Prüfbericht Nr.: 16/655/0276

Titel: Zug- und Biegeversuche an Spundwandschlossprofilabschnitten

Auftraggeber: SteelWall ISH GmbH
Tassilostr. 21
82166 Gräfelfing

1. Vorbemerkung

1.1 Angaben des Auftraggebers

Prüfgegenstand: STEELWALL-Profile, Typbezeichnung siehe 1.3
Probeneingang: 2. 11. 2015 / 6. 3. 2015 / 24. 4. 2015 / 30. 3. 2016 / 9. 5. 2016 / 25. 5. 2016
Werkstoff: S355

1.2 Ziel der Untersuchung

Ermittlung des Verformungs- und Versagensverhaltens der Schlossprofile mittels Biege- und Zugversuch

1.3 Probenbezeichnung

Probe-Nr.	*Profilbezeichnung*
1 / 2 / 3	SteelWall Schlossprofil LBP300-20
4 / 5 / 6	SteelWall Schlossprofil LBP300-16
7 / 8 / 9 / 10	SteelWall Schlossprofil LBP180-12
11 / 12 / 13	SteelWall Schlossprofil LBP180-10
14 / 15 / 16	SteelWall Schlossprofil LBP100-10
17 /18	SteelWall Schlossprofil FD180-12
19 / 20	SteelWall Schlossprofil FD300-12
21 / 22	SteelWall Schlossprofil PZM-US / PZF-US

GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV

1.4 Durchzuführende Untersuchungen

- Zugversuch am Bauteil
- Bauteil-Biegeversuch, frei auskragend
- Bauteil-Biegeversuch, Dreipunktbiegung

2. Ergebnisse

2.1 Zugversuch am Bauteil

Zur Ermittlung des Versagensverhaltens unter Zugbeanspruchung wurden Zugversuche an gekuppelten Schlossprofilpaaren durchgeführt. Um diese Versuche mittels einer Standard-Zugprüfmaschine (Typ Schenck-Trebel UPM400) durchführen zu können, wurden die Profile in ca. 50 mm breite Streifen geschnitten, gekuppelt, eingespannt und axial auf Zug belastet, wobei die Zugkraft bis zum Versagen der Verbindung zwischen den Profilabschnitten durch entsprechende Verformung oder bis zum Bruch eines Bauteils kontinuierlich erhöht wurde. Der Zugversuch folgt dabei im Wesentlichen ISO 6892-1:2009 B, mit einer konstanten Spannungszunahmegeschwindigkeit im zulässigen Intervall zwischen 6 MPa/s und 60 MPa/s.
Um die Proben der Profiltypen LBP100-10 und PZM-US / PZF-US in der Spannvorrichtung der Prüfmaschine aufnehmen zu können, wurden an die Profilabschnitte entsprechende Verlängerungsstücke angeschweißt (siehe Bild 15). Die Zugversuche an den einzelnen Profiltypen sind in den Bildern 1 bis 16 dokumentiert, jeweils mit einem Bild vor und nach dem Versuch.
Bezieht man die im Versuch erreichte Maximalkraft auf die geprüfte Profilabschnittslänge, so erhält man die längenbezogene Maximalbelastbarkeit des jeweils geprüften Profils als eine charakteristische Größe zur Bemessung derartiger Verbindungen.
Die Ergebnisse der durchgeführten Zugversuche sind in typischen international gebräuchlichen Einheiten der nachstehenden Tabelle zu entnehmen, sowie die Versuchsanordnung und das Versagensverhalten den nachfolgenden Bildern 1 bis 16.

GSI Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH Niederlassung SLV München GSI SLV

Tabelle 1: Zugversuche an Bauteilen, Ergebnisse

Proben-Nr.	*F_m* [kN] / [lb]*	*Länge des Profil-abschnittes [mm] / [in]*	*längenbezogene Maximalbelastbarkeit [kN/m] / [t/m] / [kip/in]*
1 (LBP300-20)	140,5 / 31.585,63	51,2 / 2,016	2.744,14 / 279,82 / 15,67
4 (LBP300-16)	92,5 / 20794,81	50,6 / 1,992	1.828,06 / 186,41 / 10,44
7 (LBP180-12)	76,5 / 17.197,87	50,9 / 2,004	1.502,95 / 153,26 / 8,58
11 (LBP180-10)	51,0 / 11.465,25	49,7 / 1,957	1.026,16 / 104,64 / 5,86
14 (LBP100-10)	49,0 / 11.015,63	50,0 / 1,969	980,00 / 99,93 / 5,60
17 (FD180-12)	298,0 / 66.993,00	51,0 / 2,008	5.843,14 / 595,83 / 33,37
19 (FD300-12)	317,5 / 71.376,77	50,3 / 1,980	6.312,13 / 643,66 / 36,04
21 (PZM/PZF)	102,0 / 22.930,49	49,7 / 1,957	2.052,31 / 209,28 / 11,72

