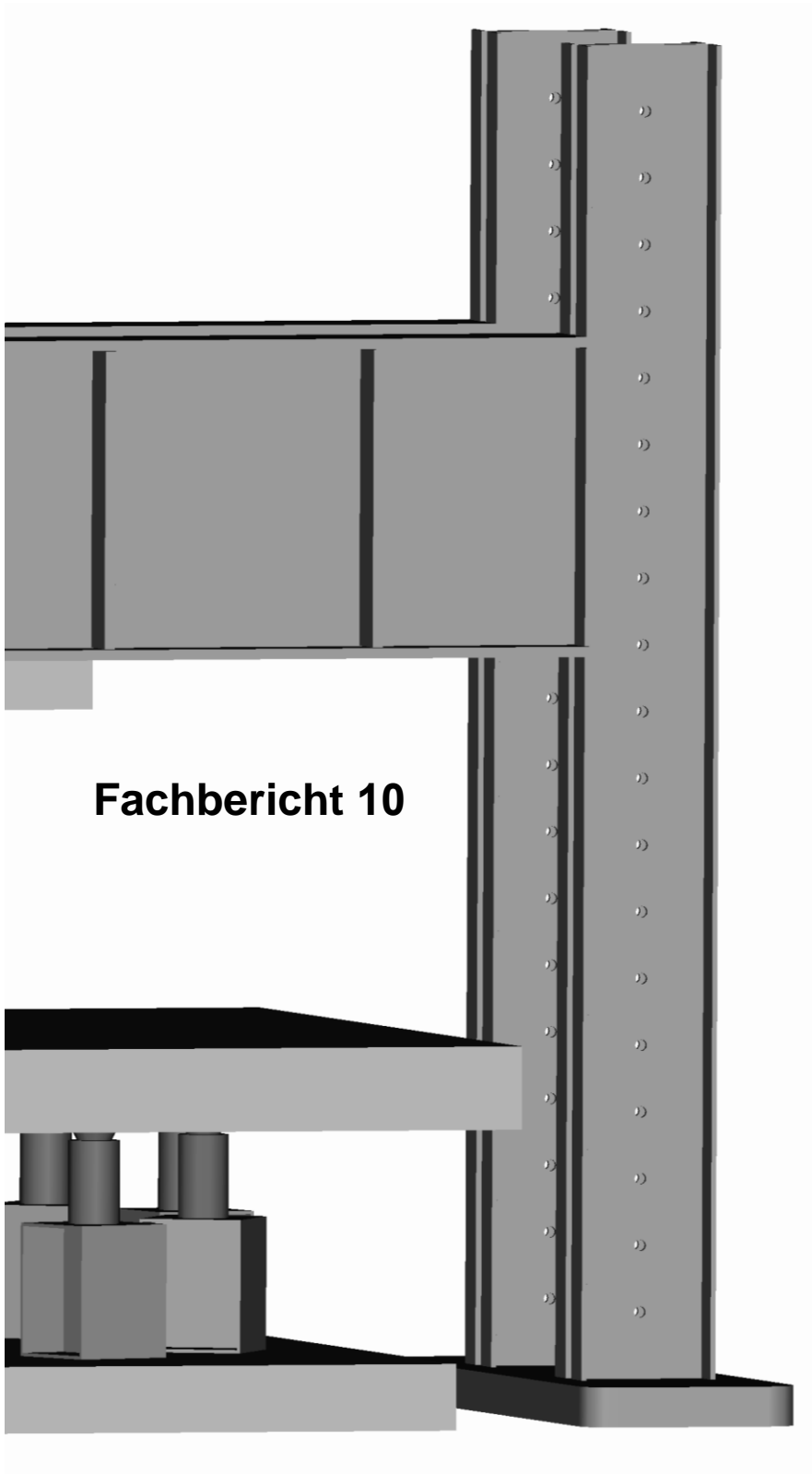




THM

TECHNISCHE HOCHSCHULE MITTELHESSEN



Fachbericht 10

Untersuchung der Dauerschwing- festigkeit der L- Bleche

**Manuel Prast
Igor Reidisch
Enrico Zanardo**

UNTERSUCHUNG DER DAUERSCHWINGFESTIGKEIT DER L-BLECHE

Inhaltsverzeichnis

- 1 Herstellung der Prüfkörper L1 – L121
- 2 Versuchsanlage.....2
- 3 Versuchsaufbau3
- 4 Materialkennwerte.....4
- 5 Versuchsergebnisse5

1 Herstellung der Prüfkörper L1 – L12

Der gesamte Prüfkörper wird bedingt durch die Versuchsanlage auf dem Kopf hergestellt. Dies bedeutet, dass zunächst die Ortbeton- und im Anschluss die Fertigteilschicht betoniert wird.

Als erstes wird ein 18 cm hohes Stahlrohr ($\varnothing 30$ cm) im Inneren mit Längs- und Querbewehrung versehen. Diese sind in den dafür vorgebohrten Löchern des Stahlrohres fixiert. Danach erfolgt der Einbau der beiden Bügel mit dem Blech.

Blech mit $t = 5$ mm
Zwei Bügel $\varnothing 6$ mm



Abb. 1: Prüfkörper Bewehrungsbild L1 – L12

Anschließend erfolgt die Betonage der 13 cm hohen Ortbetonschicht. Frühestens am darauffolgenden Tag werden die restlichen 5 cm der Fertigteilschicht betoniert. Am Rand wird diese Schicht durch ein Stützenschalrohr vom Stahlring getrennt. Die Verdichtung erfolgt mittels eines Rütteltisches. Die Betonoberfläche wird mit einer Kelle abgezogen und manuell geglättet.

Blech mit $t = 5$ mm
Trennschicht
Fertigteilschicht
Ortbetonschicht

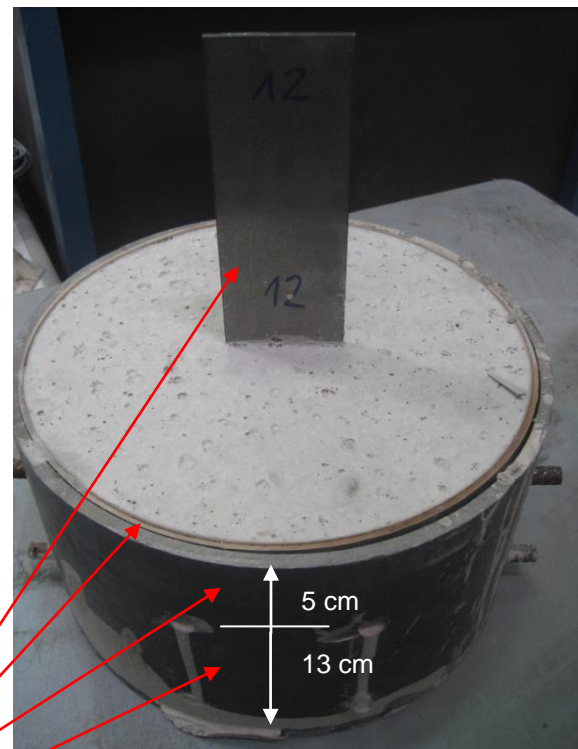


Abb. 2: Prüfkörper betoniert L1 – L12

2 Versuchsanlage

Zur Versuchsdurchführung wird eine Prüfmaschine des Typs HPM 500 der Firma ERNST verwendet. Hiermit lassen sich Frequenzen von bis zu 10 Hz realisieren. Die Anlage leistet eine maximale Prüfkraft von 500 kN mit einem Zylinderhub von maximal 300 mm. Die Einbauhöhe variiert zwischen 150 und 800 mm. Der größtmögliche Abstand der beiden Klemmbackenpaare ist auf 60 mm beschränkt.

