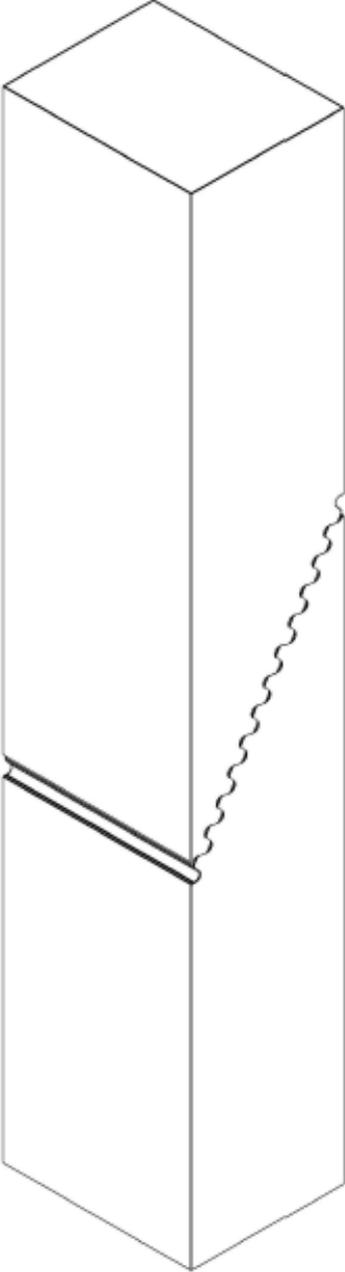
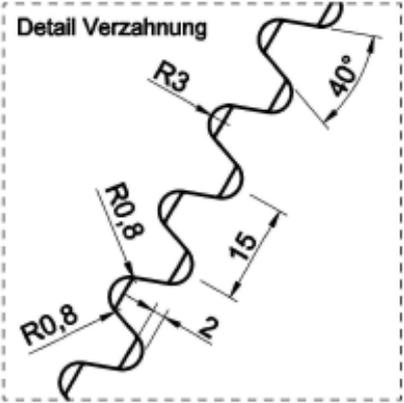
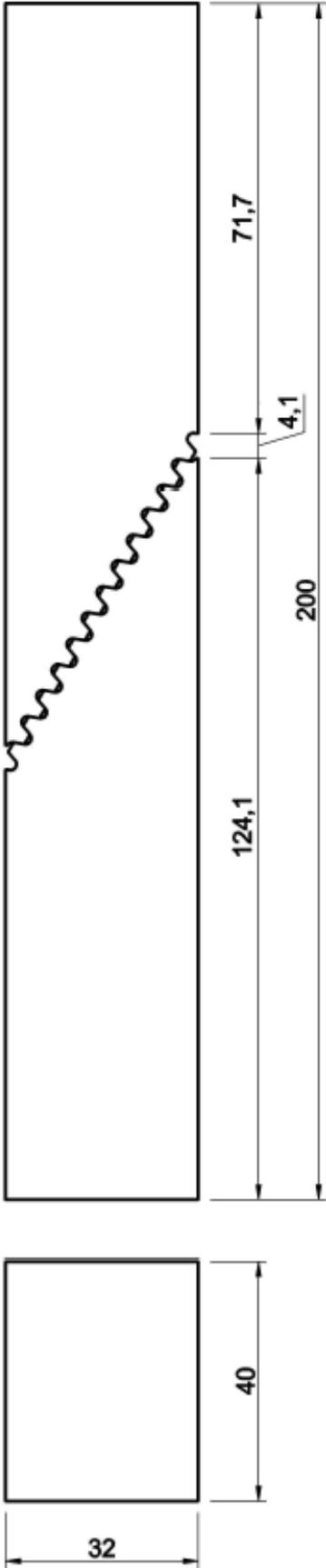
Kraftneigung 20° - Zähne $h_z=2,8\text{mm}$



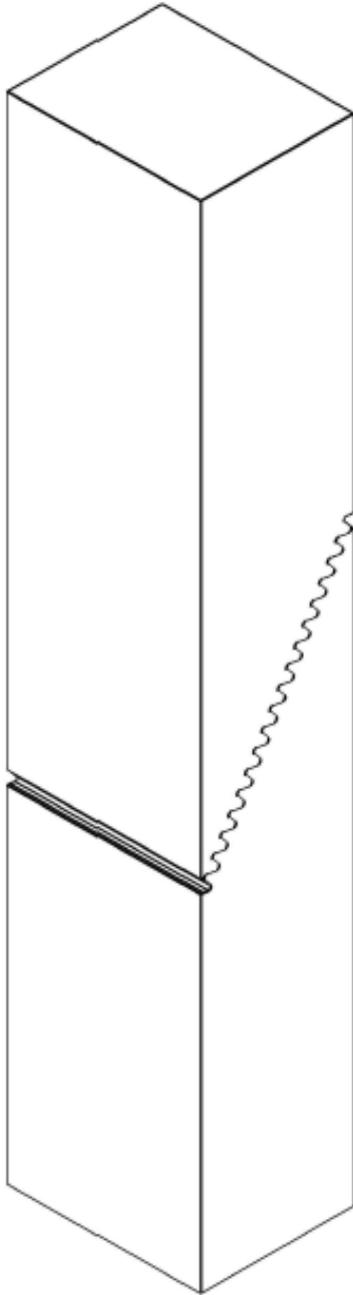
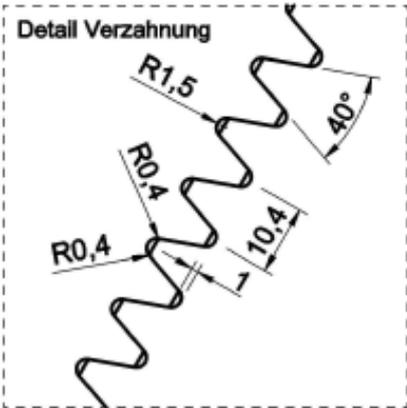
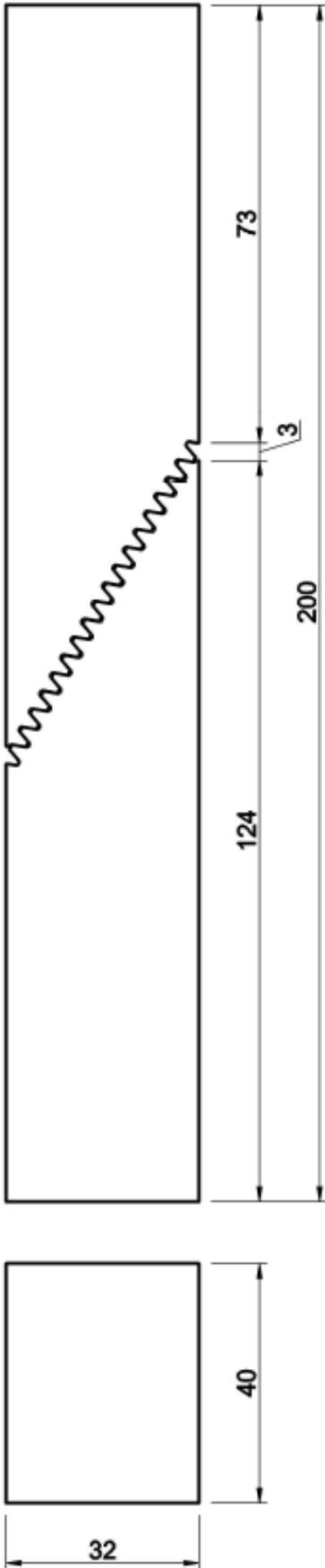
Kraftneigung 25° - Zähne $h_z=2,8\text{mm}$



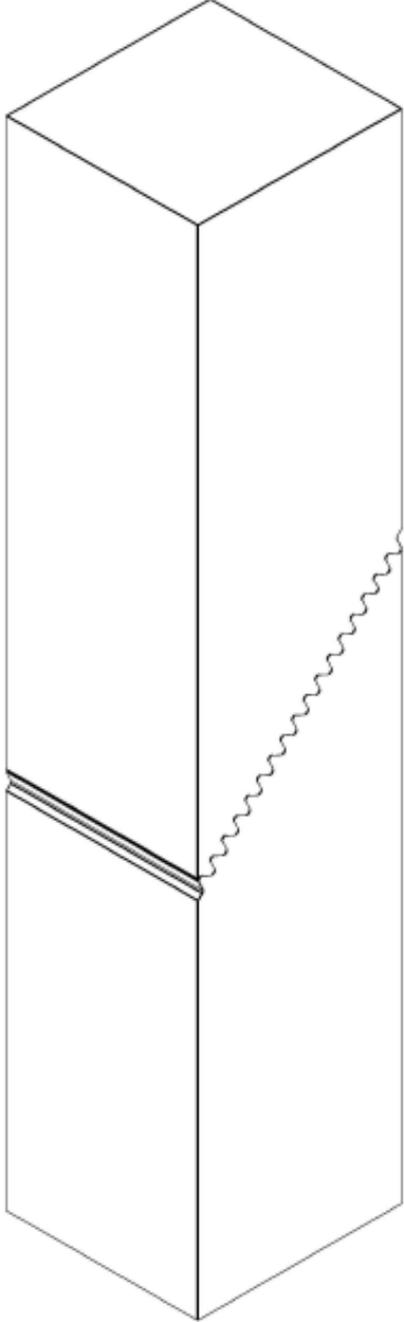
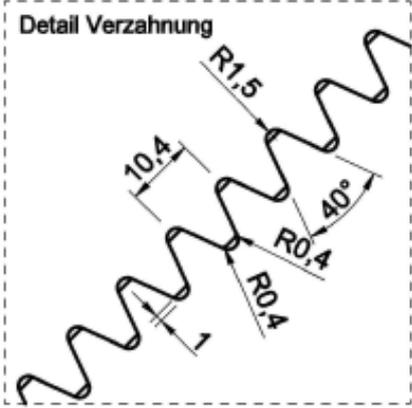
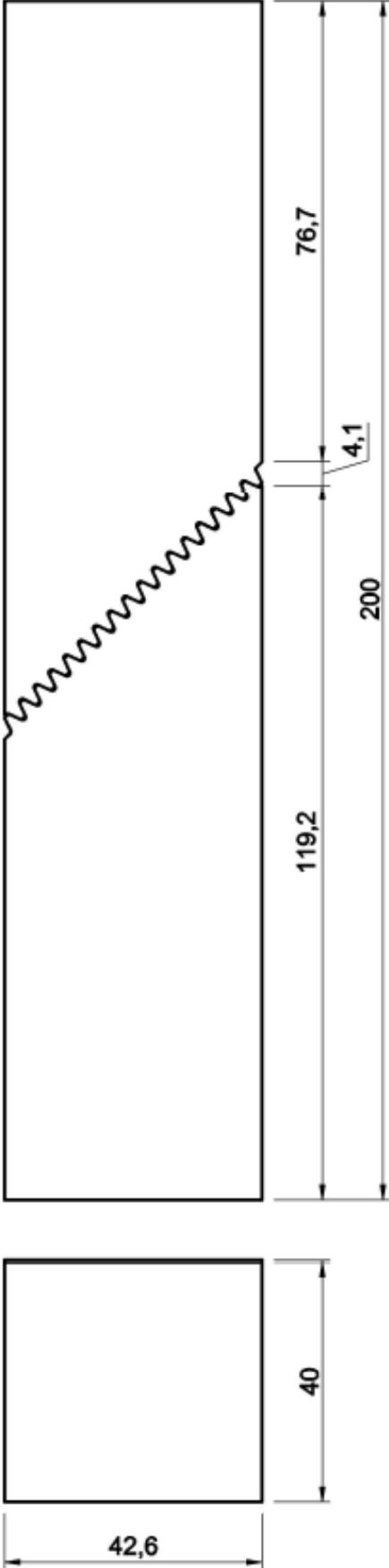
Kraftneigung 30° - Zähne $h_z=3,02\text{mm}$