Tabelle 1: Bauteil-Zugversuch in Anlehnung an ISO 6892-1:2009 B;
**Höchstkraft bis zum Versagen durch Deformation oder Bruch.*
Sachbearbeiter / Datum: M. Renner / 15.04.2015, 06.11.2015, 11.04.2016 und 01.06.2016

Bild 1:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 1 (LBP300-20),
Versuchsanordnung

Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV München

Bild 2:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 1 (LBP300-20),
nach Versuch, Versagen durch Deformation

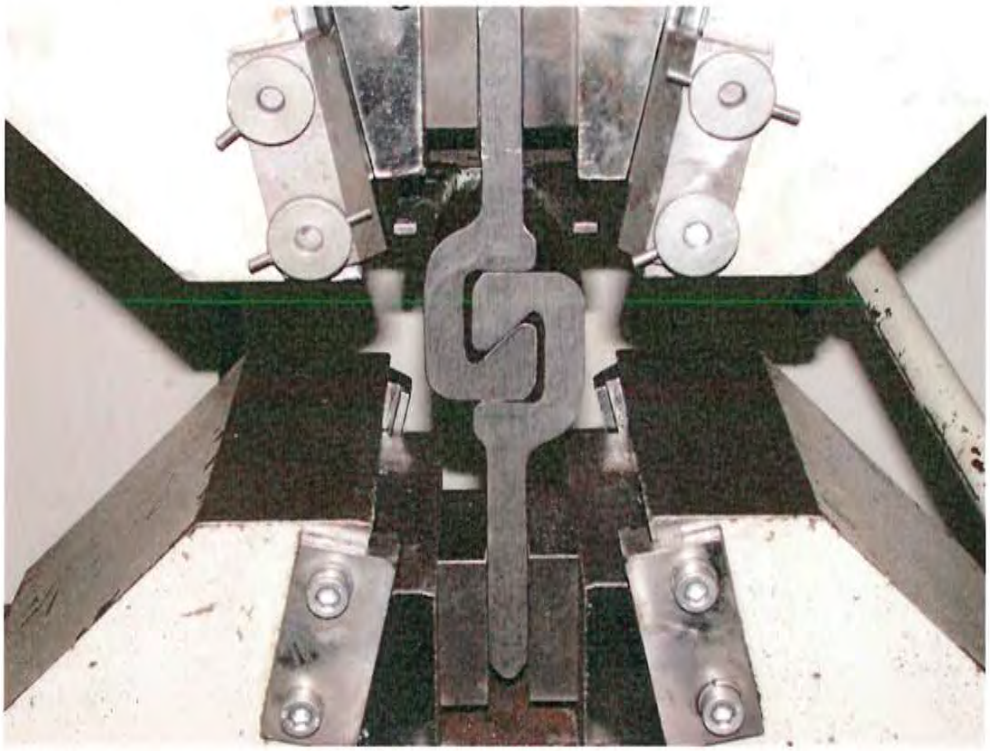

Bild 3:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 4 (LBP300-16),
Versuchsanordnung