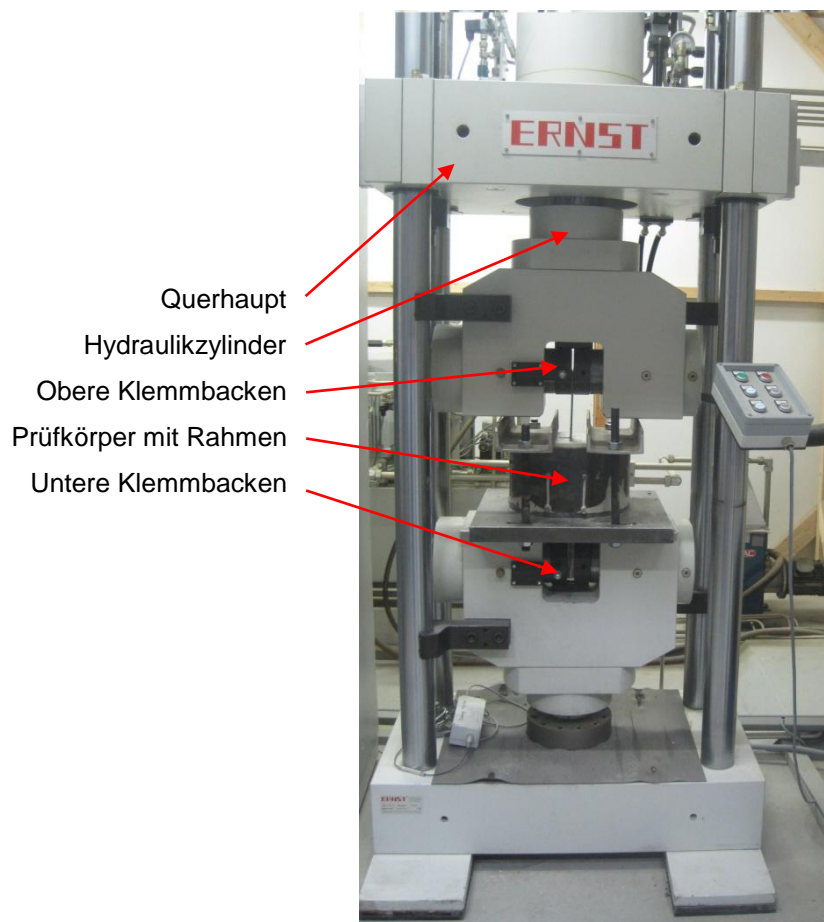


Abb. 3: Versuchsanlage

3 Versuchsaufbau

Die Prüfkraft wird über die obere Klemmvorrichtung in das Stahlblech eingeleitet. Der Prüfkörper wird durch zwei U-Profile und vier Gewindestangen kraftschlüssig mit der Lagerplatte verbunden. Durch ein Stahlschwert an der Lagerplattenunterseite wird der Prüfraumen unten gehalten.

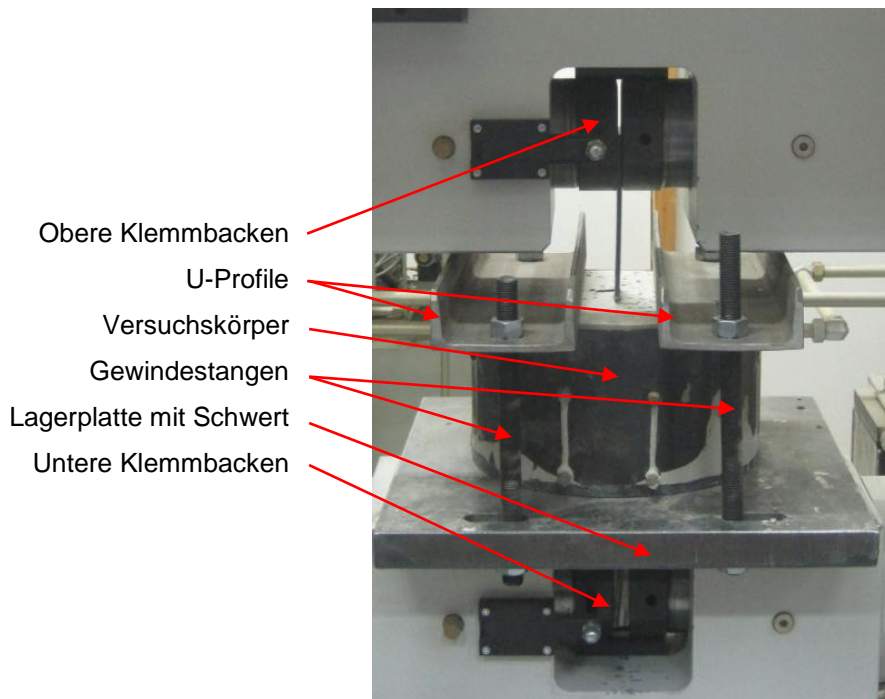


Abb. 4: Versuchsaufbau Prüfkörper L1 - L12

Bei den Prüfkörpern liegen die U-Profile lediglich auf dem Stahlring auf und haben einen Abstand zu der Betonfläche von ca. 2 mm. Eine Kraftübertragung zwischen Beton und U-Profilen wird somit verhindert (Abb. 5).

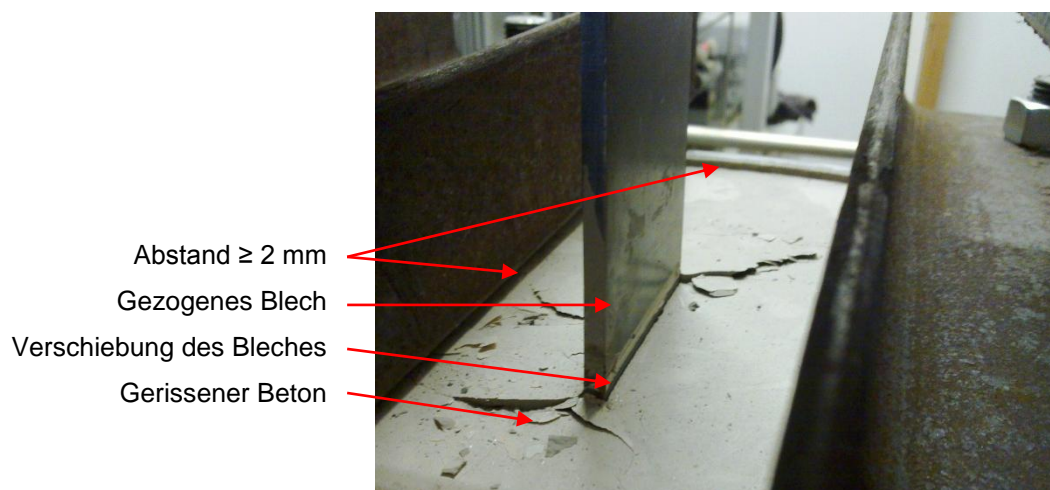


Abb. 5: Prüfkörper L 1 - 12

4 Materialkennwerte

Beton

Der Beton wird im Zwangsmischer der Firma Schwelm Zyklus hergestellt. Die Betonzusammensetzung sowie die Betonfestigkeit, die am Ende jedes Versuchs an Würfeln ($a = 150\text{mm}$) geprüft wird, ist in Tabelle 1 dargestellt.

Körper	Zement		Zuschlag			Wasser		Betonier- datum	Versuchs- termin	Prüfalter	$f_{c,cube}$
	Sorte	Menge	0 - 2	2 - 8	8 - 16	Menge	w/z				
	[-]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[-]	[-]				
L 1	CEM I / 42,5 R	280	592	686	602	179	0,65	05.04.11	27.04.11	22	33
L 2	CEM I / 42,5 R	280	592	686	602	179	0,65	05.04.11	21.06.11	77	34
L 3	CEM I / 42,5 R	280	592	686	602	179	0,65	05.04.11	27.06.11	83	34
L 4	CEM I / 42,5 R	280	592	686	602	179	0,65	05.04.11	18.07.11	104	35
L 5	CEM I / 42,5 R	280	592	686	602	179	0,65	05.04.11	21.07.11	107	35
L 6	CEM I / 42,5 R	280	592	686	602	179	0,65	05.04.11	25.07.11	111	35
L 7	CEM III A / 42,5 N	305	637	289	877	195	0,64	26.07.11	08.08.11	13	32
L 8	CEM III A / 42,5 N	305	637	289	877	195	0,64	26.07.11	09.08.11	14	33
L 9	CEM III A / 42,5 N	305	637	289	877	195	0,64	26.07.11	15.08.11	20	34
L 10	CEM I / 42,5 R	280	592	686	602	179	0,65	01.08.11	23.08.11	22	27
L 11	CEM I / 42,5 R	280	592	686	602	179	0,65	01.08.11	25.08.11	24	28
L 12	CEM I / 42,5 R	280	592	686	602	179	0,65	01.08.11	13.09.11	43	31

Tabelle 1: Betoneigenschaften

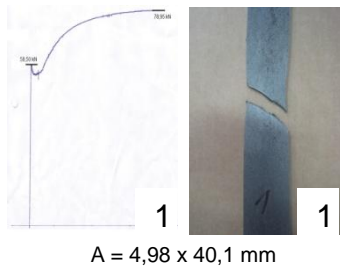
Stahlbleche

Für jede Sorte der verwendeten Bleche werden drei Proben geprüft. Die Mittelwerte der Stahleigenschaften aus jeweils drei Materialproben sind in der Tabelle 2 dargestellt.