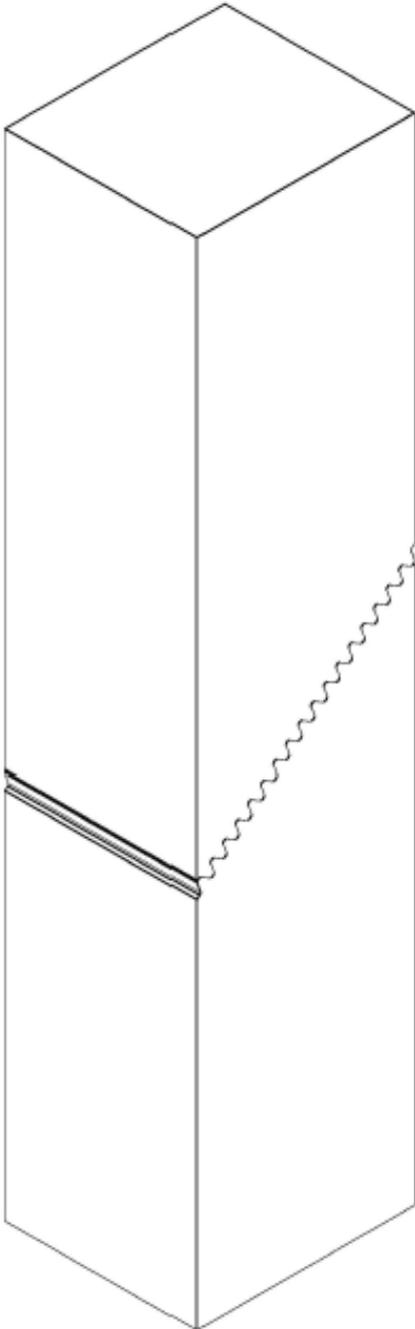
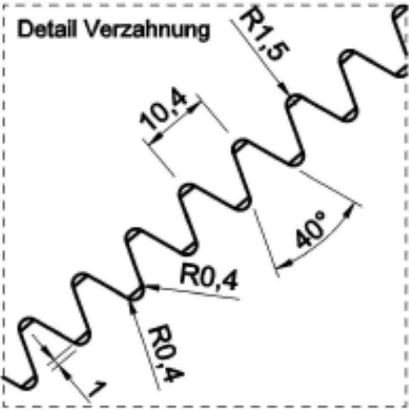
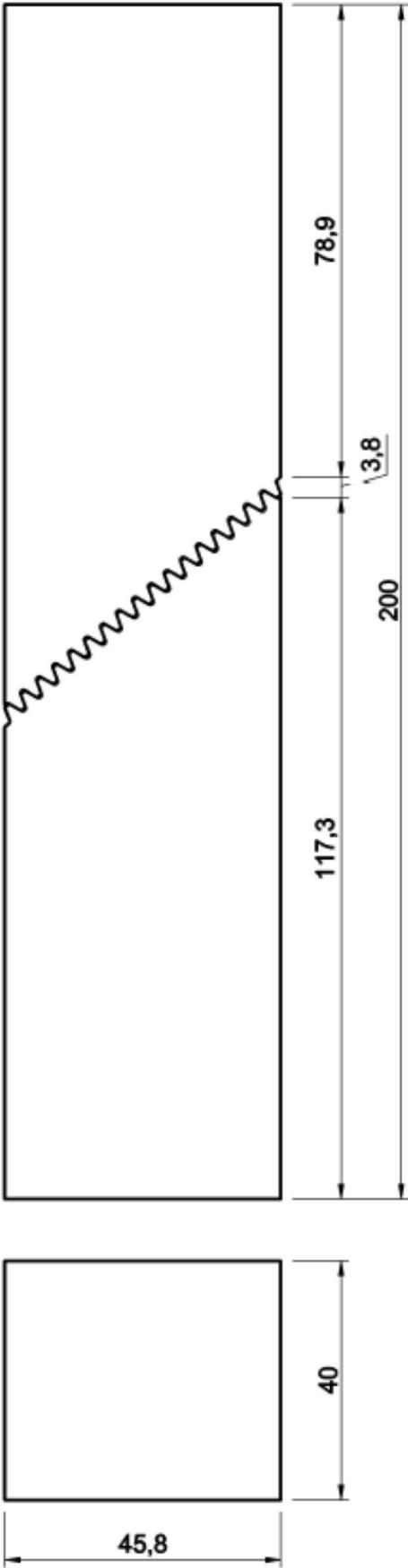
Kraftneigung 30° - Zähne $h_z=2,8\text{mm}$



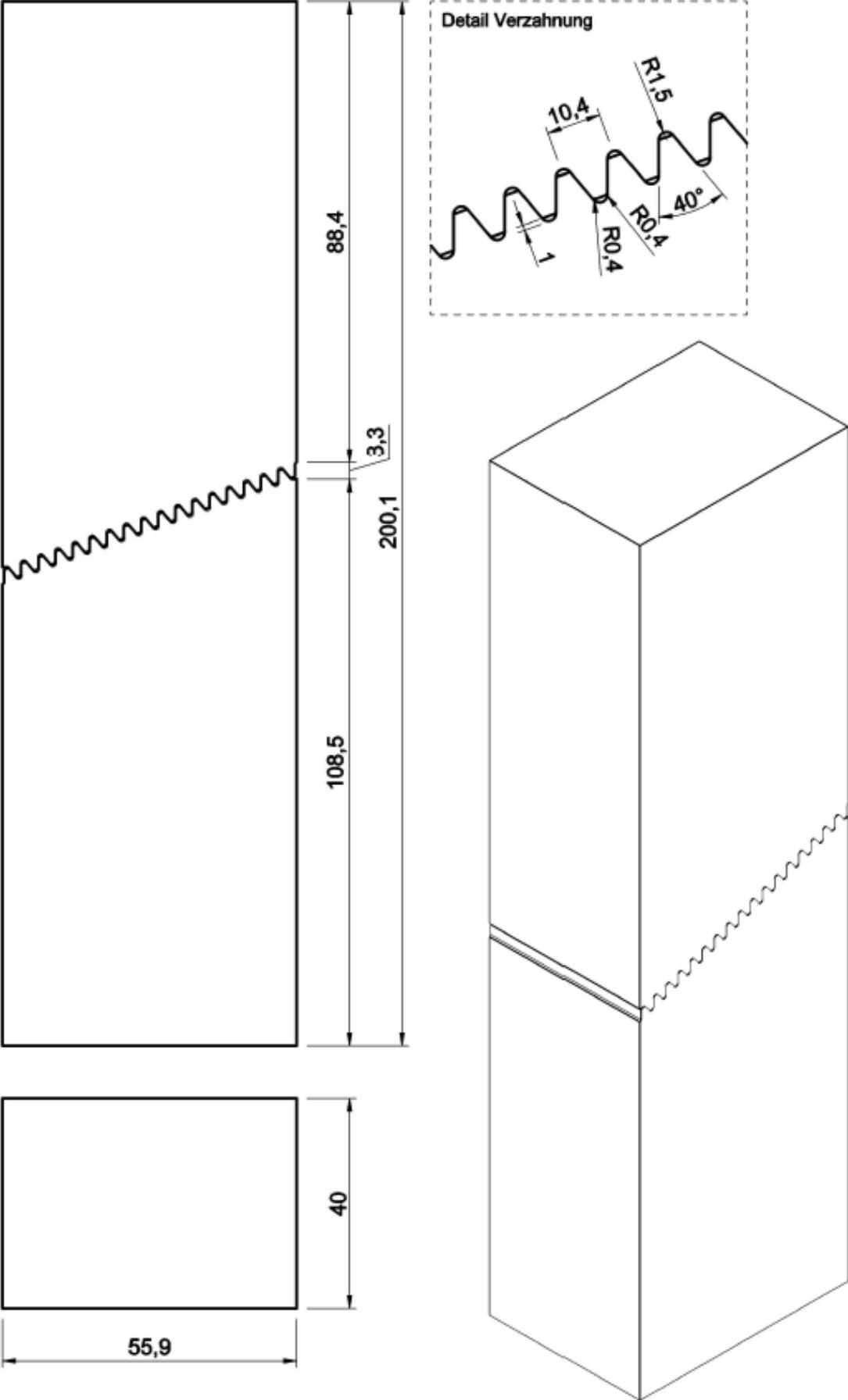
Kraftneigung 45° - Zähne $h_z=2,8\text{mm}$



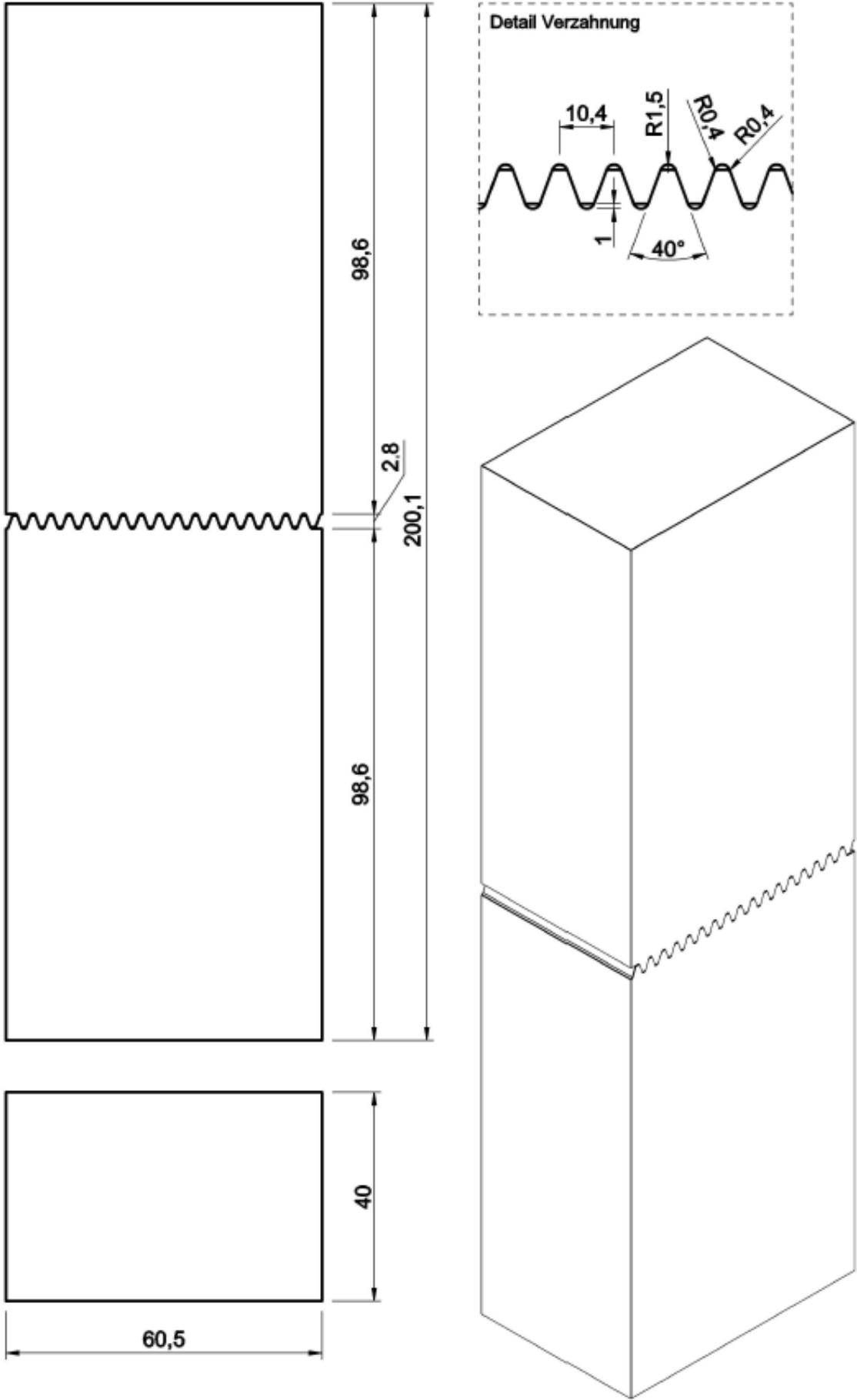
Kraftneigung 50° - Zähne $h_z=2,8\text{mm}$



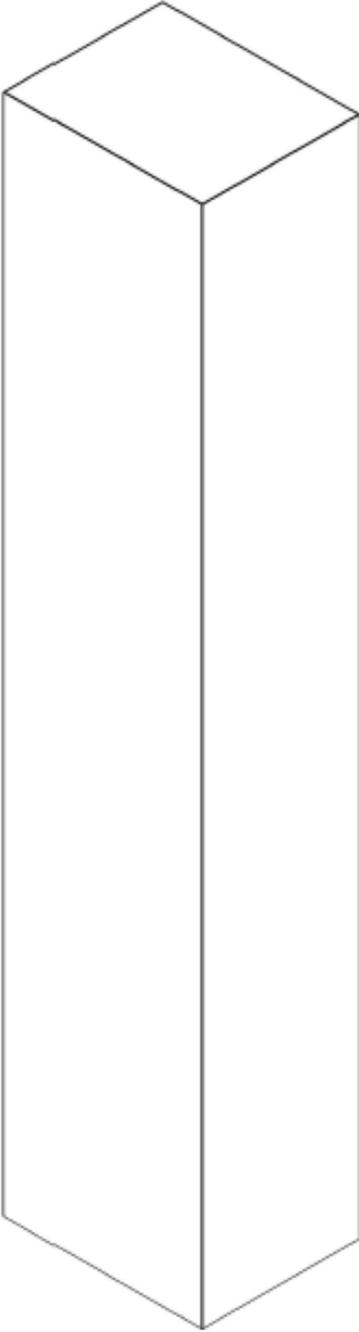
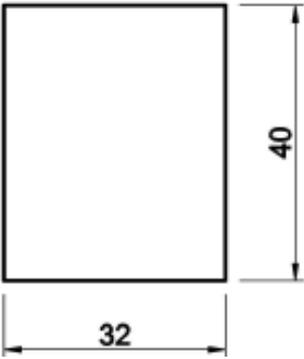
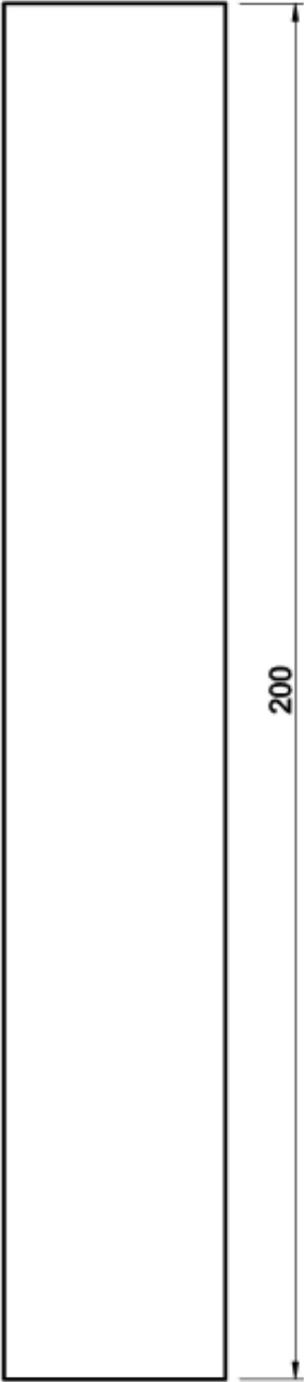
Kraftneigung 70° - Zähne hz=2,8mm