GSI · Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV München

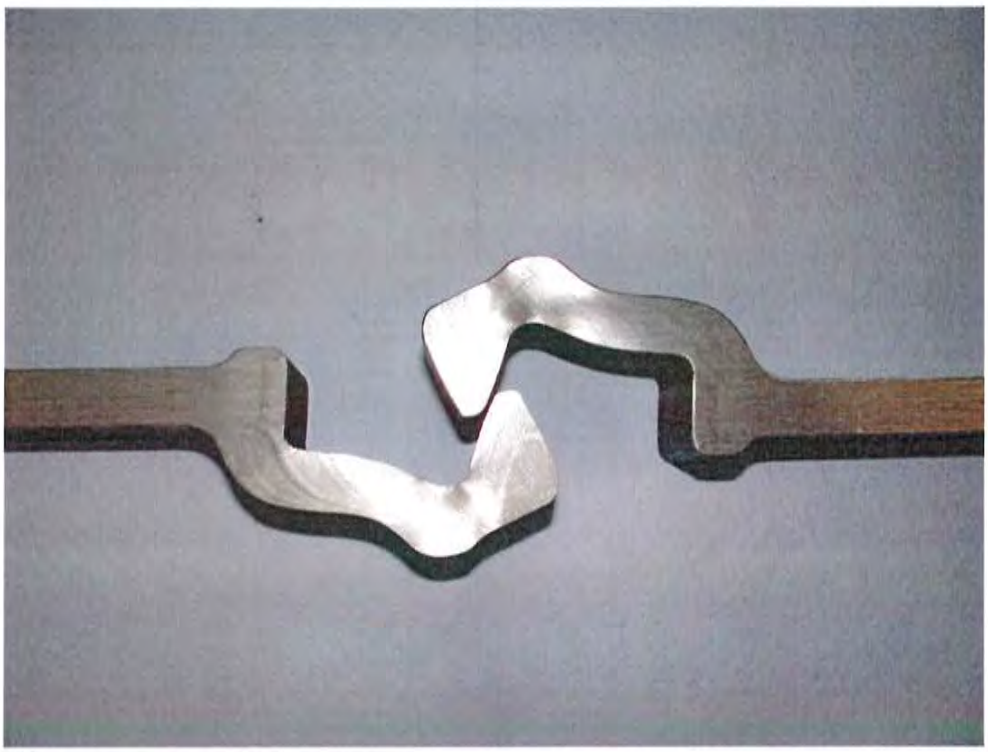

Bild 4:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 4 (LBP300-16),
nach Versuch, Versagen durch Deformation

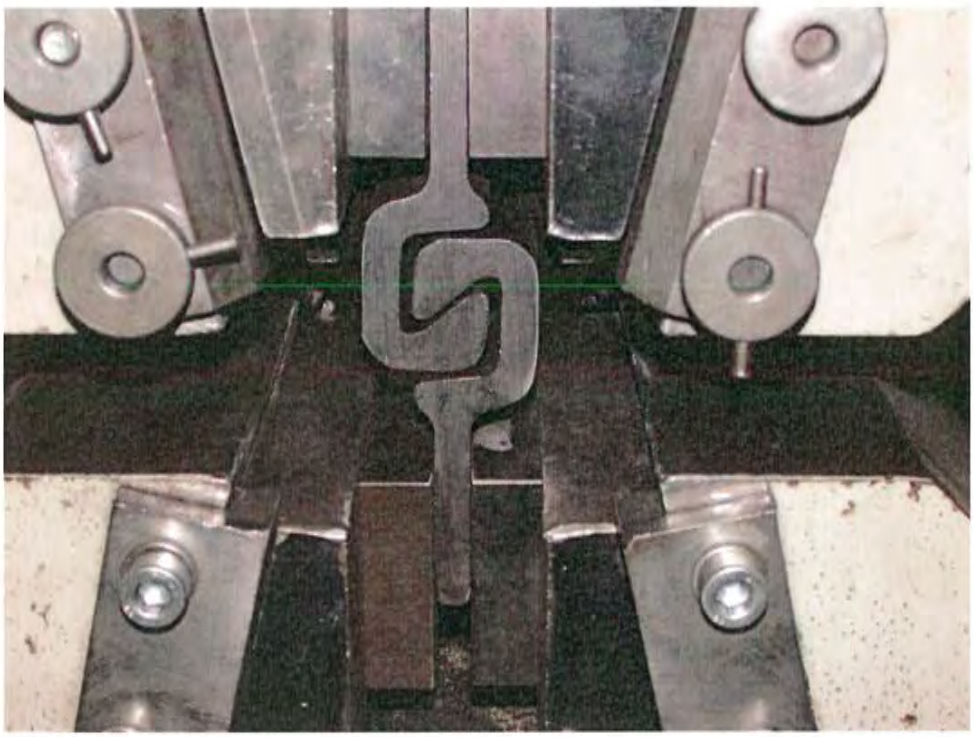

Bild 5:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 7 (LBP180-12),
Versuchsanordnung

Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH · Niederlassung SLV München · GSI SLV

Bild 6:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 7 (LBP180-12),
nach Versuch, Versagen durch Deformation