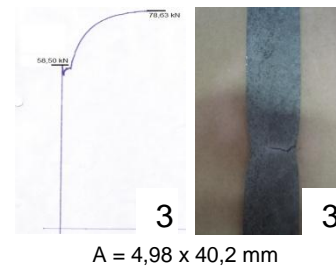
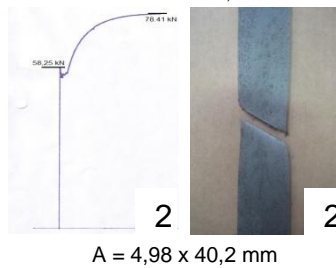
Blechdicke	Versuche Nr.	Streckgrenze f_y	Zugfestigkeit f_u	E - Modul
		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
t = 5 mm	L 1-L 6, L 12	292	393	218.000
t = 5 mm	L 7-L 11	198	295	182.000

Tabelle 2: Stahleigenschaften

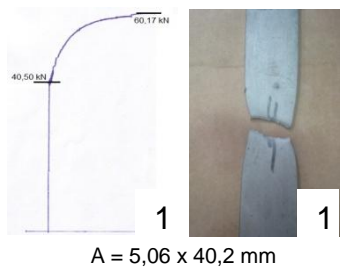
L5-Blech:
(L 1-L 6, L 12)



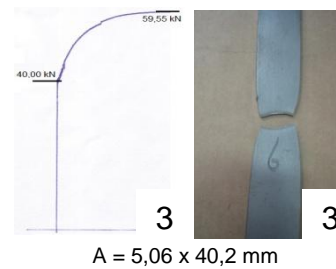
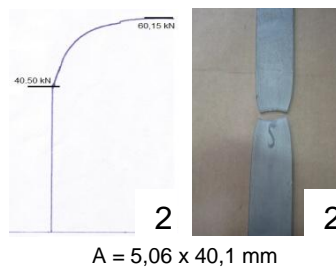
Streckgrenze $f_{y,mittel} = 292 \text{ N/mm}^2$
Zugfestigkeit $f_{u,mittel} = 393 \text{ N/mm}^2$



L5-Blech:
(L 7-L 11)



Streckgrenze $f_{y,mittel} = 198 \text{ N/mm}^2$
Zugfestigkeit $f_{u,mittel} = 295 \text{ N/mm}^2$



5 Versuchsergebnisse

Die Prüfkörper sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Körper	Beton $f_{c,cube}$	Blech f_y / f_u	F_{oben}	$\sigma_{oben,Bügel} =$ $F_{oben}/A_{s,Bügel}$	F_{unten}	$\Delta F =$ $(F_{oben} - F_{unten})$	$\Delta\sigma_{Rs,Bügel} =$ $\Delta F/A_{s,Bügel}$	Anzahl der Lastwechsel
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[kN]	[N/mm ²]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	
L 1 -2011	33	292 / 393	32	283	8	24	212	475.868
L 2 -2011	34	292 / 393	32	283	8	24	212	414.800
L 3 -2011	34	292 / 393	30	265	10	20	177	1.753.466
L 4 -2011	35	292 / 393	25	221	15	10	88	8.000.000 ^(*)
L 5 -2011	35	292 / 393	31	274	3	28	248	353.916
L 6 -2011	35	292 / 393	31	274	9	22	195	1.322.349
L 7 -2011	32	198 / 295	31	274	12	19	168	922.264
L 8 -2011	33	198 / 295	31	274	5	26	230	162.635
L 9 -2011	34	198 / 295	31	274	15	16	142	2.246.352
L10 -2011	27	198 / 295	31	274	12	19	168	1.482.897
L11 -2011	28	198 / 295	31	274	5	26	230	163.532
L12 -2011	31	292 / 393	31	274	23	8	71	12.000.000 ^(*)

(*) Versuch wurde bei der angegebenen Anzahl der Lastwechsel ohne Versagen beendet

Tabelle 3: Prüfkörperübersicht

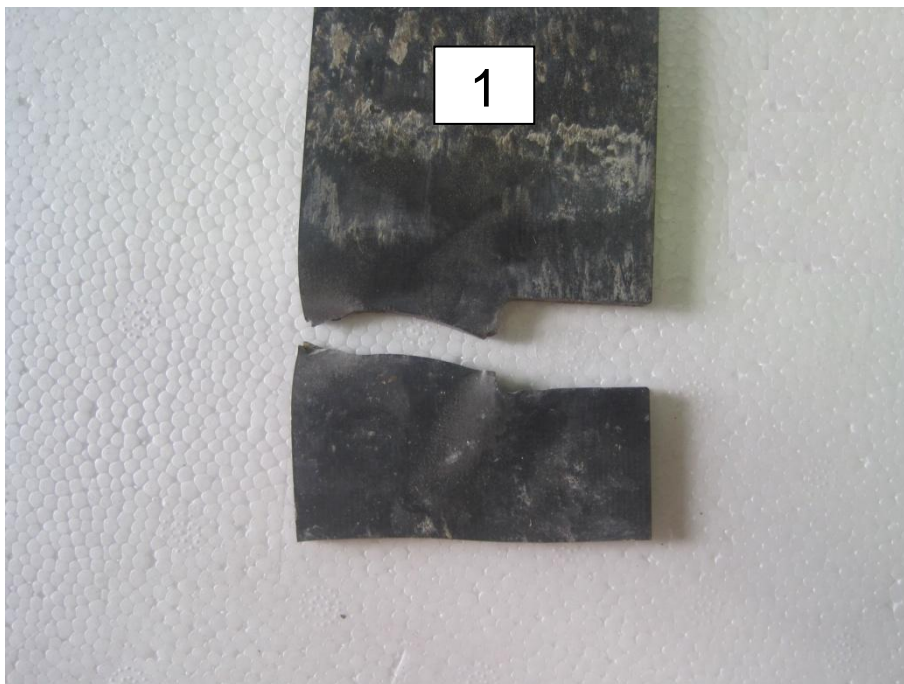
Im Folgenden werden die Versuchsergebnisse im Einzelnen beschrieben.

Prüfkörper: L1-2011

Beton $f_{c,cube}$	Blech f_y / f_u	F_{oben}	$\sigma_{oben,Bügel} =$ $F_{oben}/A_{s,Bügel}$	F_{unten}	$\Delta F =$ $(F_{oben} - F_{unten})$	$\Delta\sigma_{Rs,Bügel} =$ $\Delta F/A_{s,Bügel}$	Anzahl der Lastwechsel
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[KN]	[N/mm ²]	[KN]	[KN]	[N/mm ²]	
33	292 / 393	32	283	8	24	212	475.868



Prüfkörper L1 nach dem Versagen



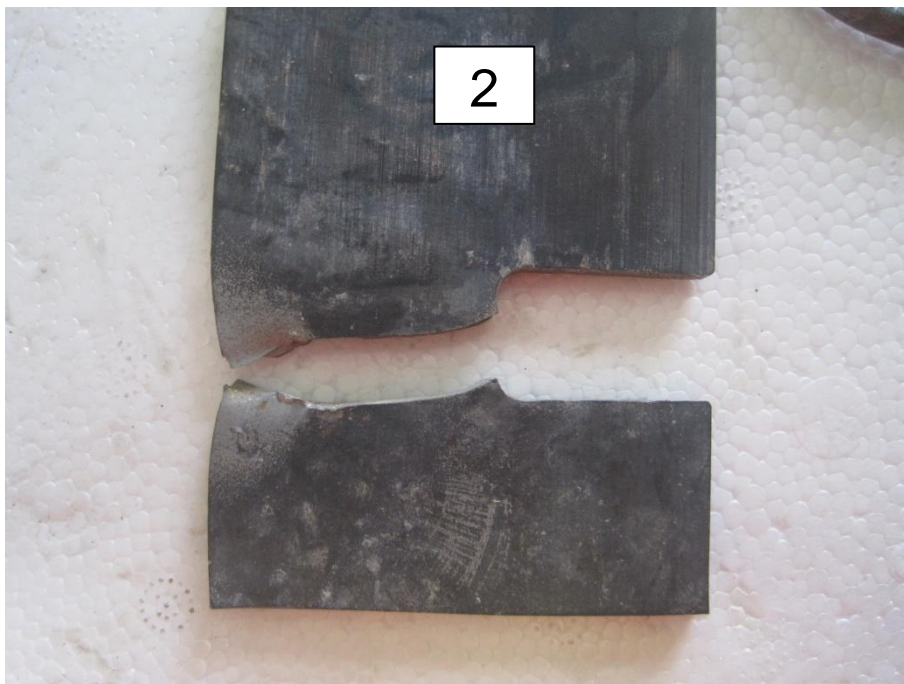
Schadensbild am Blech L1

Prüfkörper: L2-2011

Beton $f_{c,cube}$	Blech f_y / f_u	F_{oben}	$\sigma_{oben,Bügel} =$ $F_{oben}/A_{s,Bügel}$	F_{unten}	$\Delta F =$ $(F_{oben} - F_{unten})$	$\Delta\sigma_{Rs,Bügel} =$ $\Delta F/A_{s,Bügel}$	Anzahl der Lastwechsel
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[KN]	[N/mm ²]	[KN]	[KN]	[N/mm ²]	
34	292 / 393	32	283	8	24	212	414.800