Kraftneigung 90° - Zähne $h_z=2,8\text{mm}$

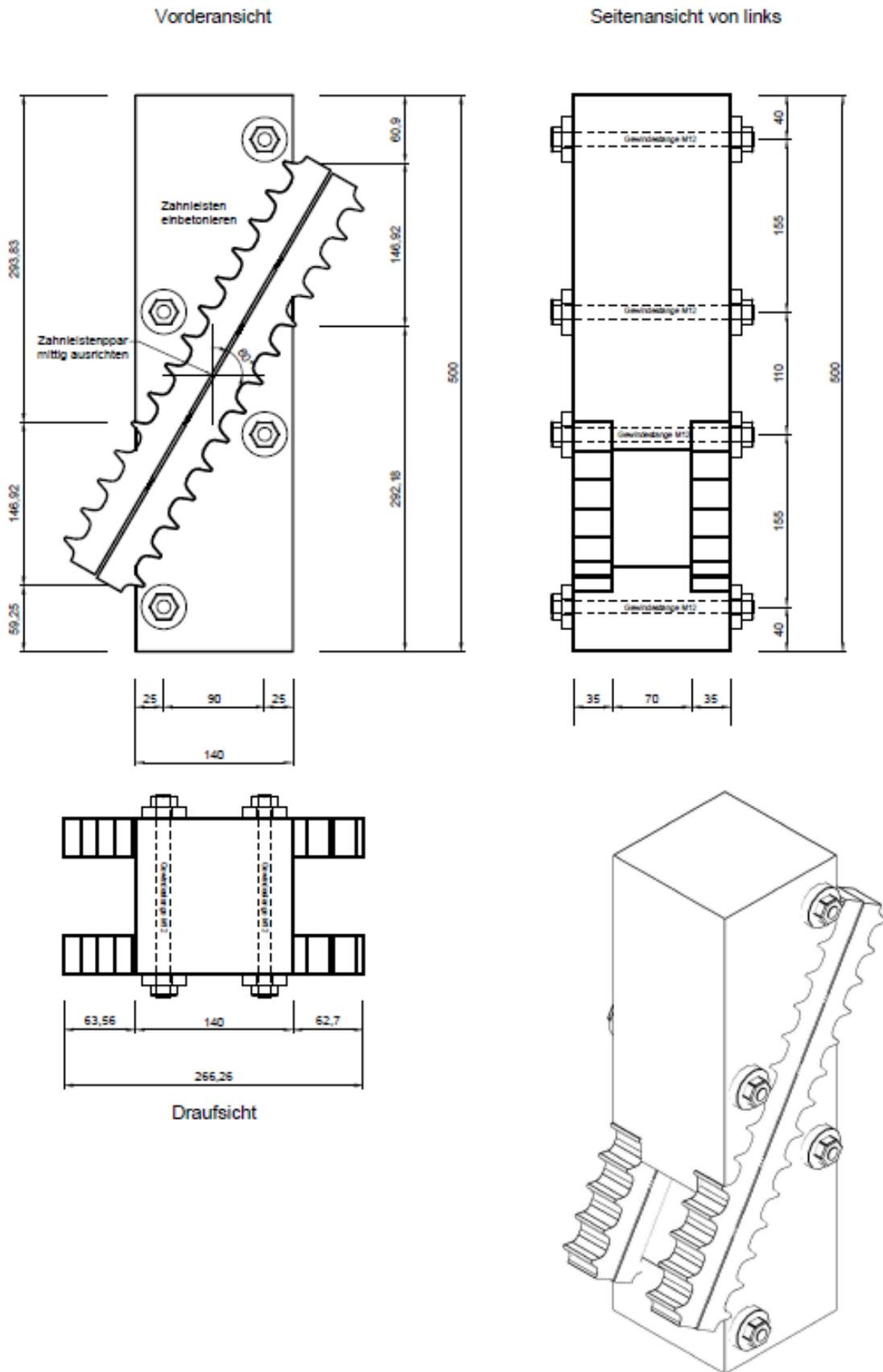


Referenzprüfkörper

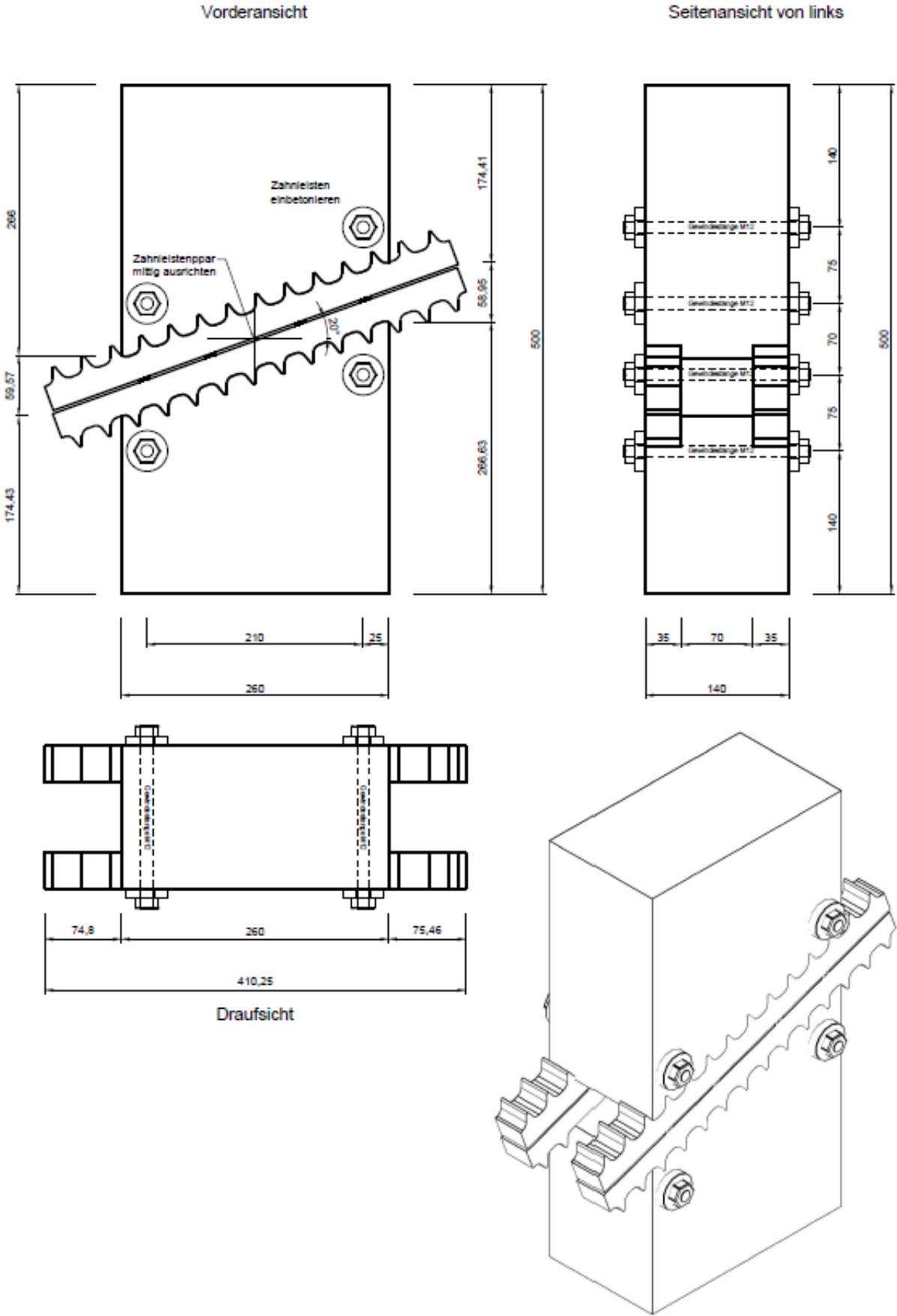


Anhang VD2: Pläne Prüfkörper Phase II

II/P1



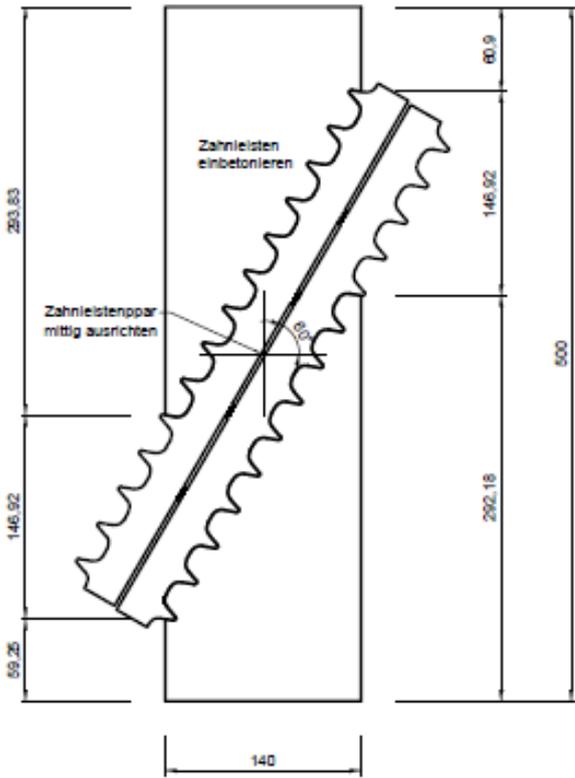
II/P2



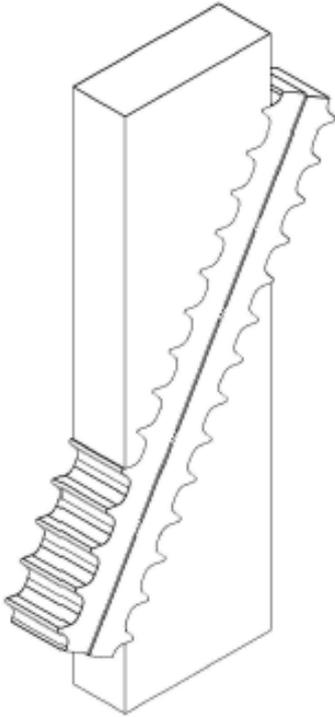
II/P3 und P4

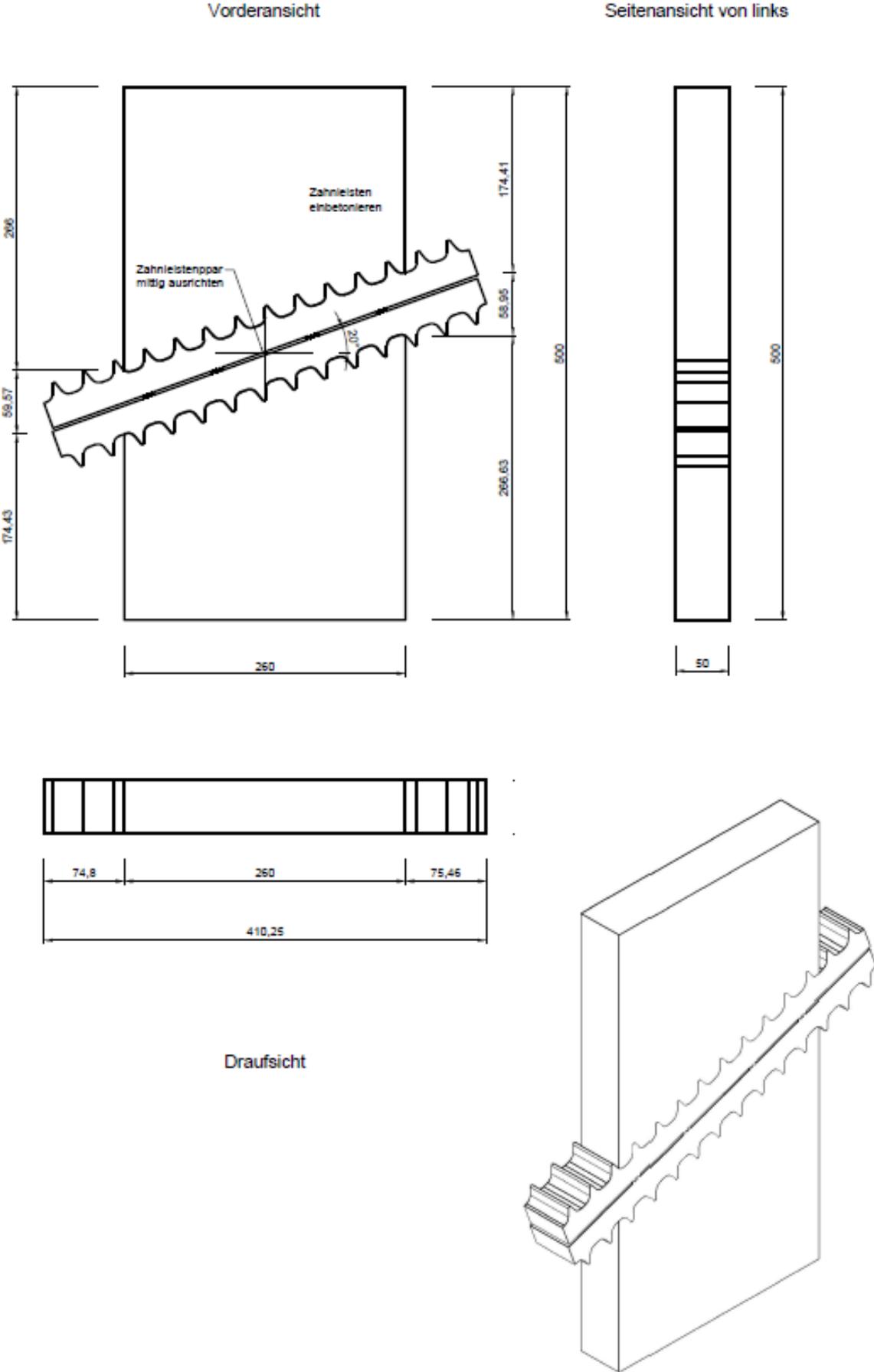
Vorderansicht

Seitenansicht von links

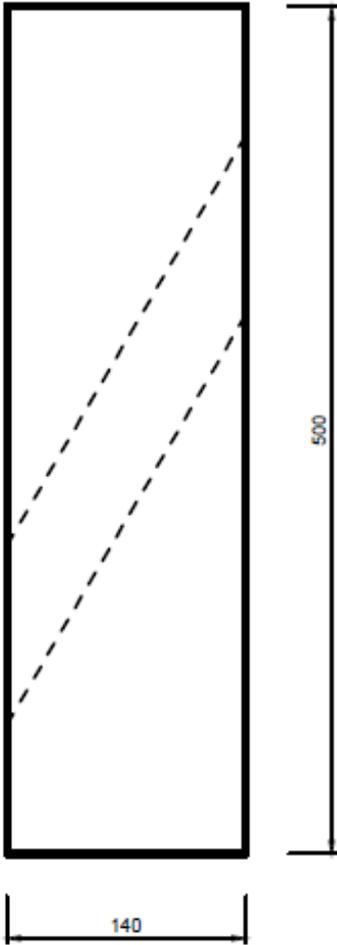


Draufsicht

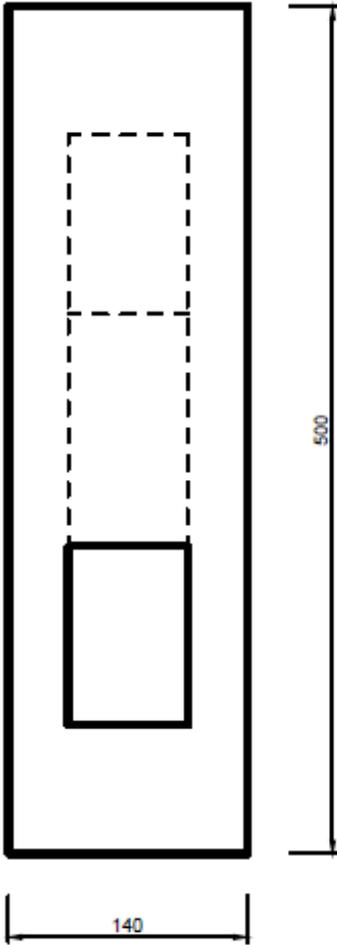




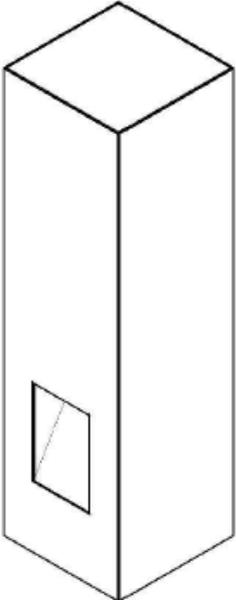
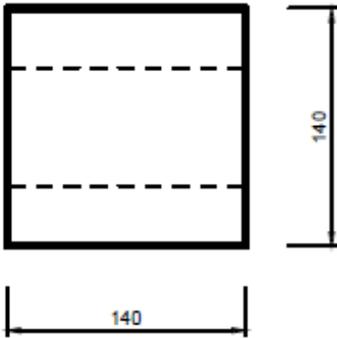
Vorderansicht