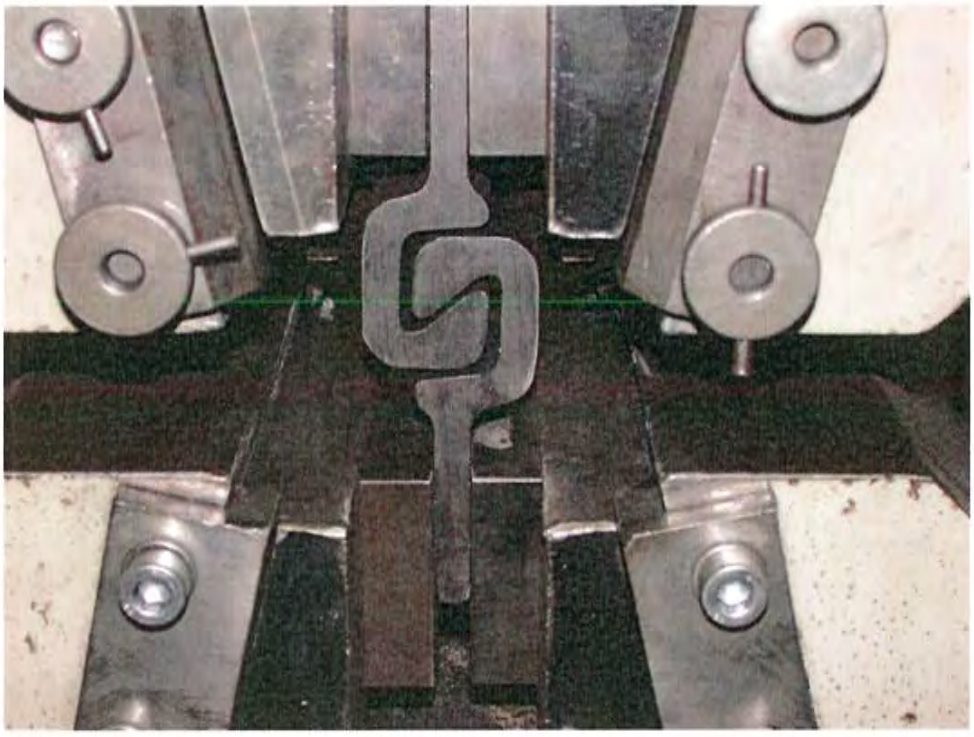

Bild 7:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 11 (LBP180-10),
Versuchsanordnung

GSI Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV München

Bild 8:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 11 (LBP180-10),
nach Versuch, Versagen durch Deformation

Bild 9:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 14 (LBP100-10),
Versuchsanordnung

Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV München

Bild 10:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 14 (LBP100-10),
nach Versuch, Versagen durch Deformation

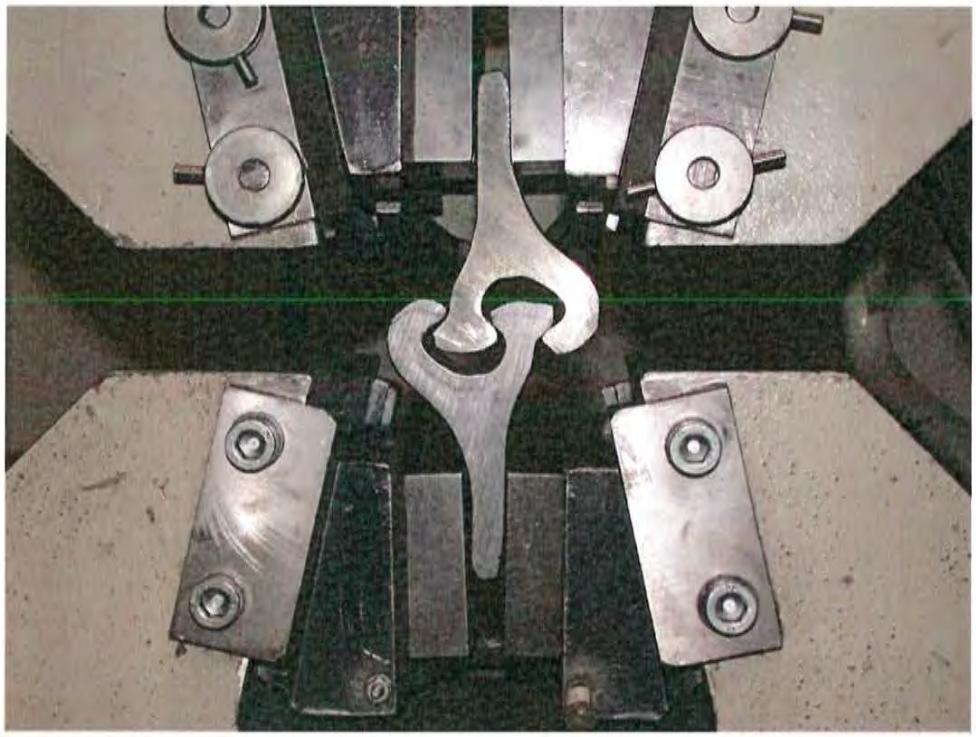

Bild 11:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 17 (FD180-12),
Versuchsanordnung

GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH Niederlassung SLV München
GSI SLV München

Bild 12:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 17 (FD180-12),
nach Versuch, Versagen durch Deformation