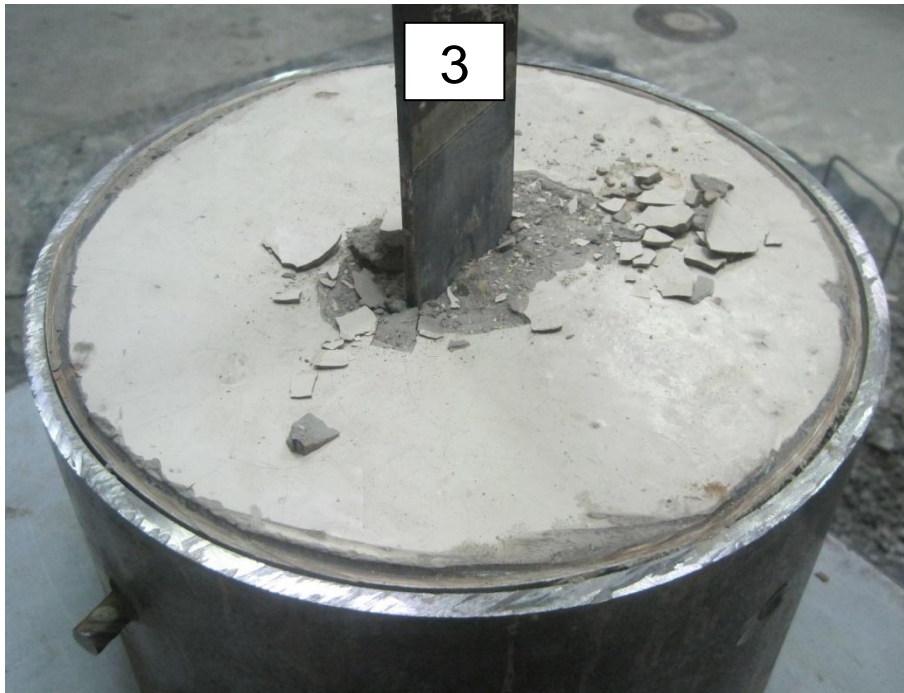
Prüfkörper L2 nach dem Versagen



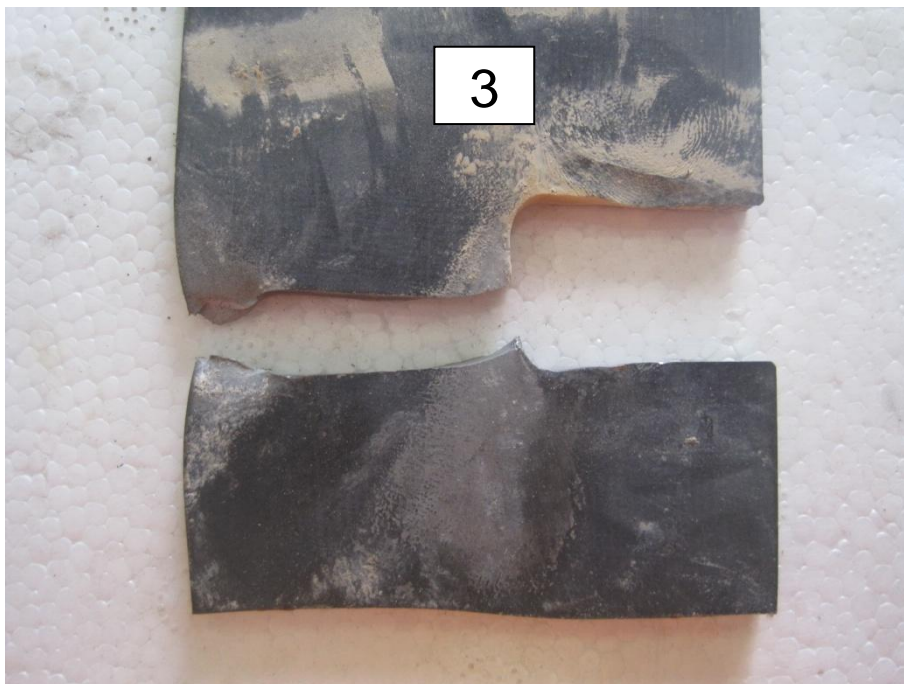
Schadensbild am Blech L2

Prüfkörper: L3-2011

Beton $f_{c,cube}$	Blech f_y / f_u	F_{oben}	$\sigma_{oben,Bügel} =$ $F_{oben}/A_{s,Bügel}$	F_{unten}	$\Delta F =$ $(F_{oben} - F_{unten})$	$\Delta\sigma_{Rs,Bügel} =$ $\Delta F/A_{s,Bügel}$	Anzahl der Lastwechsel
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[KN]	[N/mm ²]	[KN]	[KN]	[N/mm ²]	
34	292 / 393	30	265	10	20	177	1.753.466