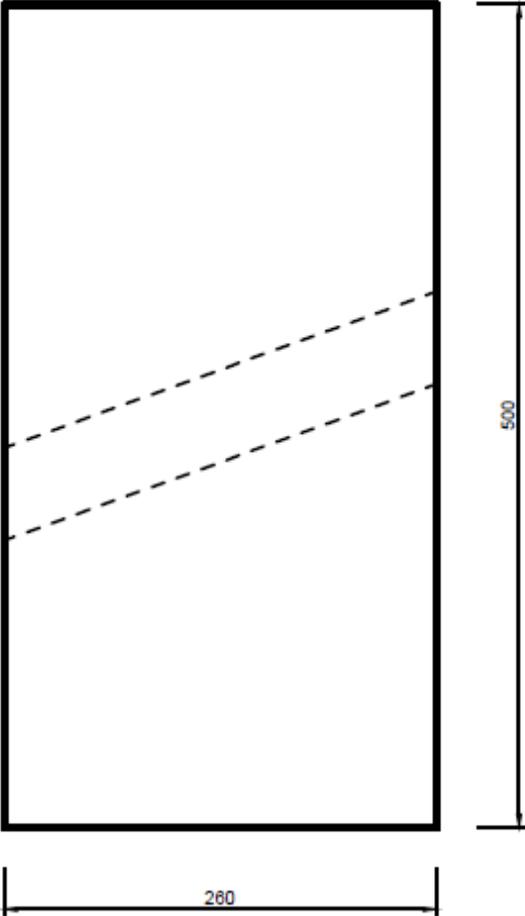
Seitenansicht von links



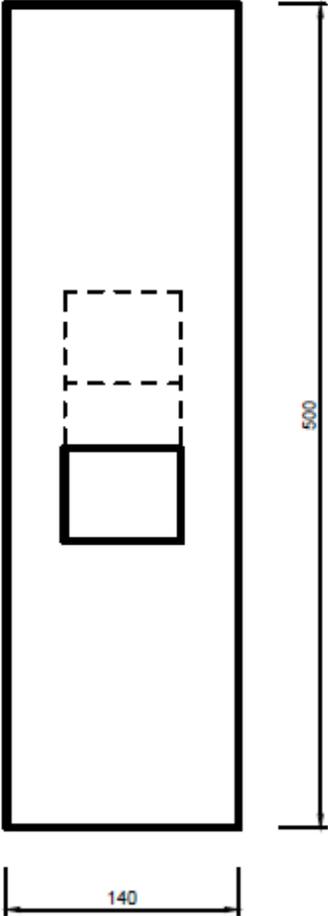
Draufsicht



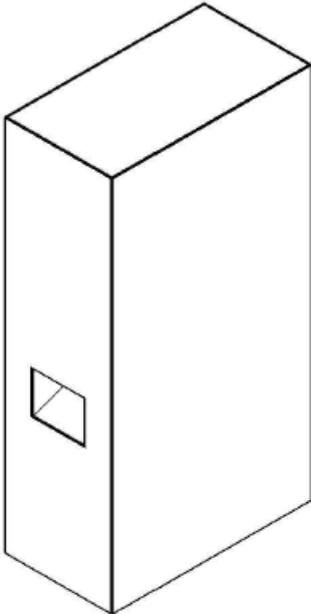
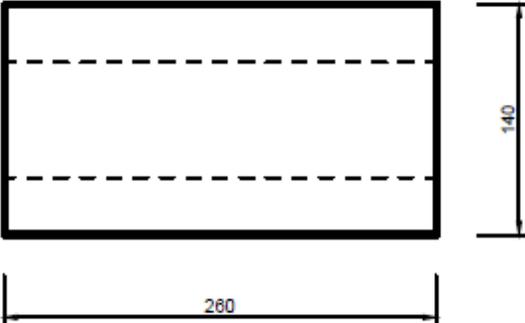
Vorderansicht



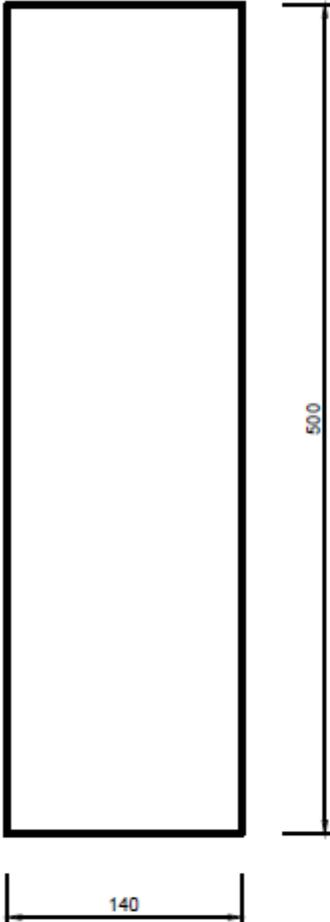
Seitenansicht von links



Draufsicht



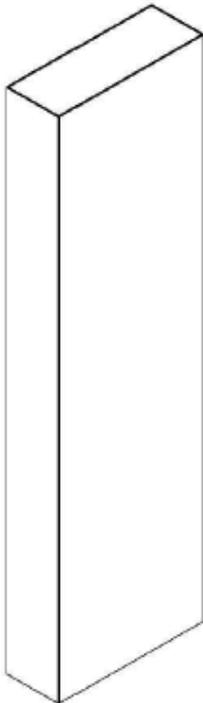
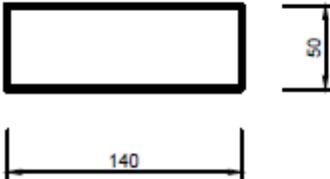
Vorderansicht



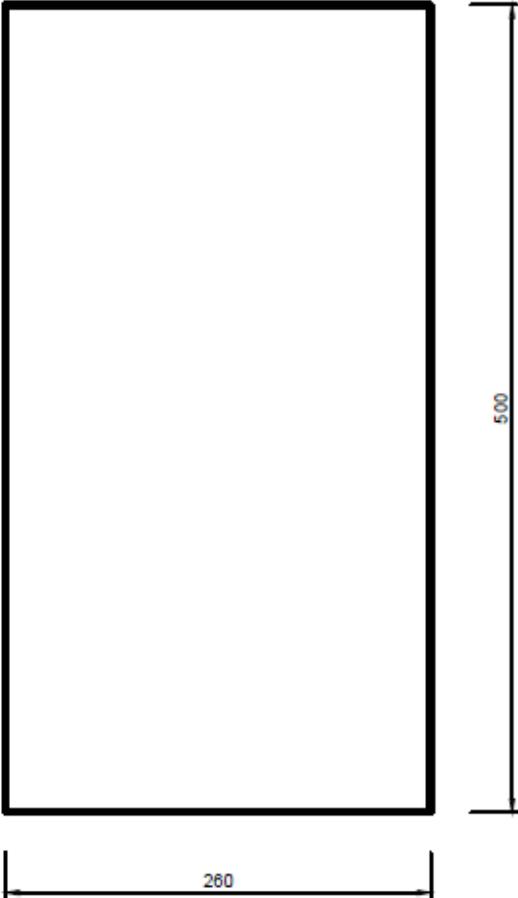
Seitenansicht von links



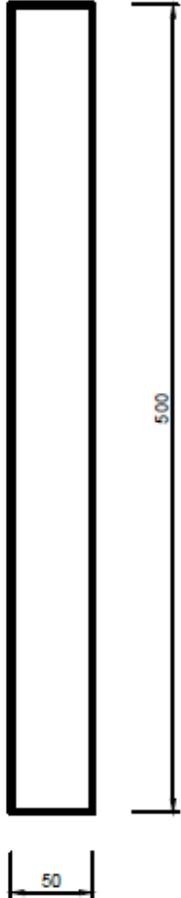
Draufsicht



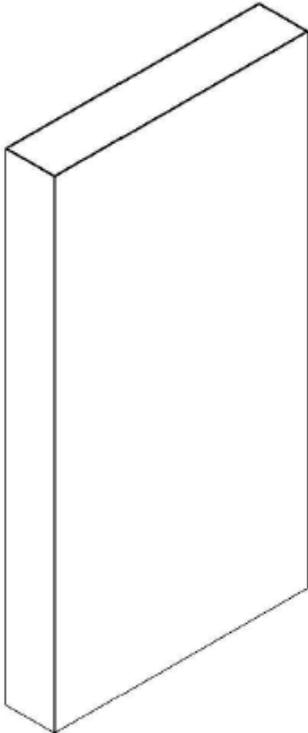
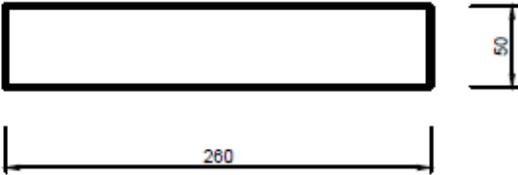
Vorderansicht