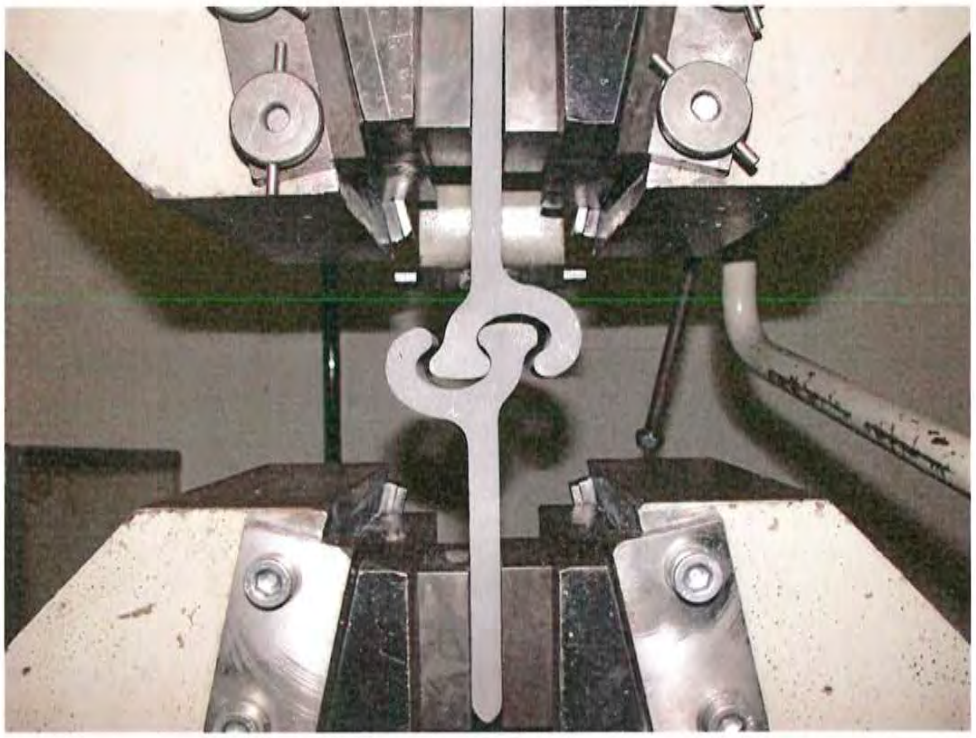

Bild 13:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 19 (FD300-12),
Versuchsanordnung

GSI Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH Niederlassung SLV München
GSI SLV München

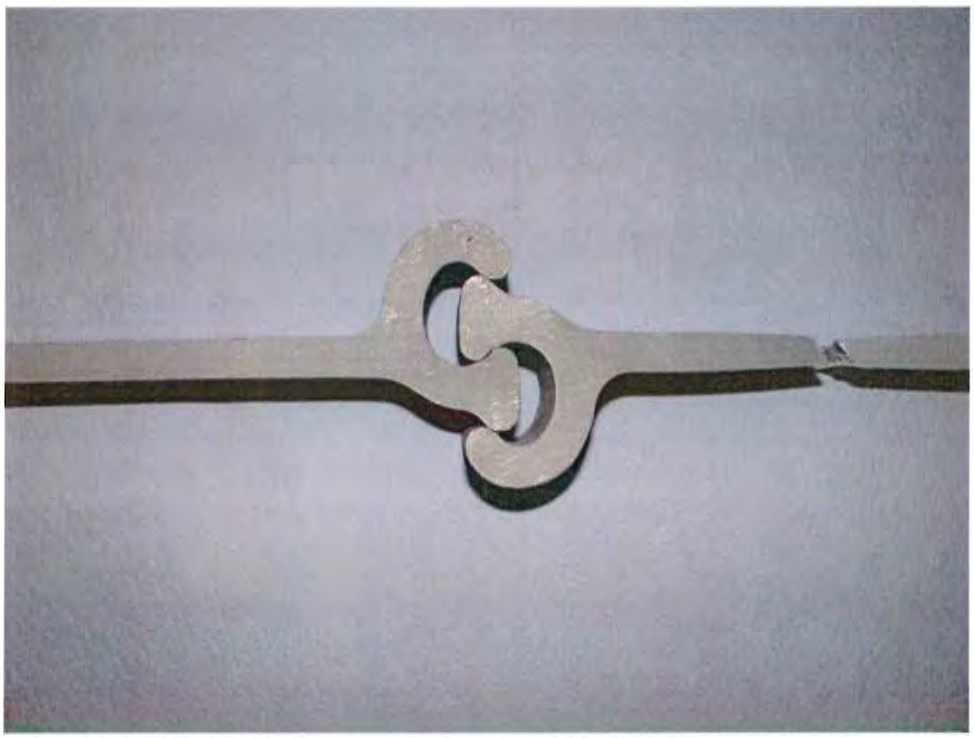

Bild 14:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 19 (FD300-12),
nach Versuch, Versagen durch Bruch