Prüfkörper L3 nach dem Versagen

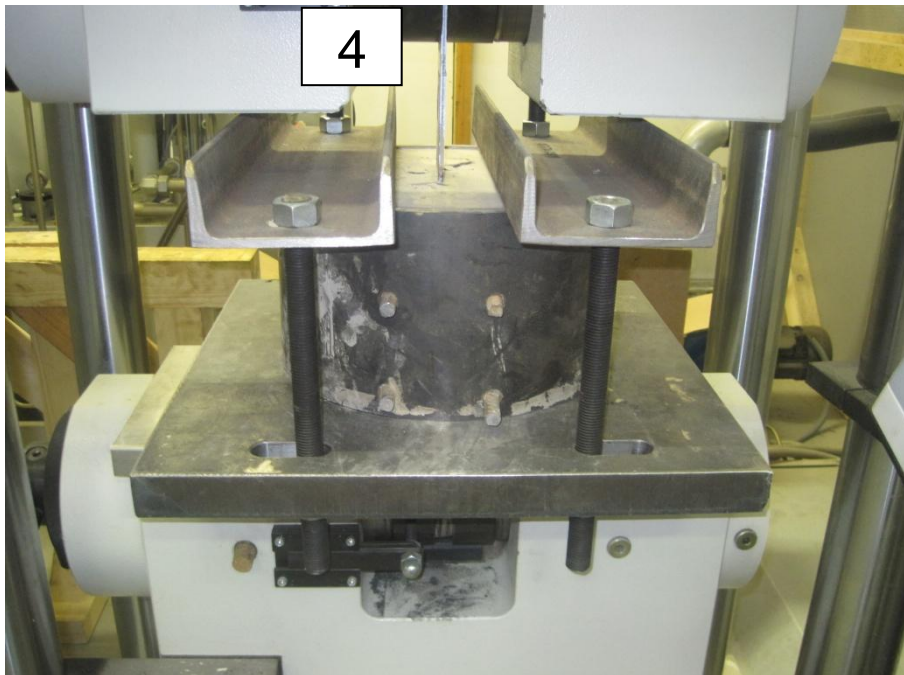


Schadensbild am Blech L3

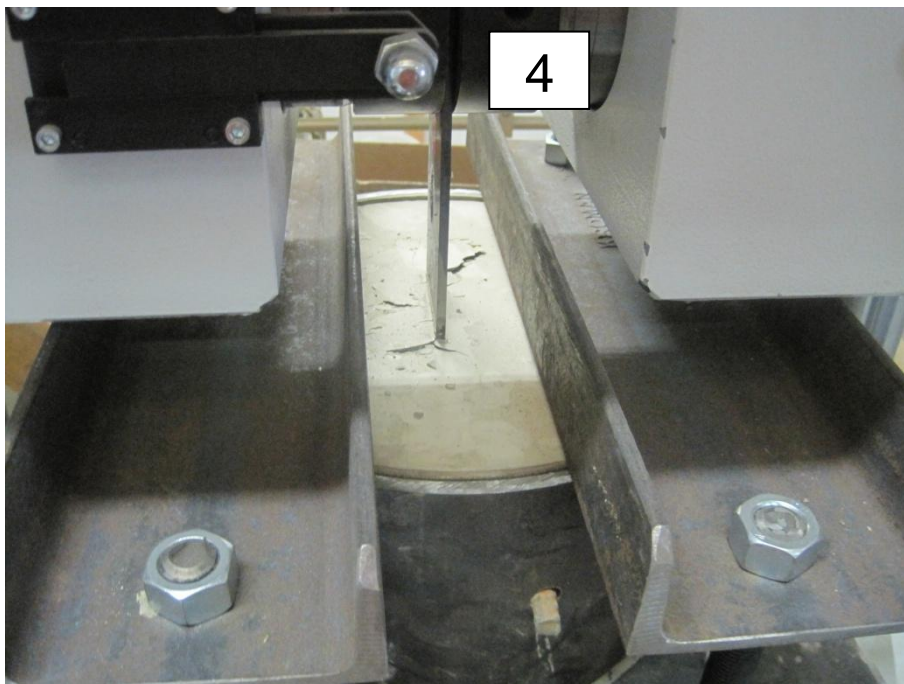
Prüfkörper: L4-2011

Beton $f_{c,cube}$	Blech f_y / f_u	F_{oben}	$\sigma_{oben,Bügel} =$ $F_{oben}/A_{s,Bügel}$	F_{unten}	$\Delta F =$ $(F_{oben} - F_{unten})$	$\Delta\sigma_{Rs,Bügel} =$ $\Delta F/A_{s,Bügel}$	Anzahl der Lastwechsel
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[KN]	[N/mm ²]	[KN]	[KN]	[N/mm ²]	
35	292 / 393	25	221	15	10	88	8.000.000 ^(*)

(*) Versuch wurde bei der angegebenen Anzahl der Lastwechsel ohne Versagen beendet



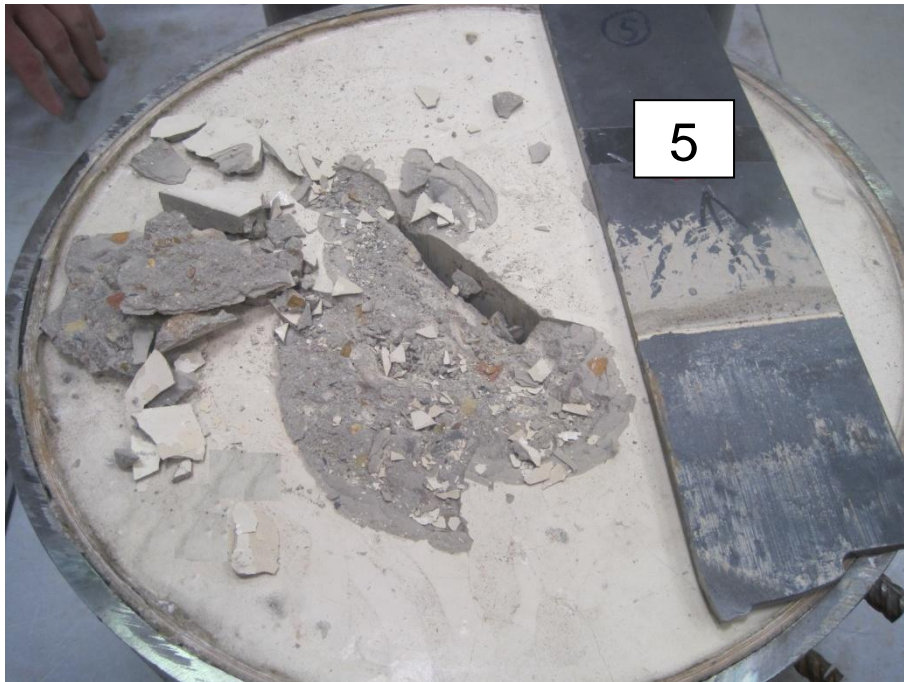
Prüfkörper L4 im eingebauten Zustand



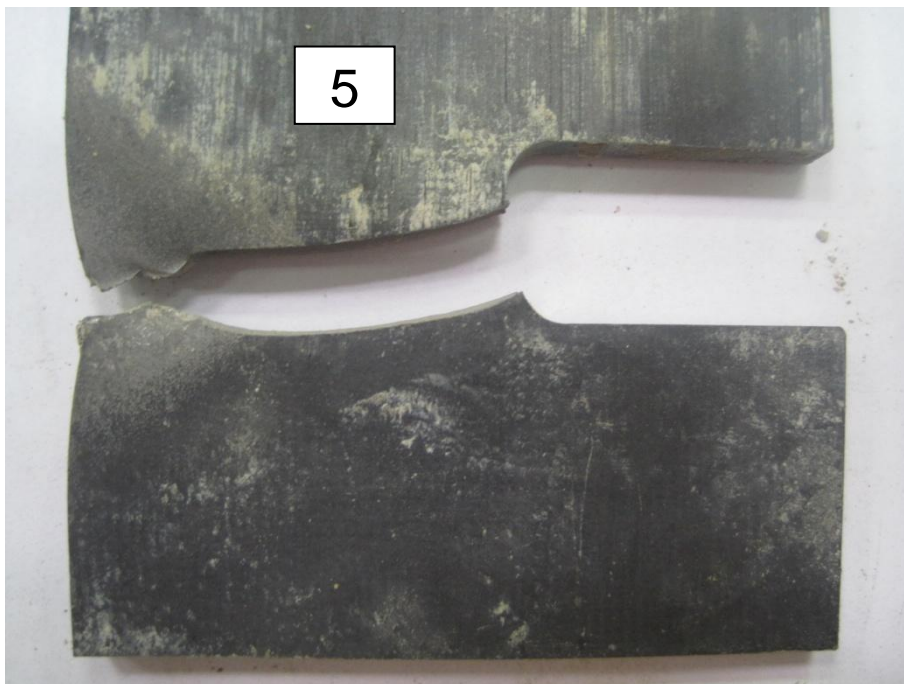
Relativverschiebungen des Bleches L4 gegenüber der Betonoberfläche

Prüfkörper: L5-2011

Beton $f_{c,cube}$	Blech f_y / f_u	F_{oben}	$\sigma_{oben,Bügel} =$ $F_{oben}/A_{s,Bügel}$	F_{unten}	$\Delta F =$ $(F_{oben} - F_{unten})$	$\Delta \sigma_{Rs,Bügel} =$ $\Delta F/A_{s,Bügel}$	Anzahl der Lastwechsel
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[KN]	[N/mm ²]	[KN]	[KN]	[N/mm ²]	
35	292 / 393	31	274	3	28	248	353.916



Prüfkörper L5 nach dem Versagen



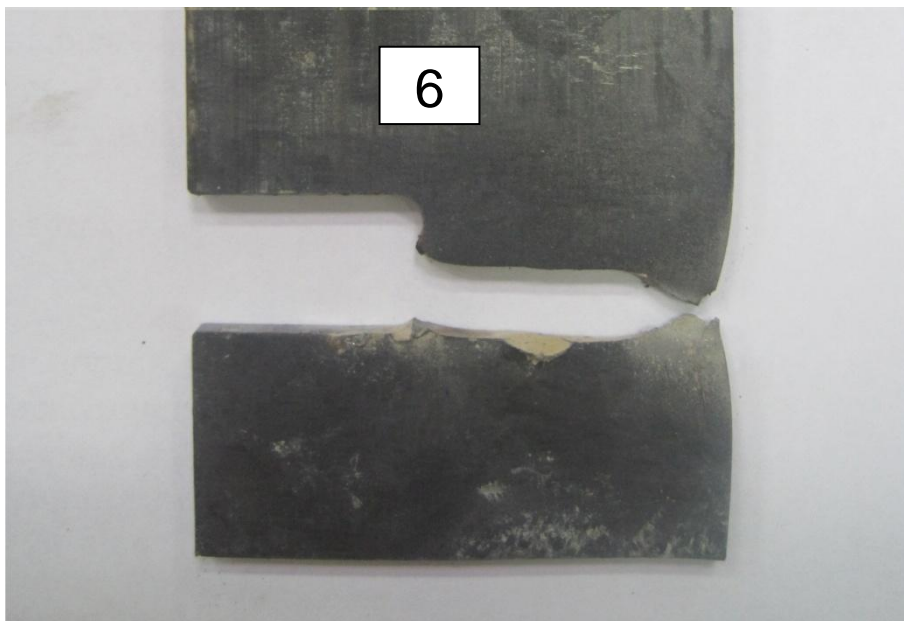
Schadensbild am Blech L5

Prüfkörper: L6-2011

Beton $f_{c,cube}$	Blech f_y / f_u	F_{oben}	$\sigma_{oben,Bügel} =$ $F_{oben}/A_{s,Bügel}$	F_{unten}	$\Delta F =$ $(F_{oben} - F_{unten})$	$\Delta\sigma_{Rs,Bügel} =$ $\Delta F/A_{s,Bügel}$	Anzahl der Lastwechsel
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[KN]	[N/mm ²]	[KN]	[KN]	[N/mm ²]	
35	292 / 393	31	274	9	22	195	1.322.349