Seitenansicht von links



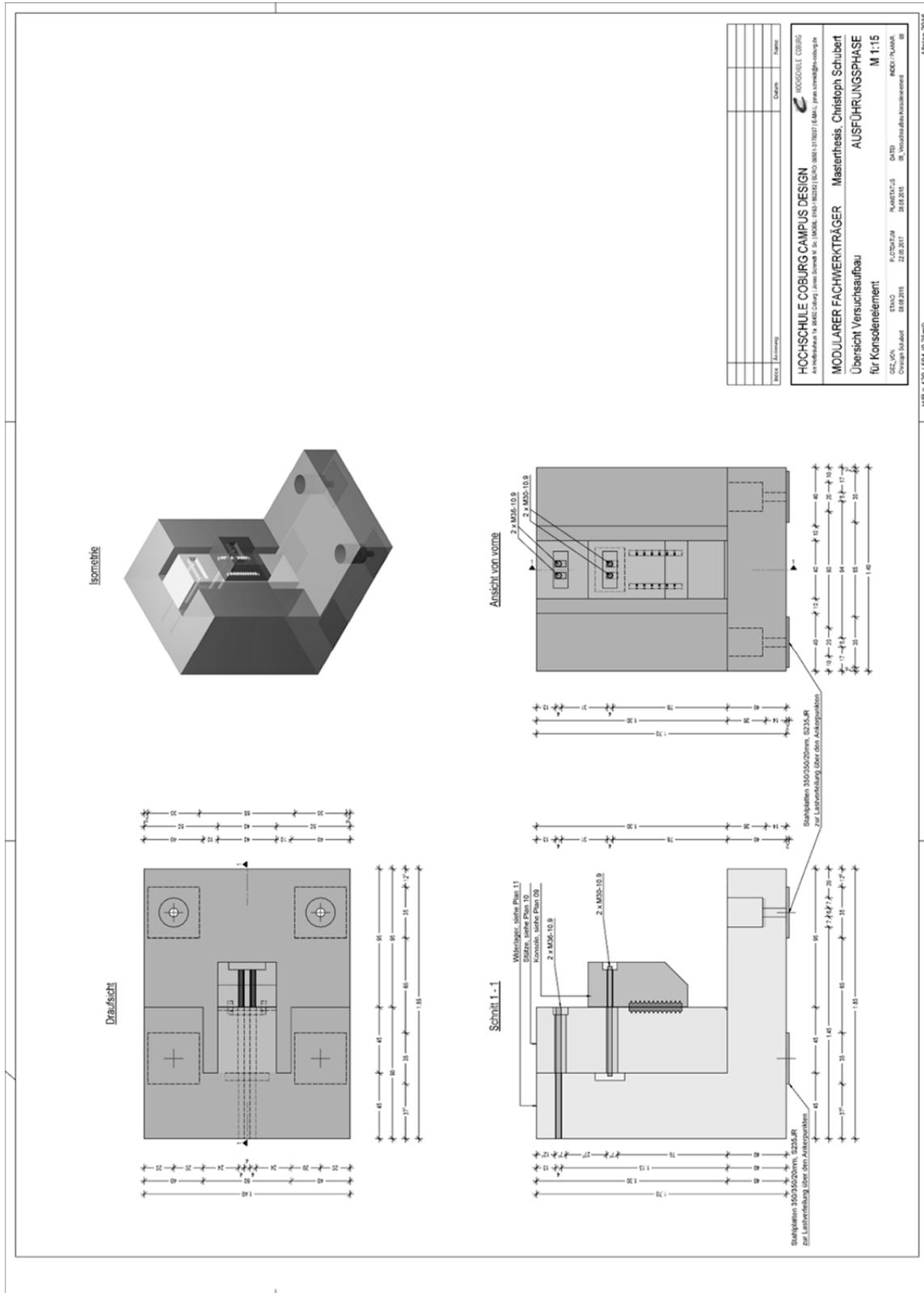
Draufsicht



Anhang VD3: Pläne Prüfkörper Phase III

Übersicht Versuchsaufbau für Konsolenelement, o. M.

Schal- und Bewehrungsplan Konsolenelement, o. M.



Schal- und Bewehrungsplan Stütze für Konsolenelement, o. M.

Bewehrungsbericht Stütze

Rechnerkennlinie: $f_{yk} = 435 \text{ N/mm}^2$
 Formel: $f_{yk} \cdot A_{s,erf} \leq N_{Ed}$
 z.B. von Rechner Output

Reinforcement: $A_{s,erf} = 12 \cdot \text{Ø} 16$
 z.B. von Rechner Output

Reinforcement: $A_{s,erf} = 12 \cdot \text{Ø} 16$
 z.B. von Rechner Output

Stabliste

Pos.	Stab	n	Einzel	Gesamt	Maße
			Stärke	Stärke	Ø / Länge
1	Ø 16	12	12	12	16 / 14,75
2	Ø 16	12	12	12	16 / 14,75
3	Ø 16	12	12	12	16 / 14,75
4	Ø 16	12	12	12	16 / 14,75

Geometrische Maß: $14,75$

6 x herstellen

Seitenansicht

Ansicht Konsolenseite

BEWEHRUNGS- UND SCHALUNGSPLAN

Rechnerkennlinie: $f_{yk} = 435 \text{ N/mm}^2$
 Formel: $f_{yk} \cdot A_{s,erf} \leq N_{Ed}$
 z.B. von Rechner Output

Reinforcement: $A_{s,erf} = 12 \cdot \text{Ø} 16$
 z.B. von Rechner Output

Reinforcement: $A_{s,erf} = 12 \cdot \text{Ø} 16$
 z.B. von Rechner Output

BEWEHRUNGS- UND SCHALUNGSPLAN

Rechnerkennlinie: $f_{yk} = 435 \text{ N/mm}^2$
 Formel: $f_{yk} \cdot A_{s,erf} \leq N_{Ed}$
 z.B. von Rechner Output

Reinforcement: $A_{s,erf} = 12 \cdot \text{Ø} 16$
 z.B. von Rechner Output

Reinforcement: $A_{s,erf} = 12 \cdot \text{Ø} 16$
 z.B. von Rechner Output

BEWEHRUNGS- UND SCHALUNGSPLAN

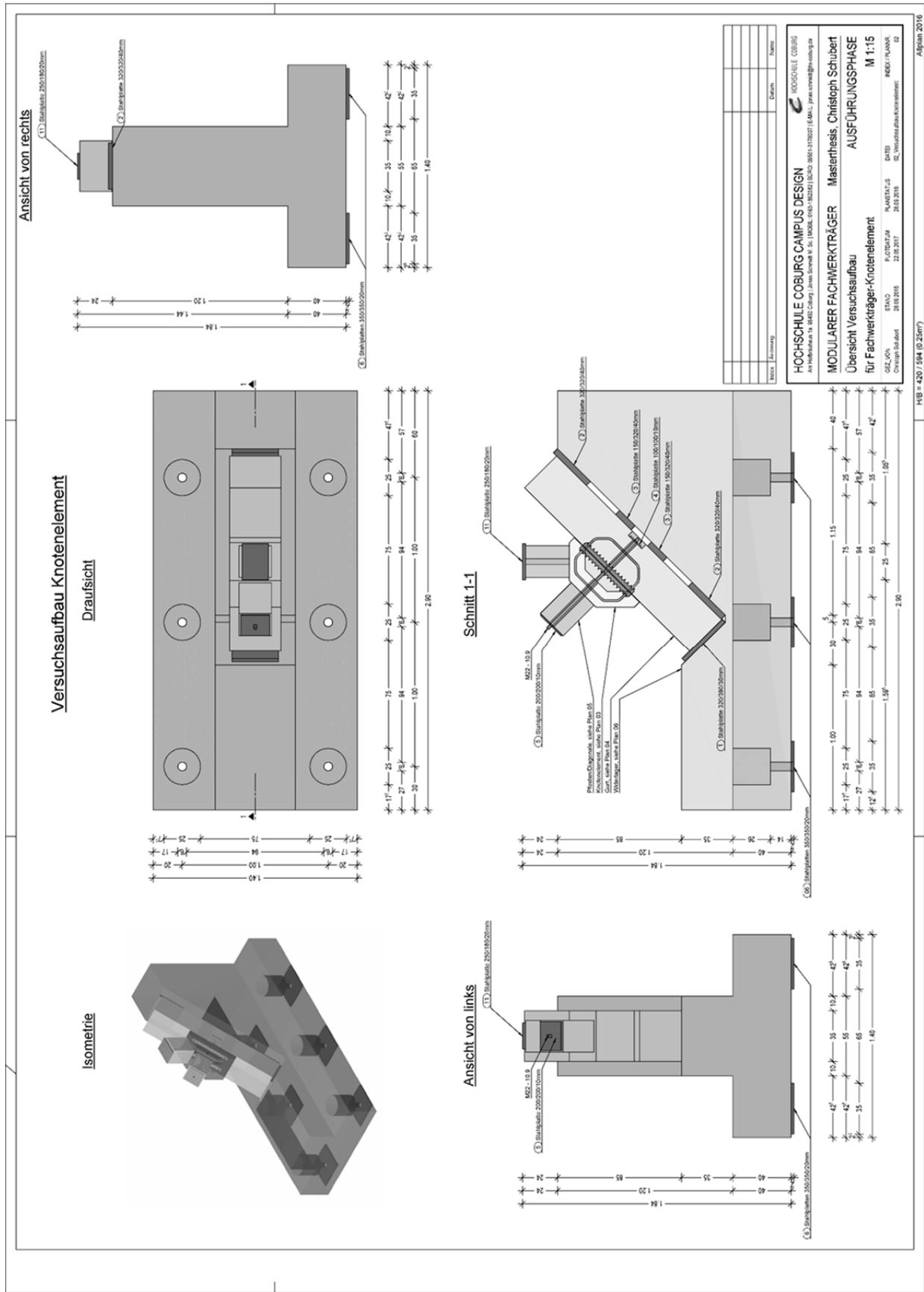
Rechnerkennlinie: $f_{yk} = 435 \text{ N/mm}^2$
 Formel: $f_{yk} \cdot A_{s,erf} \leq N_{Ed}$
 z.B. von Rechner Output

Reinforcement: $A_{s,erf} = 12 \cdot \text{Ø} 16$
 z.B. von Rechner Output

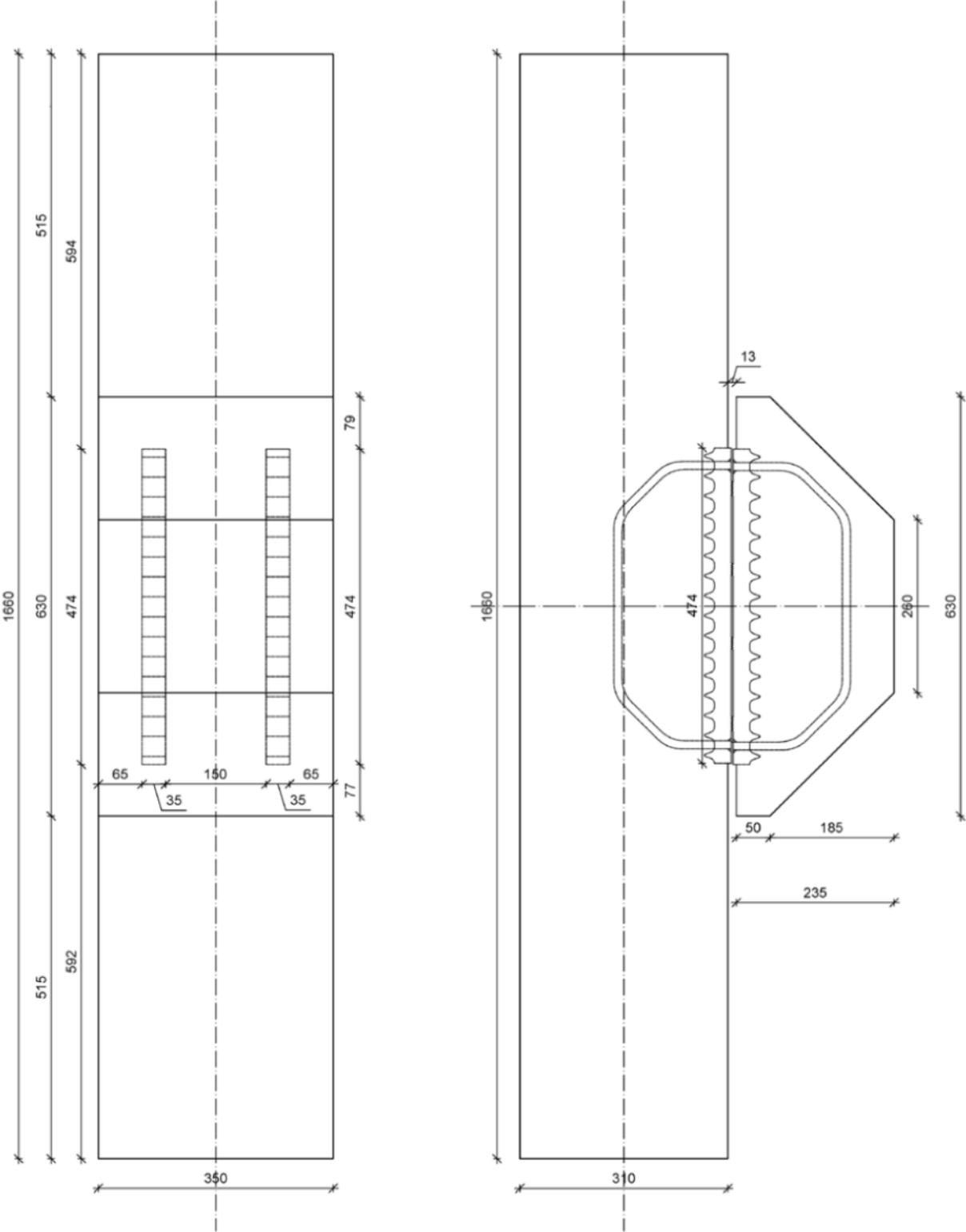
Reinforcement: $A_{s,erf} = 12 \cdot \text{Ø} 16$
 z.B. von Rechner Output