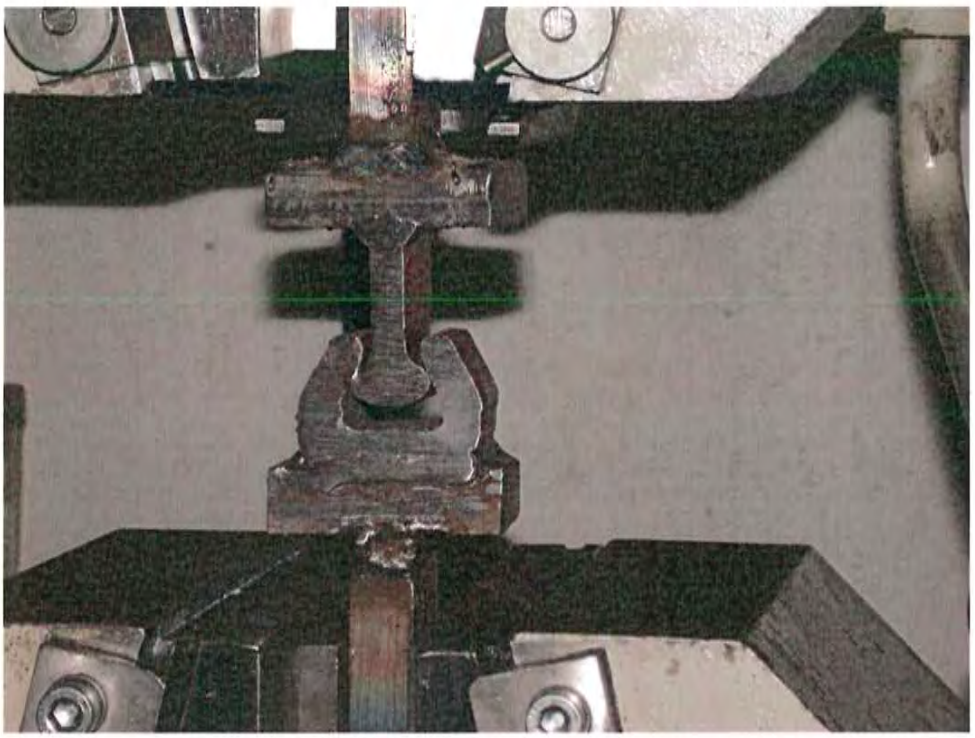

Bild 15:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 21 (PZM/PZF),
Versuchsanordnung

GSI Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH Niederlassung SLV München
GSI SLV
7

Bild 16:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 21 (PZM/PZF),
nach Versuch, Versagen durch Deformation

2.2 Bauteil-Biegeversuch

Zur Überprüfung des Verhaltens auf Biegebeanspruchung wurden entsprechende Versuche mit den Spundwandschlössern durchgeführt.
Simuliert wurde zum einen die Situation der festen Einspannung einer Schlosshälfte mit Beanspruchung auf Biegung durch entsprechende Krafteinleitung in der anderen Schlosshälfte hinter dem Schlossprofil. Dabei muß das Spundwandschloss die Biegebeanspruchung übertragen. Das entspricht mit Blick auf die eigentlichen Bauteile der Situation eines fest stehenden Spundwandelements, in das ein weiteres Element eingehängt ist, das um die Schlossverbindung frei beweglich ist.
Zum anderen erfolgte ein Versuch in Form einer Dreipunktbiegeprüfung, bei der ein Biegestempel auf das eingeklinkte Schloss drückt und die Abstützung an den Anschweißenden der Schlossprofile erfolgt. Diese Prüfung simuliert eine Krafteinleitung auf die Schlossverbindung bei frei beweglichen Spundwandelementen.
Die Versuche erfolgten analog zum Zugversuch wieder an ca. 50 mm langen Abschnitten der Schlossprofile. Die Durchführung der Versuche erfolgte wider mit der Universalprüfmaschine Schenck-Trebel UPM400.

GSI Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV
7

2.2.1 Bauteil-Biegeversuch, frei auskragend

Zur Aufnahme der Schlossprofilpaares wurde jeweils eine Schlosshälfte an ein Blech geschweißt und dieses an den Auflagerbock geschraubt (feste Einspannung). Als Biegestempel wurde ein Biegedorn mit Durchmesser 40 mm gewählt. Der Angriffspunkt für den Biegestempel liegt an der äußeren Seite der zweiten Schlosshälfte. Außerdem wurde bei der Versuchsdurchführung die bei der Verformung maximal auftretende Kraft F_m ermittelt. Die Bilder 17, 20, 23, 26, 29 und 32 zeigen jeweils den Versuchsaufbau und die Proben vor dem Biegeversuch.
Die Bilder 18, 19, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 33 und 34 dokumentieren jeweils die Profile nach dem Biegeversuch. Die Deformation fand bei dieser Beanspruchung bei allen Proben ausschließlich in dem Bereich der Anschweißfahne und der Schweißverbindung auf. Die Schlossprofile selbst zeigten keine erkennbare Verformung. Die Ergebnisse dieser Bauteil-Biegeversuche sind in typischen international gebräuchlichen Einheiten der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 2: Bauteil-Biegeversuche, frei auskragend, Ergebnisse