Prüfkörper L6 nach dem Versagen



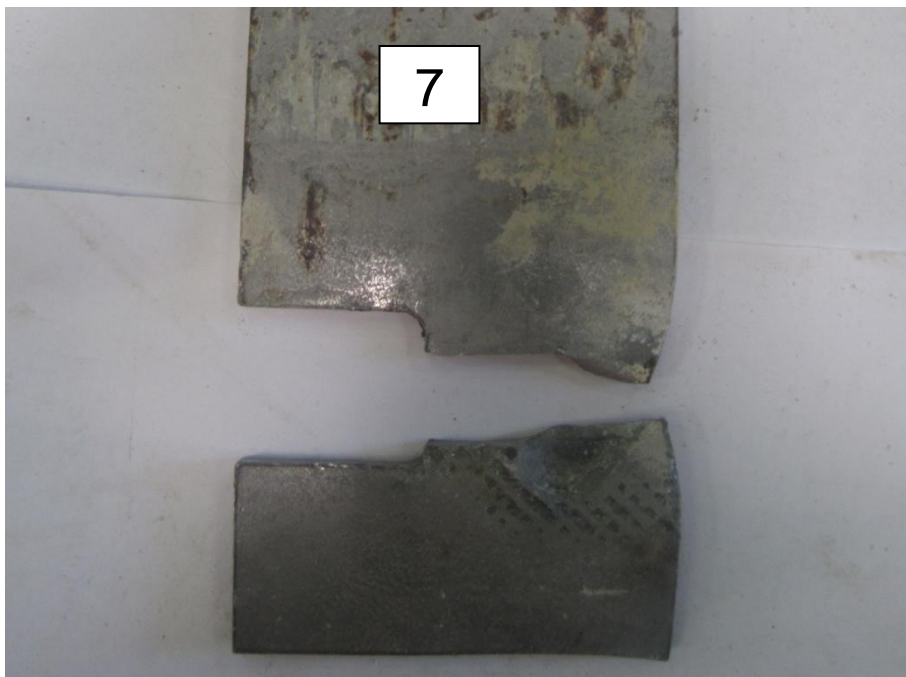
Schadensbild am Blech L6

Prüfkörper: L7-2011

Beton $f_{c,cube}$	Blech f_y / f_u	F_{oben}	$\sigma_{oben,Bügel} =$ $F_{oben}/A_{s,Bügel}$	F_{unten}	$\Delta F =$ $(F_{oben} - F_{unten})$	$\Delta\sigma_{Rs,Bügel} =$ $\Delta F/A_{s,Bügel}$	Anzahl der Lastwechsel
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[KN]	[N/mm ²]	[KN]	[KN]	[N/mm ²]	
32	198 / 295	31	274	12	19	168	922.264



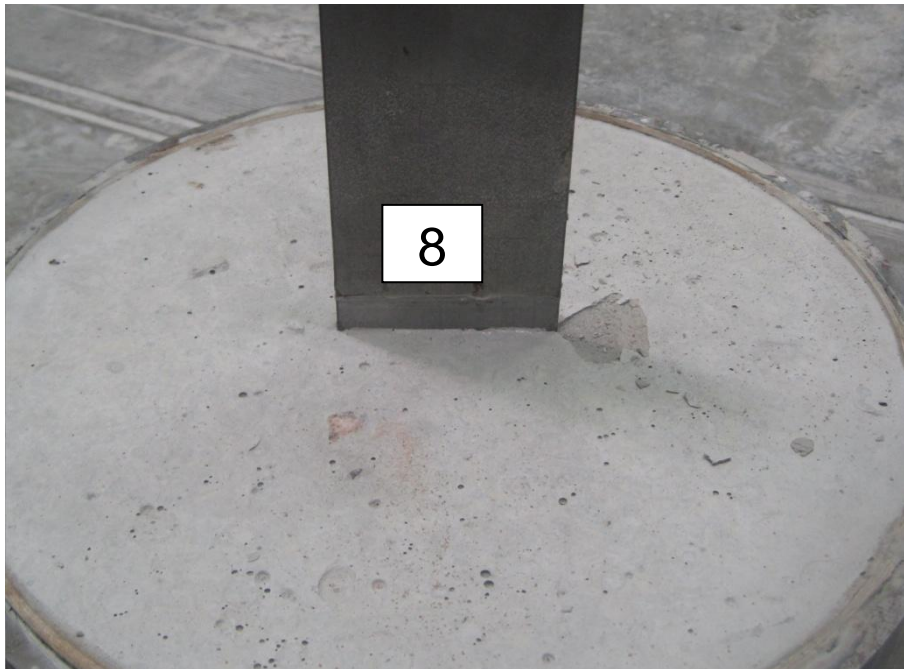
Prüfkörper L7 nach dem Versagen



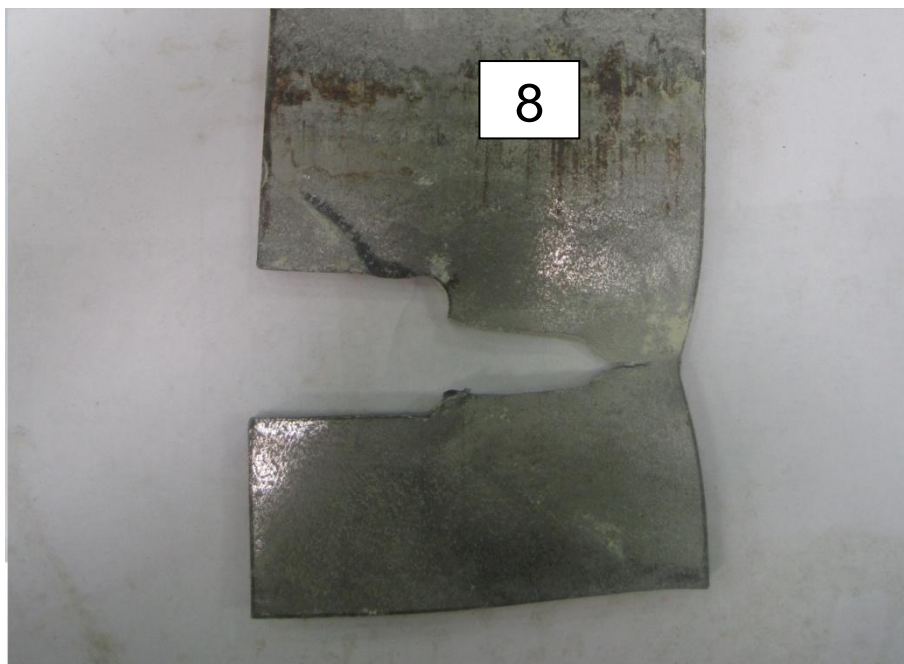
Schadensbild am Blech L7

Prüfkörper: L8-2011

Beton $f_{c,cube}$	Blech f_y / f_u	F_{oben}	$\sigma_{oben,Bügel} =$ $F_{oben}/A_{s,Bügel}$	F_{unten}	$\Delta F =$ $(F_{oben} - F_{unten})$	$\Delta\sigma_{Rs,Bügel} =$ $\Delta F/A_{s,Bügel}$	Anzahl der Lastwechsel
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[KN]	[N/mm ²]	[KN]	[KN]	[N/mm ²]	
33	198 / 295	31	274	5	26	230	162.635