Anhang VD4: Pläne Prüfkörper Phase IV

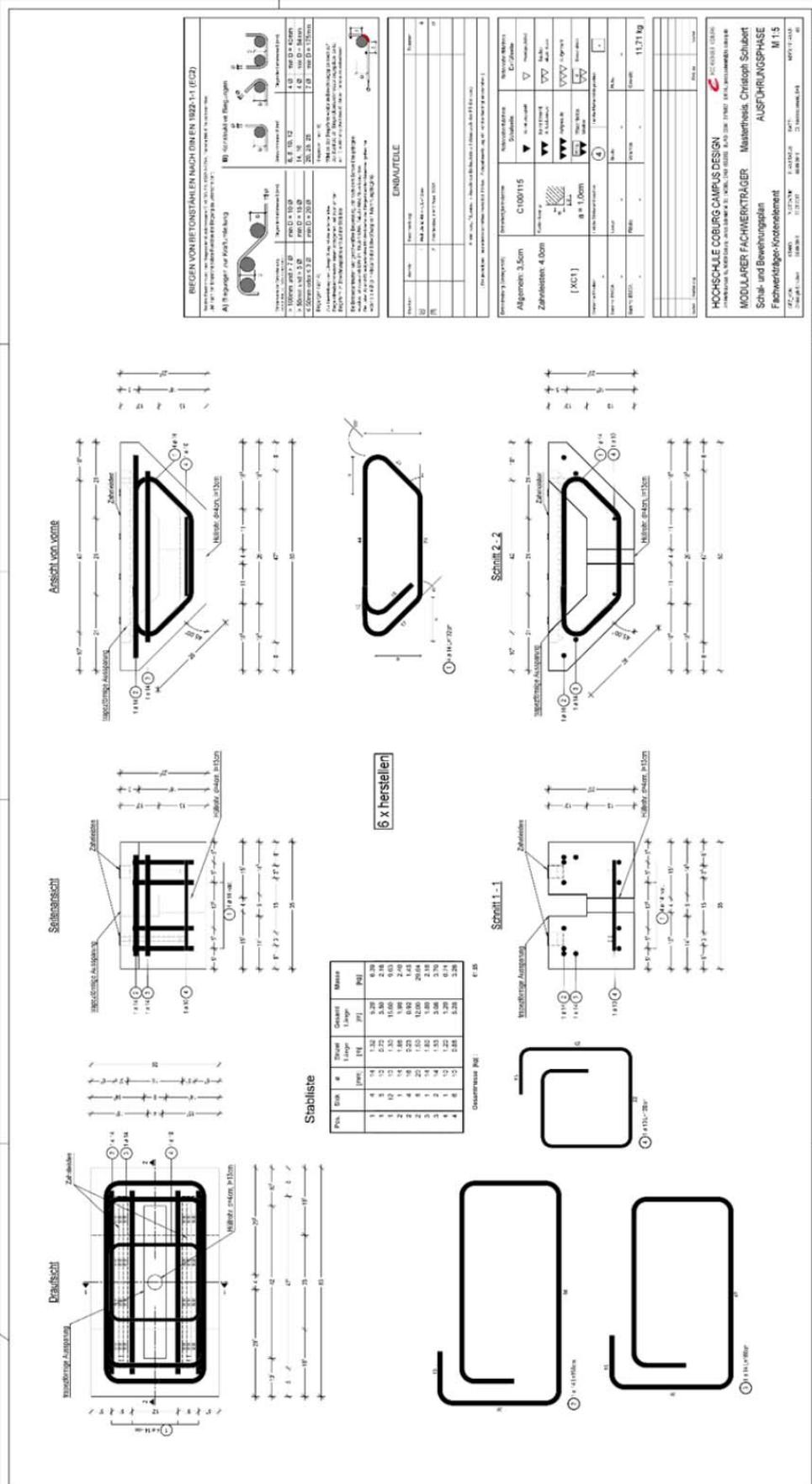
Übersicht Versuchsaufbau für Fachwerkträger-Knotenlement, o. M.



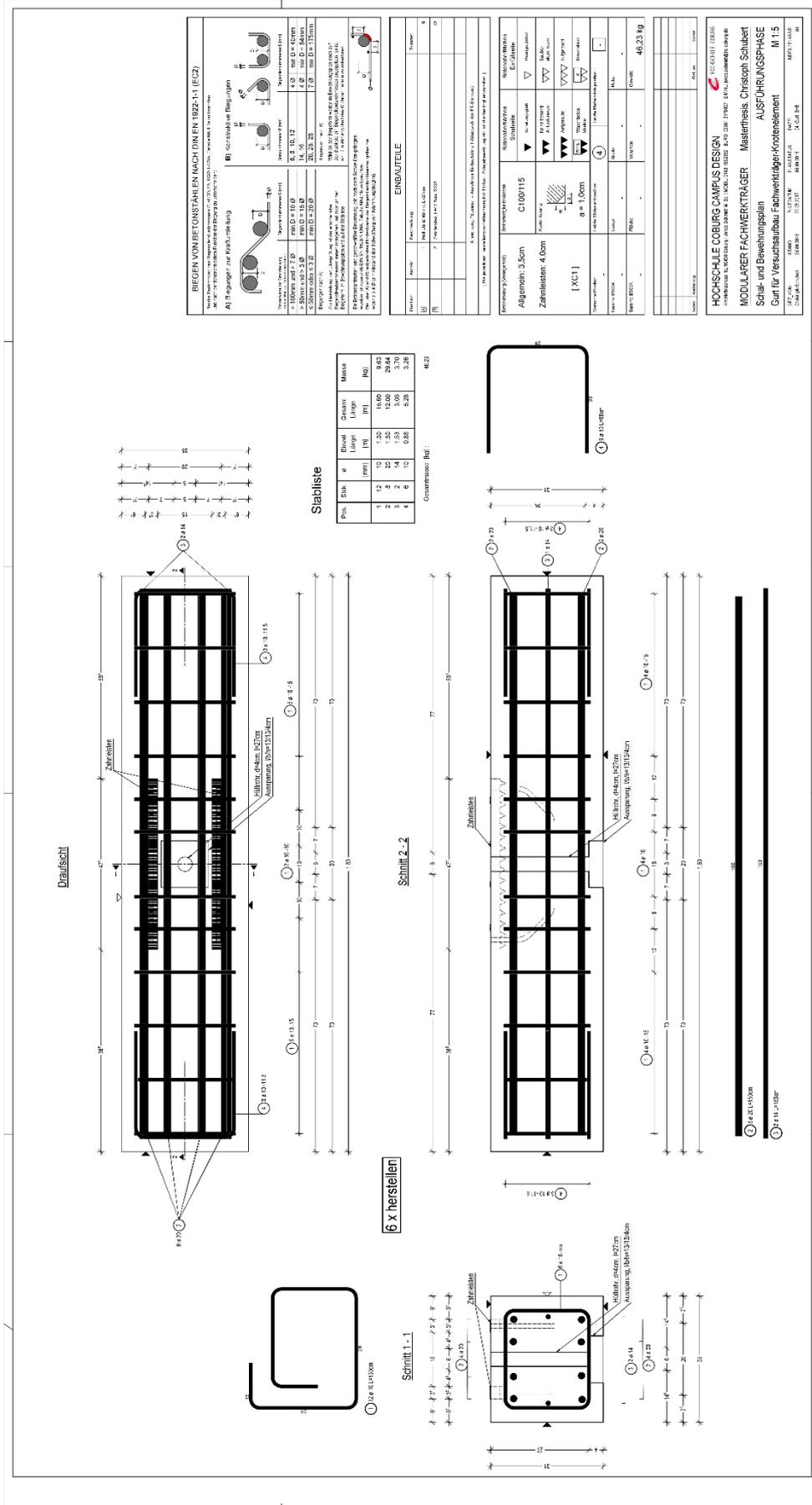
Ausschnitt Gurt und Knotenelement



Schal- und Bewehrungsplan Fachwerkträger-Knotenelement, o. M.



Schal- und Bewehrungsplan Gurt für Fachwerkträger-Knotenelement, o. M.



Schal- und Bewehrungsplan Pfosten/Diagonale für FWT-Knotenelement, o. M.

Pos.	Stück	Ø (mm)	Einzel Länge (m)	Gesamt Länge (m)	Masse (kg)
1	5	10	0.70	3.50	2.16
2	4	16	0.23	0.92	1.45
Gesamtmasse (kg):					3.61

BIEGEN VON BETONSTÄHLEN NACH DIN EN 1992-1-1 (EC2)

Bei der Bestimmung des Biegehalbmessers D ist DIN EN 1992-1-1 (NA), Tabelle NA.8.1a zu beachten und nach der baukonditionalen Funktion der Biegung zu unterscheiden:

A) Biegungen zur Kraftumleitung

Mindestwert der Biegehalbmessung D in Abhängigkeit von der Biegehalbmessung D (mm):

$> 100\text{mm}$ und $> 7\phi$	$\min D = 10\phi$
$> 50\text{mm}$ und $> 3\phi$	$\min D = 15\phi$
$\leq 50\text{mm}$ oder $\leq 3\phi$	$\min D = 20\phi$

Biegungen nach A)

Zur Herstellung und Überprüfung ist der entsprechende Biegehalbmesswert immer anzugeben und zwar an der Biegestelle in der Bewehrungsplan und auf der Stabliste.

B) Konstruktive Biegungen

Mindestwert der Biegehalbmessung D (mm):

6, 8, 10, 12	4ϕ	$\min D = 40\text{mm}$
14, 16	4ϕ	$\min D = 64\text{mm}$
20, 25, 28	7ϕ	$\min D = 175\text{mm}$

Biegungen nach B)

Wird an der Biegestelle ein Bewehrungsplan nach auf der Stabliste ein Biegehalbmesswert angegeben, so ist der Biegehalbmesswert des Biegehalbmessers zu entnehmen.

EINBAUTEILE

Position	Anzahl	Beschreibung	Summe
1	1	Hüllrohr $\phi 40\text{mm}$, $L=30\text{cm}$	4

Anmerkung: "Summe" = Anzahl der Einbauteile x 1 (Stückzahl der FT-Elemente)

[Die jeweiligen Herstellervorschriften bezüglich Einbau, Zulagbewehrung etc. sind unbedingt einzuhalten.]

Betonoberflächen Schalplatte:

Betonoberflächen Schalplatte:	Betonoberflächen Einflüsse:
<p>Allgemein: 3.5cm</p> <p>Zahnteile: 4.0cm</p> <p>[XC1]</p> <p>Letzte Schalplatteposition</p> <p>Fläche</p>	<p>Handgriff</p> <p>Sauber abgeben</p> <p>Aufgeraut</p> <p>W/S</p> <p>Wäschtisch, Struktur</p> <p>Letzte Materialposition</p> <p>Volumen</p> <p>Gewicht</p>

Summe B500A: -

Gewicht: 3,61 kg

Stabliste

Pos.	Stück	Ø (mm)	Einzel Länge (m)	Gesamt Länge (m)	Masse (kg)
1	5	10	0.70	3.50	2.16
2	4	16	0.23	0.92	1.45
Gesamtmasse (kg):					3.61

HOCHSCHULE COBURG CAMPUS DESIGN

Am Holzhaus 15, 95850 Coburg | Jonas Schmidt, M. Sc. | MOBIL: 0163-1862382 | BURO: 09361-76007 | EMAIL: jonas.schmidt@hs-coburg.de

MODULARER FACHWERKTRÄGER Masterthesis, Christoph Schubert

Schal- und Bewehrungsplan Pfosten/Diagonale AUSFÜHRUNGSPHASE

für Versuchsaufbau Fachwerkträger-Knotenelement M 1:5

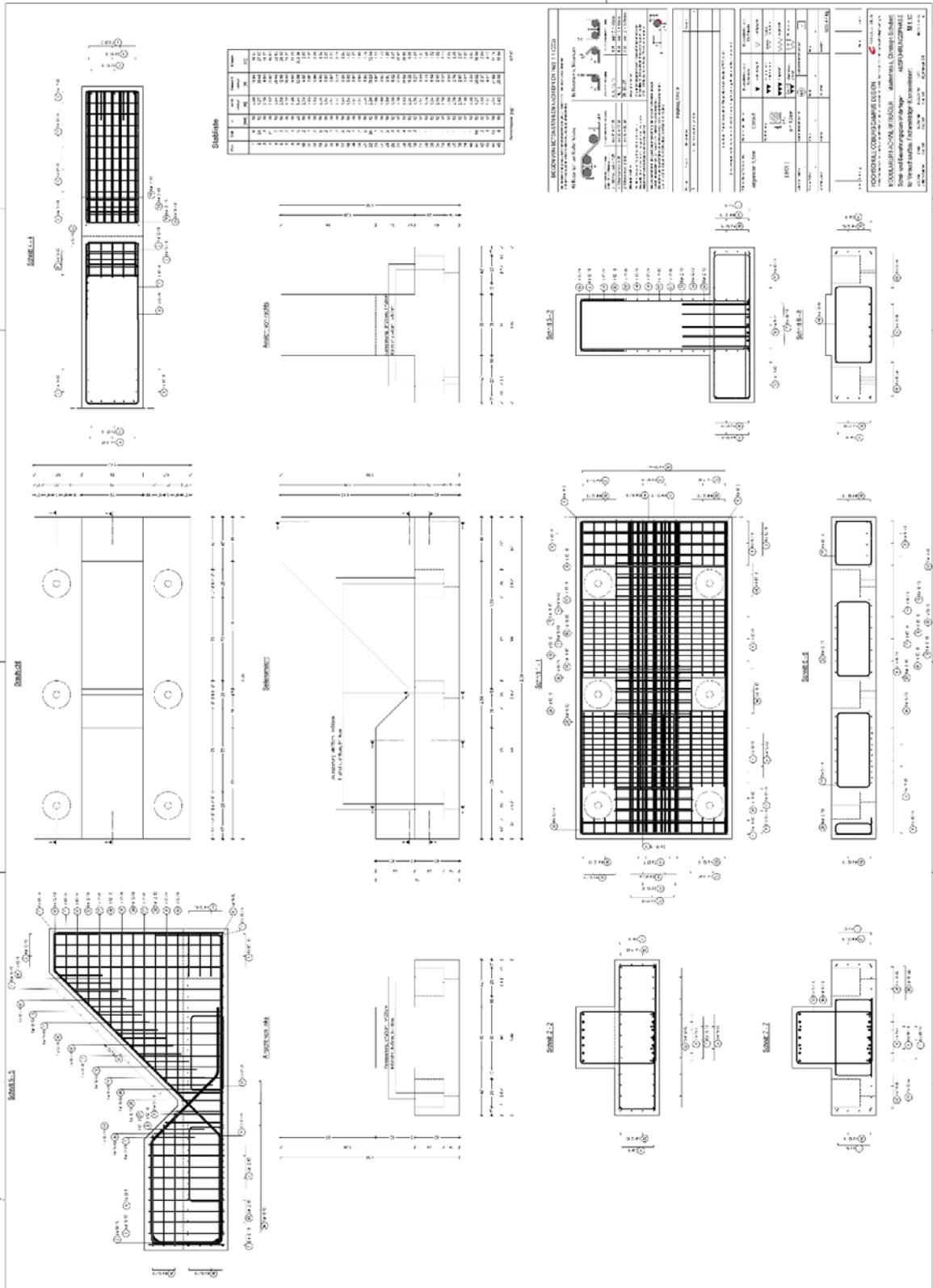
GEZ. VON	STAND	PLÖT DATUM	PLANS TITEL	DATEI	INDEX / PLANNR.
Christoph Schubert	05.09.2016	22.05.2017	05_Pfosten/Diagonale_S+B	05_Pfosten/Diagonale_S+B	05

Alpian 2016

HB = 297 / 420 (0.12m²)

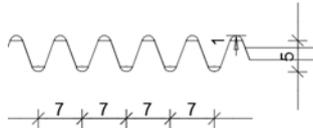
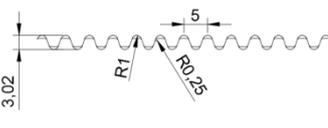
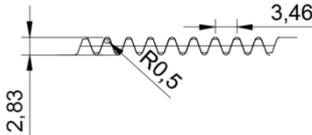
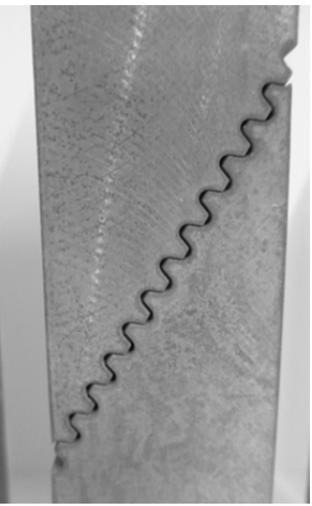
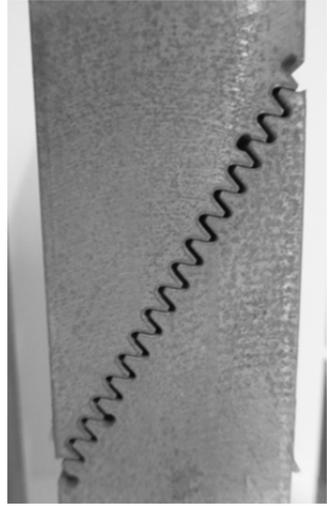
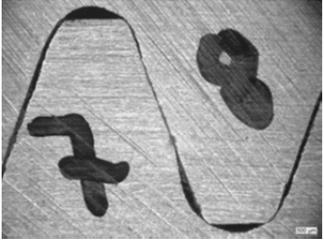
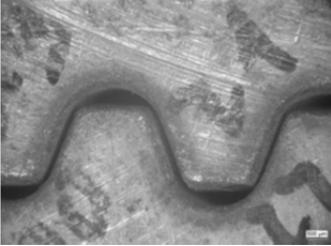
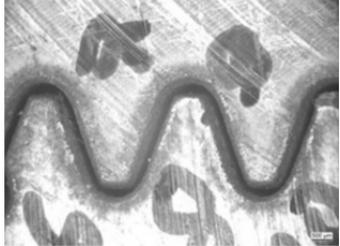
Anhang VD6: Pläne Widerlager Phase IV

Schal- und Bewehrungsplan Widerlager für FWT-Knotenelement, o. M.

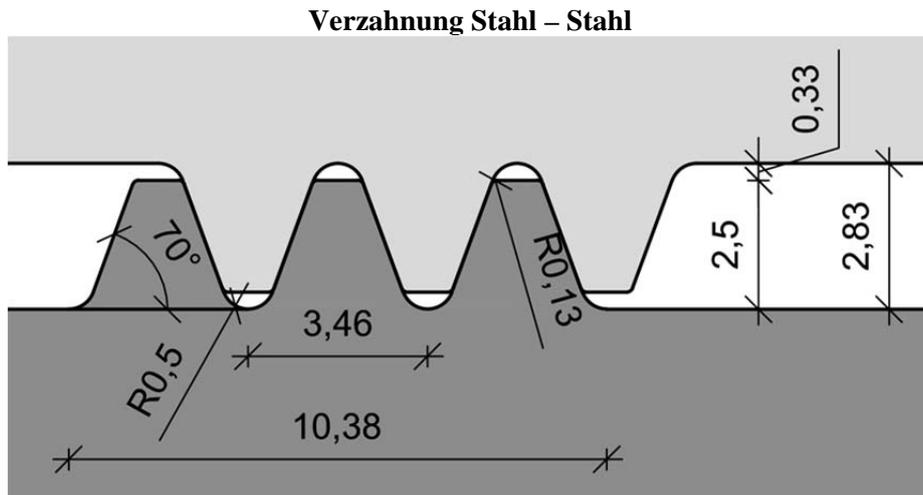
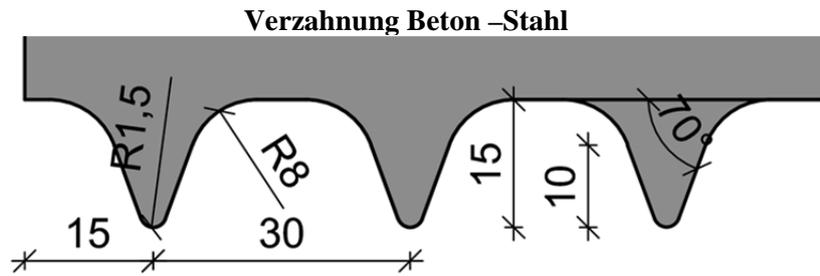
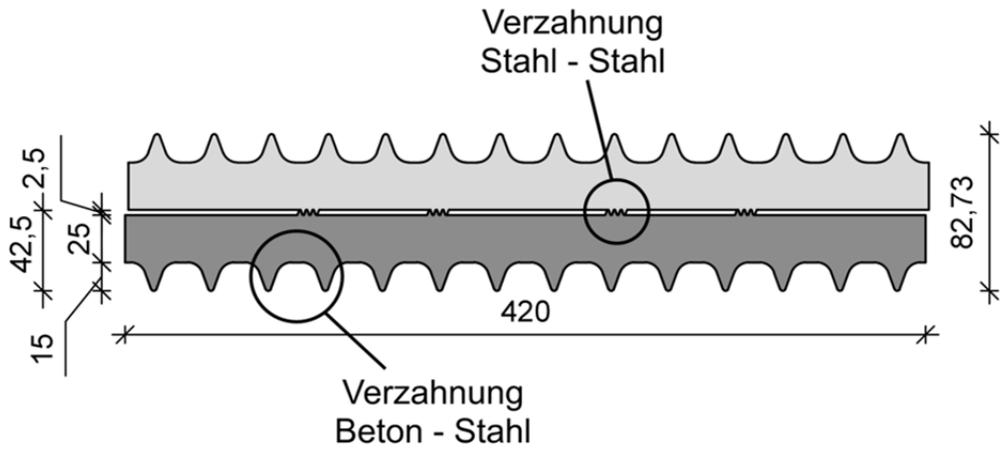


Anhang VD7: Zahngeometrie

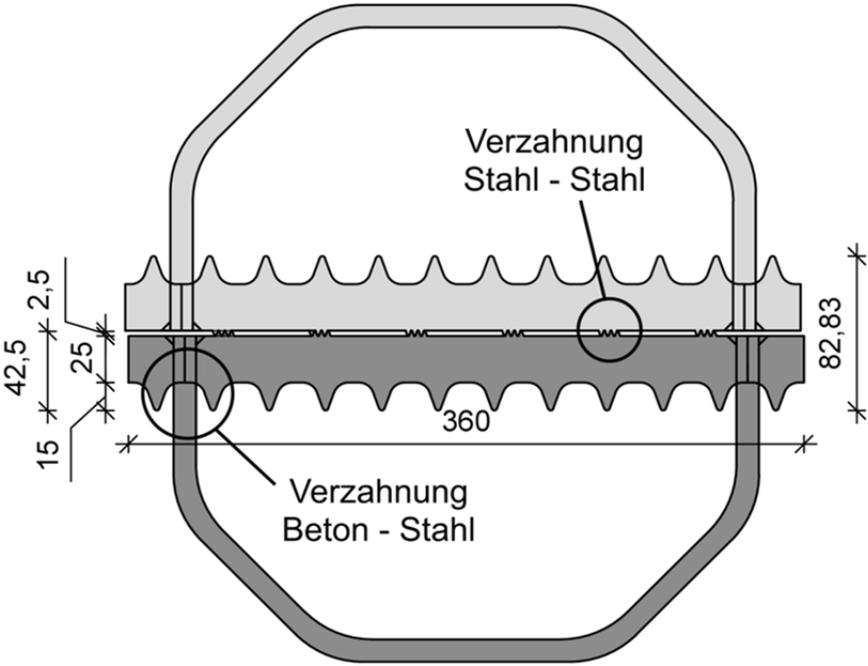
Phase I (Stahl/Stahl-Verzahnung) (Schmidt 2018)

Bezeichnung	Zahngeometrie I	Zahngeometrie II	Zahngeometrie III
Probekörper	Prototyp	Stahlprisma P3 und P4	Stahlprisma P1 und P2
Darstellung der Geometrie	 <p>Zahnhöhe 5,0mm Zahnabstand 7,3mm</p>	 <p>Zahnhöhe 3,02mm Zahnabstand 5,0mm</p>	 <p>Zahnhöhe 2,83mm Zahnabstand 3,46mm</p>
Bild der Verzahnungen			
Bild Genauigkeit 500µm			