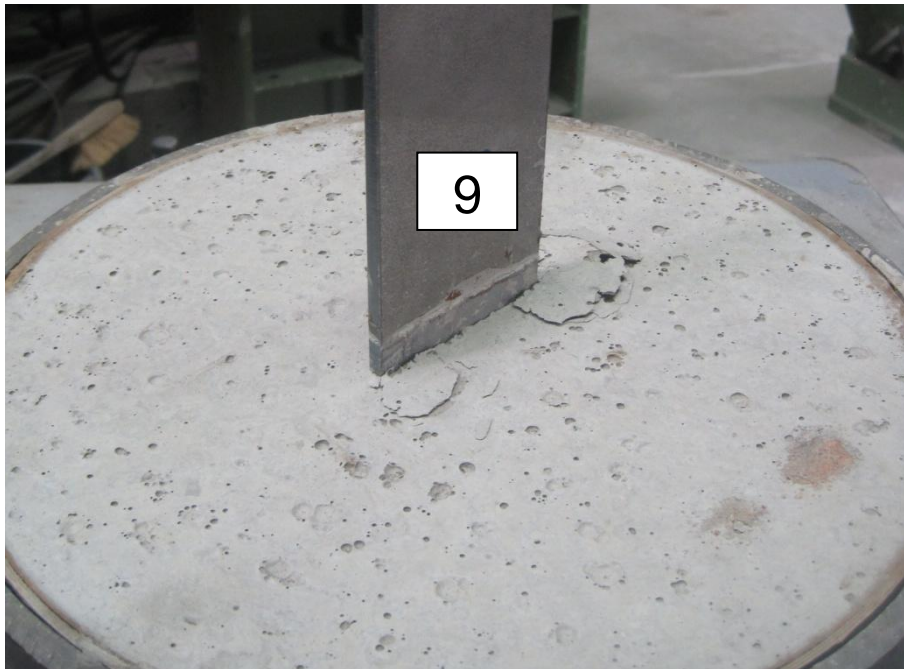
Prüfkörper L8 nach dem Versagen



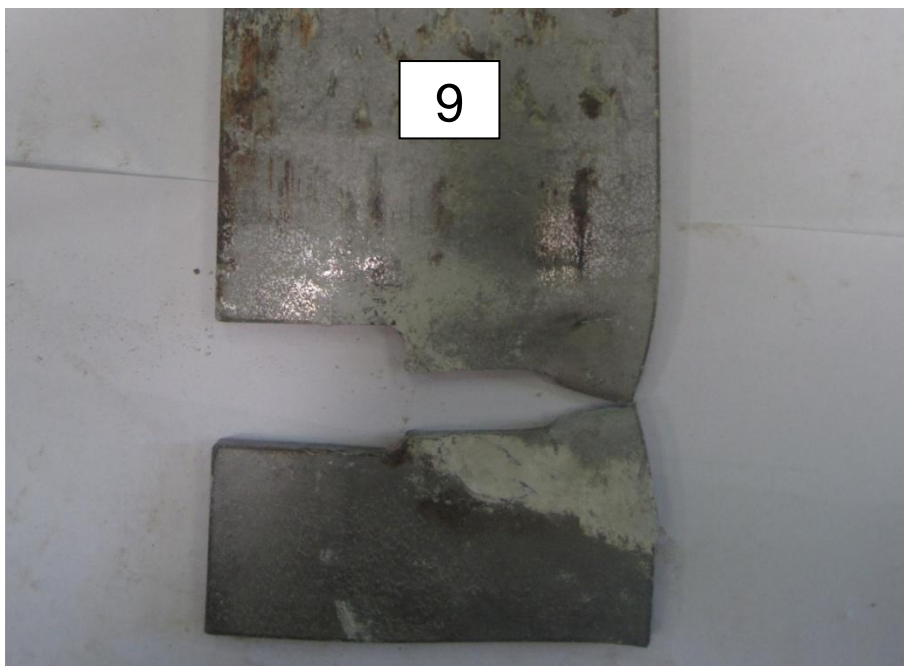
Schadensbild am Blech L8

Prüfkörper: L9-2011

Beton $f_{c,cube}$	Blech f_y / f_u	F_{oben}	$\sigma_{oben,Bügel} =$ $F_{oben}/A_{s,Bügel}$	F_{unten}	$\Delta F =$ $(F_{oben} - F_{unten})$	$\Delta\sigma_{Rs,Bügel} =$ $\Delta F/A_{s,Bügel}$	Anzahl der Lastwechsel
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[KN]	[N/mm ²]	[KN]	[KN]	[N/mm ²]	
34	198 / 295	31	274	15	16	142	2.246.352



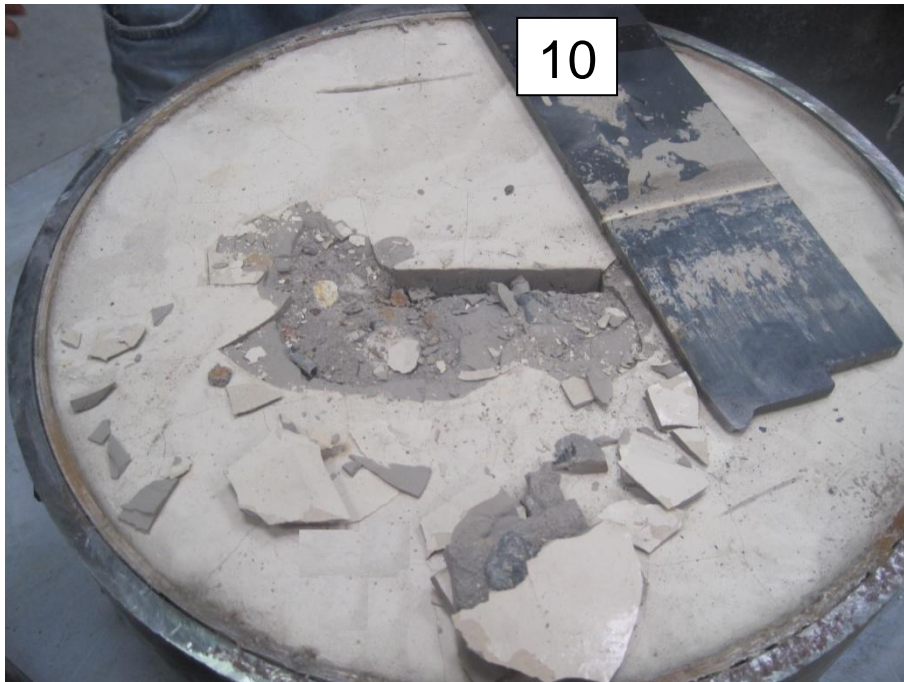
Prüfkörper L9 nach dem Versagen



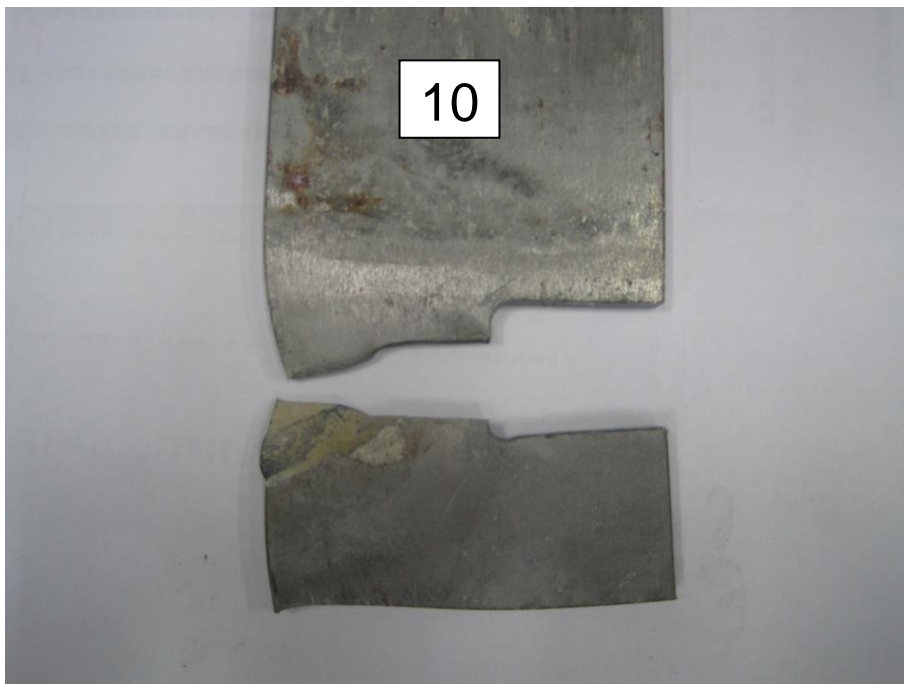
Schadensbild am Blech L9

Prüfkörper: L10-2011

Beton $f_{c,cube}$	Blech f_y / f_u	F_{oben}	$\sigma_{oben,Bügel} =$ $F_{oben}/A_{s,Bügel}$	F_{unten}	$\Delta F =$ $(F_{oben} - F_{unten})$	$\Delta \sigma_{Rs,Bügel} =$ $\Delta F/A_{s,Bügel}$	Anzahl der Lastwechsel
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[KN]	[N/mm ²]	[KN]	[KN]	[N/mm ²]	
27	198 / 295	31	274	12	19	168	1.482.897