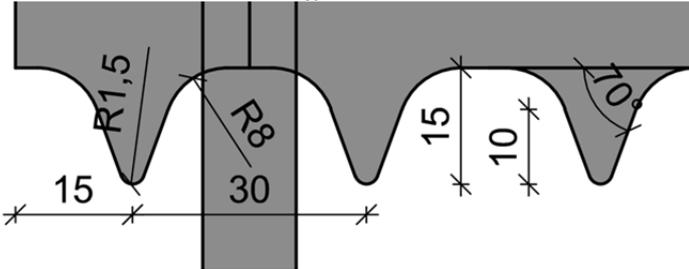
Phase II



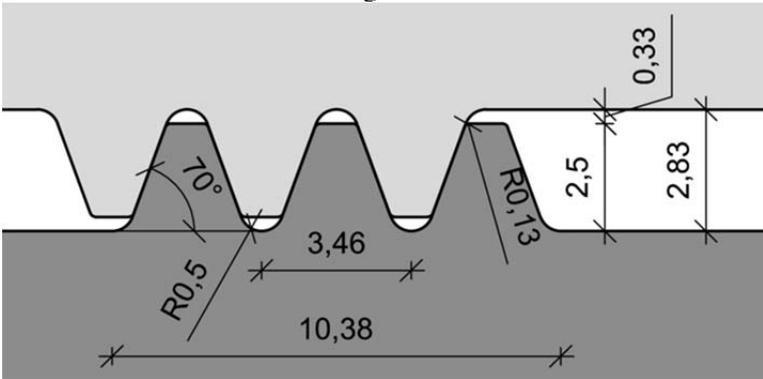
Phase III



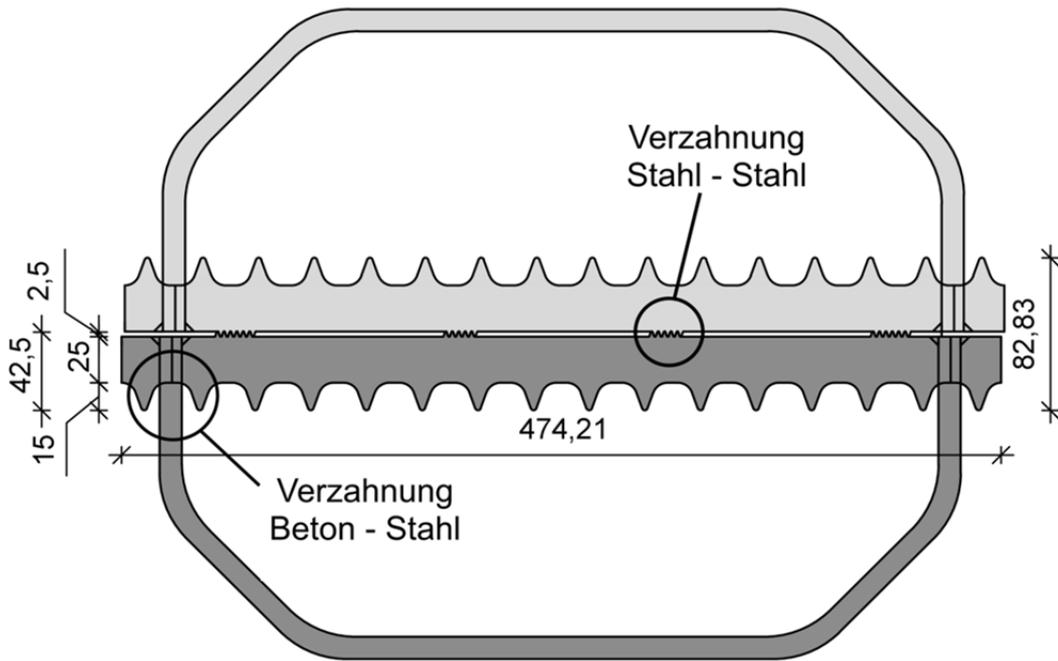
Verzahnung Beton - Stahl



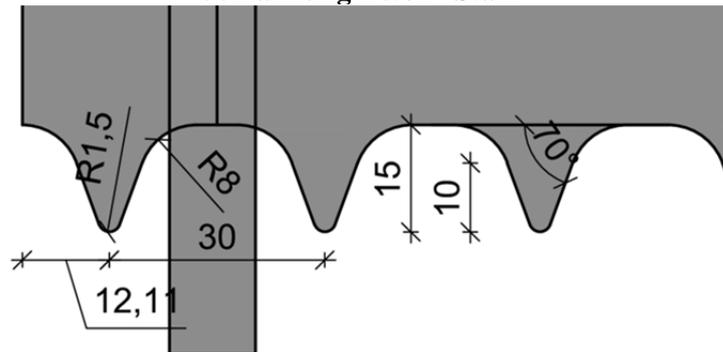
Verzahnung Stahl - Stahl



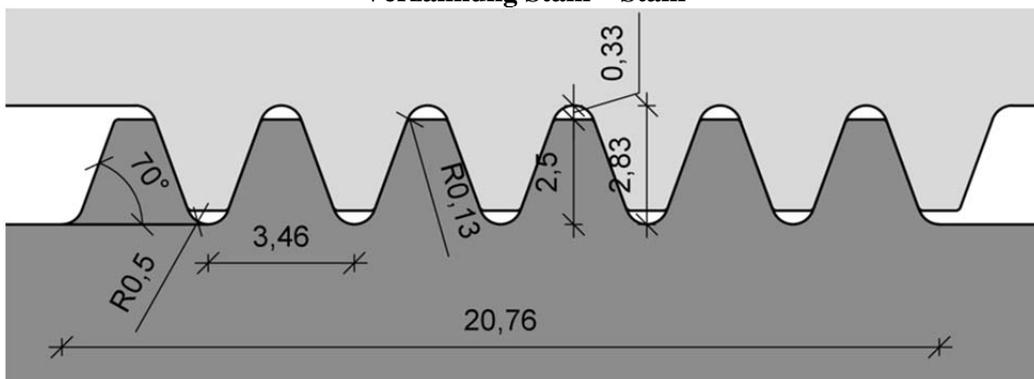
Phase IV



Verzahnung Beton - Stahl

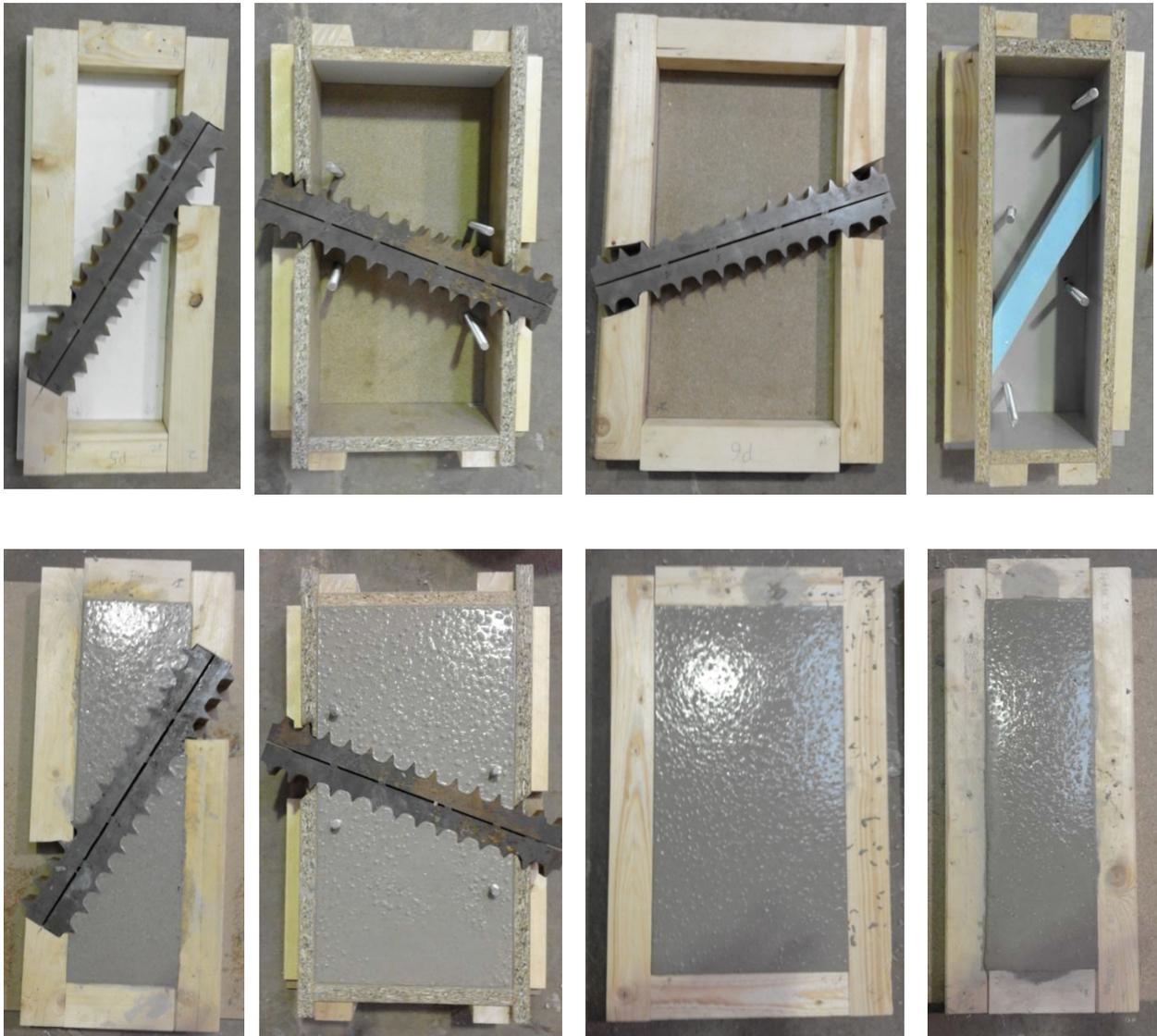


Verzahnung Stahl - Stahl



Anhang VE: Prüfkörperherstellung

Phase II



Herstellung der Prüfkörper für Phase II: Oben: Schalungen vor der Betonage; Unten: Betonierte Prüfkörper

Phase III und IV



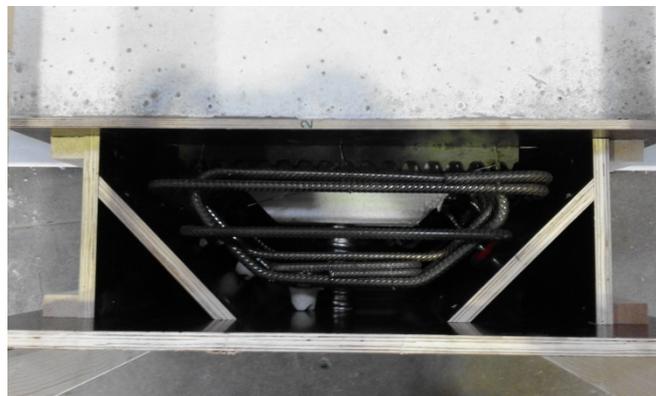
Gurte und Knotenelemente der Phase IV



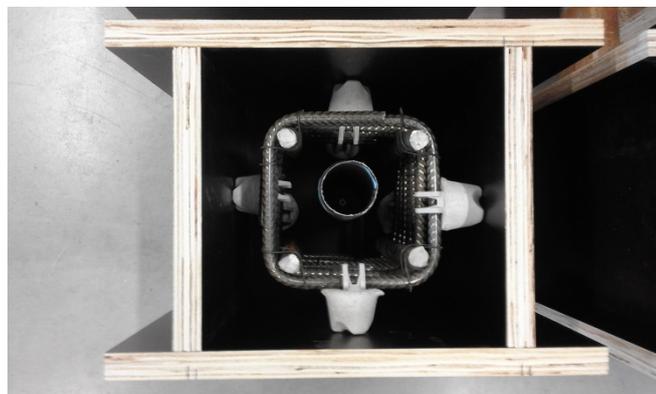
Bewehrung der Konsole in Phase III



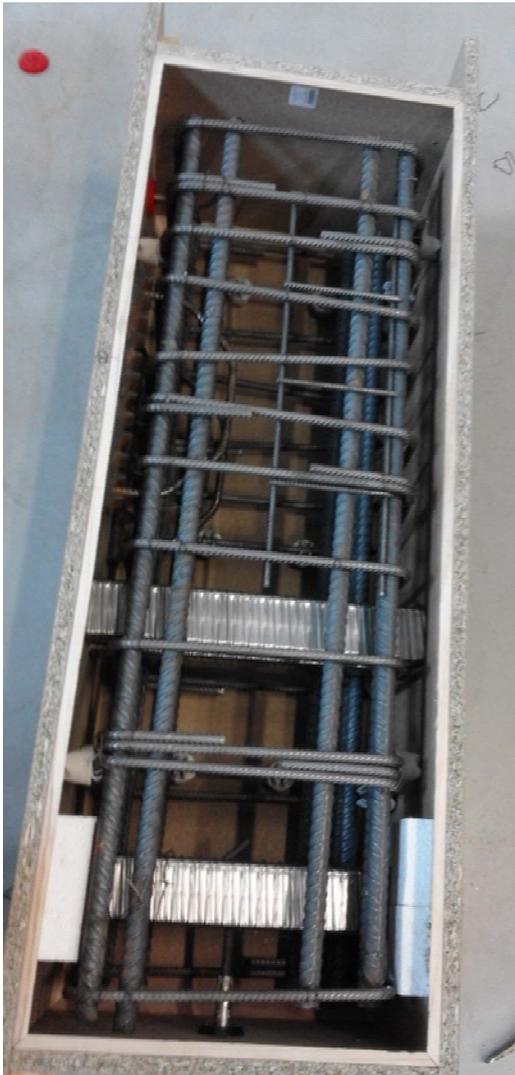
Gurt für Phase IV vor und nach der Betonage



Schalung und Bewehrung des Knotenelement



Stütze für Phase IV



Stütze der Phase III



Betonierte Bauteile für Versuchsphase III und IV bei der Fa. Benno Drössler, Siegen



Ausgeschaltete Stütze für Versuchsphase III

Widerlager für Versuchsphase III und IV





Widerlager im Fertigteilwerk der Fa. Angermüller in Untersiemau



Widerlager platziert im Aufspannfeld in der Peter Behrens Halle der TU Berlin