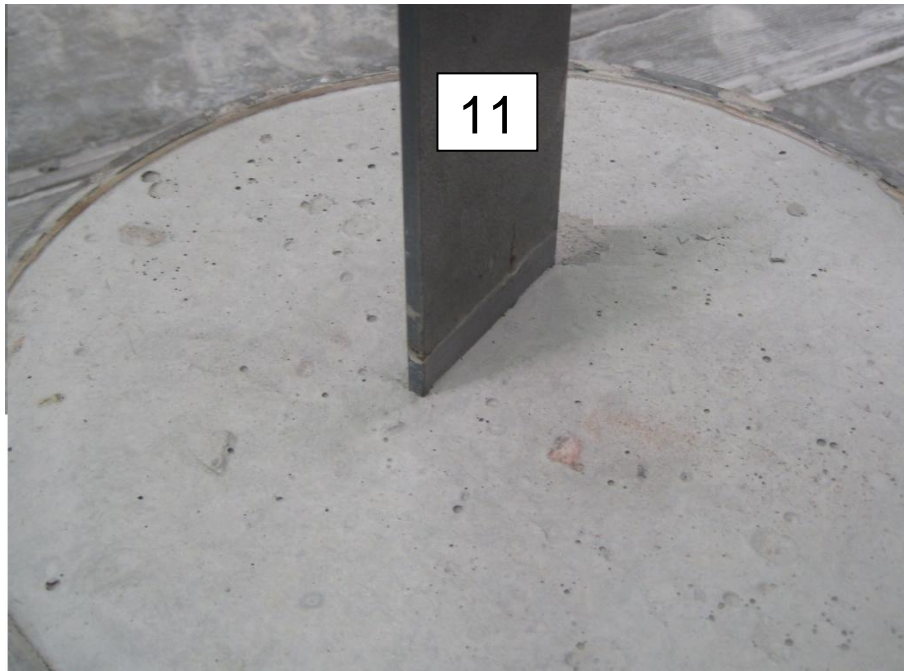
Prüfkörper L10 nach dem Versagen



Schadensbild am Blech L10

Prüfkörper: L11-2011

Beton $f_{c,cube}$	Blech f_y / f_u	F_{oben}	$\sigma_{oben,Bügel} =$ $F_{oben}/A_{s,Bügel}$	F_{unten}	$\Delta F =$ $(F_{oben} - F_{unten})$	$\Delta\sigma_{Rs,Bügel} =$ $\Delta F/A_{s,Bügel}$	Anzahl der Lastwechsel
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[KN]	[N/mm ²]	[KN]	[KN]	[N/mm ²]	
28	198 / 295	31	274	5	26	230	163.532



Prüfkörper L11 nach dem Versagen

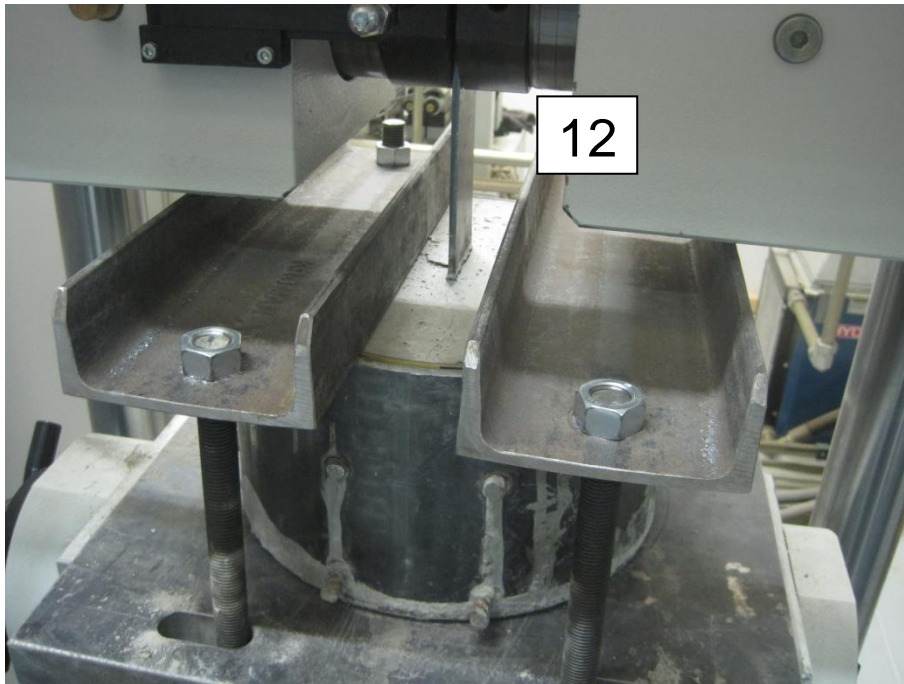


Schadensbild am Blech L11

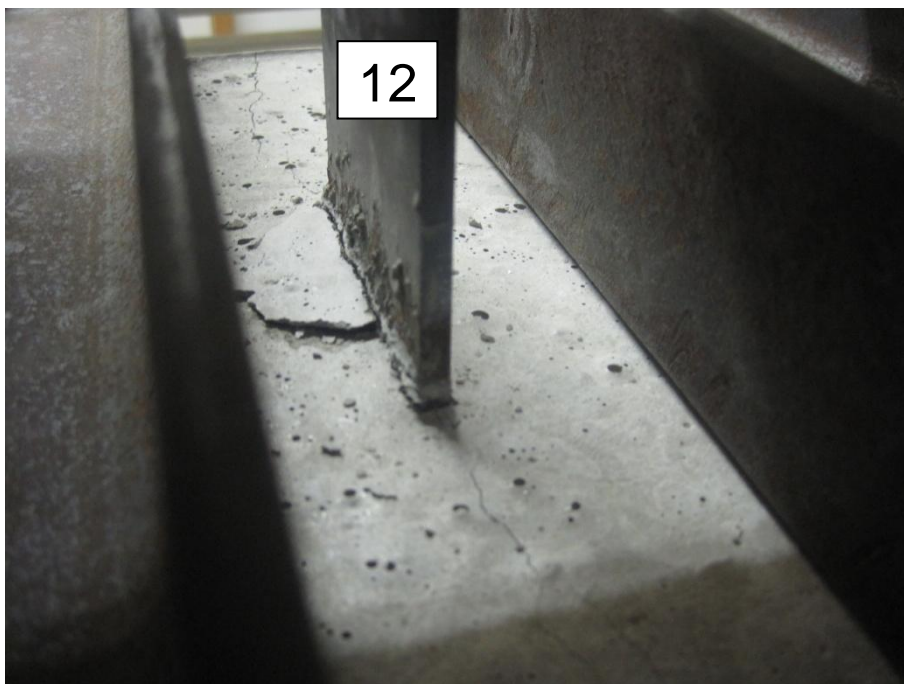
Prüfkörper: L12-2011

Beton $f_{c,cube}$	Blech f_y / f_u	F_{oben}	$\sigma_{oben,Bügel} =$ $F_{oben}/A_{s,Bügel}$	F_{unten}	$\Delta F =$ $(F_{oben} - F_{unten})$	$\Delta\sigma_{Rs,Bügel} =$ $\Delta F/A_{s,Bügel}$	Anzahl der Lastwechsel
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[KN]	[N/mm ²]	[KN]	[KN]	[N/mm ²]	
31	292 / 393	31	274	23	8	71	12.000.000 ^(*)

(*) Versuch wurde bei der angegebenen Anzahl der Lastwechsel ohne Versagen beendet



Prüfkörper L12 im eingebauten Zustand



bisheriges Schadensbild am Blech L12