Proben-Nr.	***Länge des Profil-abschnittes [mm] / [in]***	***F_m [kN] / [lb]***	***längenbezogene Maximalbelastbarkeit [kN/m] / [t/m] / [kip/in]***
2 (LBP300-20)	50,9 / 2,004	13,3 / 2.989,96	261,30 / 26,64 / 1,49
5 (LBP300-16)	50,5 / 1,988	8,9 / 2.000,80	176,24 / 17,97 / 1,01
8 (LBP180-12)	46,6 / 1,835	7,6 / 1.708,55	163,09 / 16,63 / 0,93
9 (LBP180-12)	43,1 / 1,697	7,2 / 1.618,62	167,05 / 17,03 / 0,95
12 (LBP180-10)	50,0 / 1,969	6,0 / 1.348,85	120,00 / 12,24 / 0,69
15 (LBP100-10)	50,0 / 1,969	10,8 / 2.427,93	216,00 / 22,03 / 1,23

Tabelle 2 wird umseitig fortgesetzt

GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH Niederlassung SLV München
GSI SLV

Tabelle 2, Fortsetzung

Proben-Nr.	*Max. Biegewinkel unter Belastung [°]*	*Biegewinkel nach Versuch [°]*	*Schweißverbindung, a-Maß [mm]*
2 (LBP300-20)	ca. 45	33	ca. 10
5 (LBP300-16)	ca. 45	33	ca. 6
8 (LBP180-12)	ca. 45	41	ca. 6
9 (LBP180-12)	ca. 45	42	ca. 6
12 (LBP180-10)	ca. 45	43	ca. 6
15 (LBP100-10)	ca. 45	35	ca. 6

Tabelle 2: Bauteil-Biegeversuch, frei auskragend
Sachbearbeiter / Datum: M. Renner / 15.05.2015 und 26.04.2016

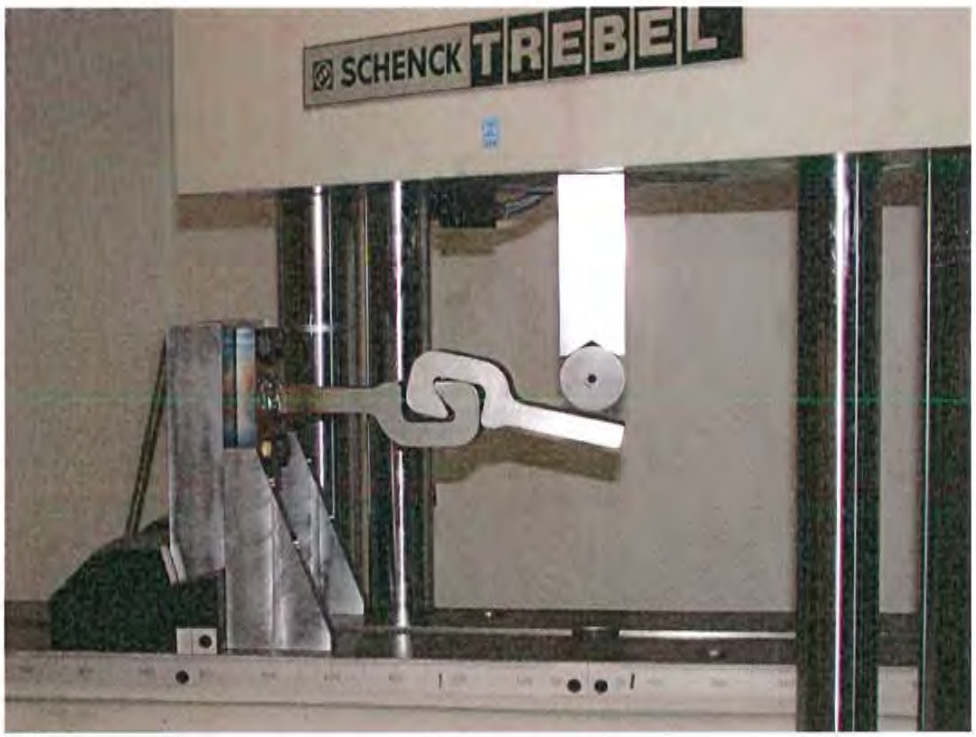

Bild 17:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 2 (LBP300-20),
Versuchsanordnung

Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV

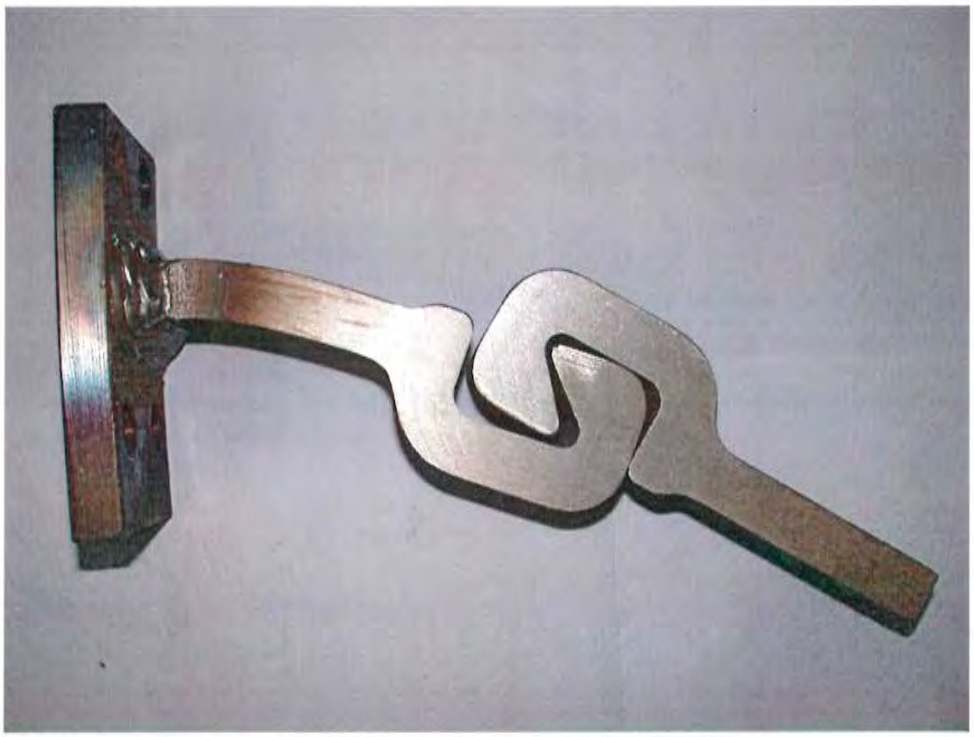

Bild 18:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 2 (LBP300-20),
Deformation nach Versuch

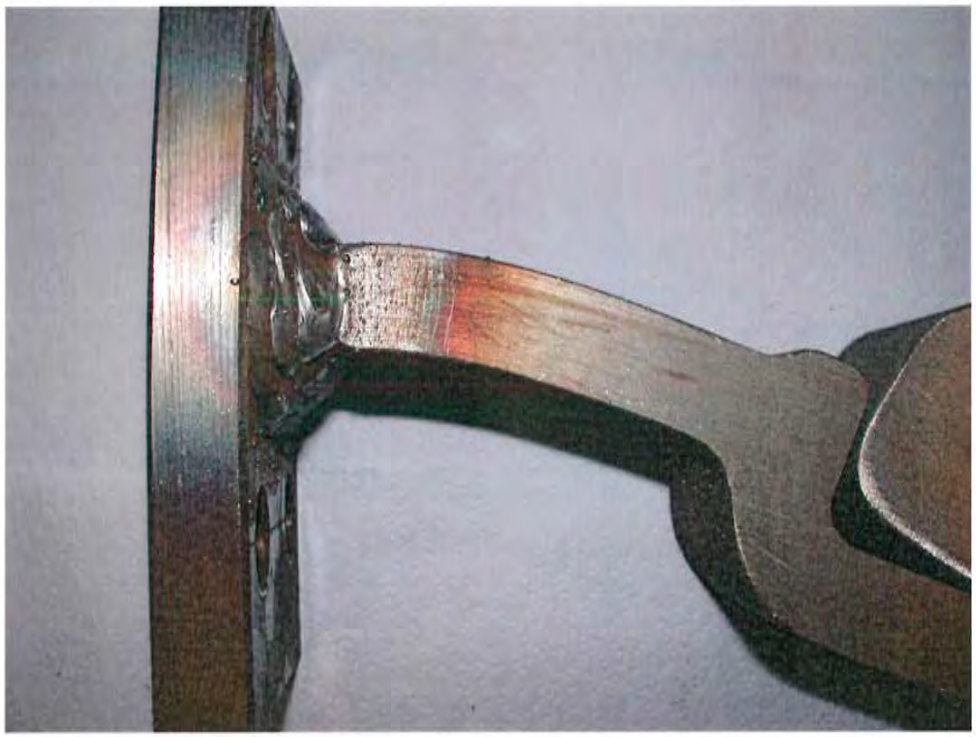

Bild 19:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 2 (LBP300-20),
Deformation nach Versuch

GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV München
7

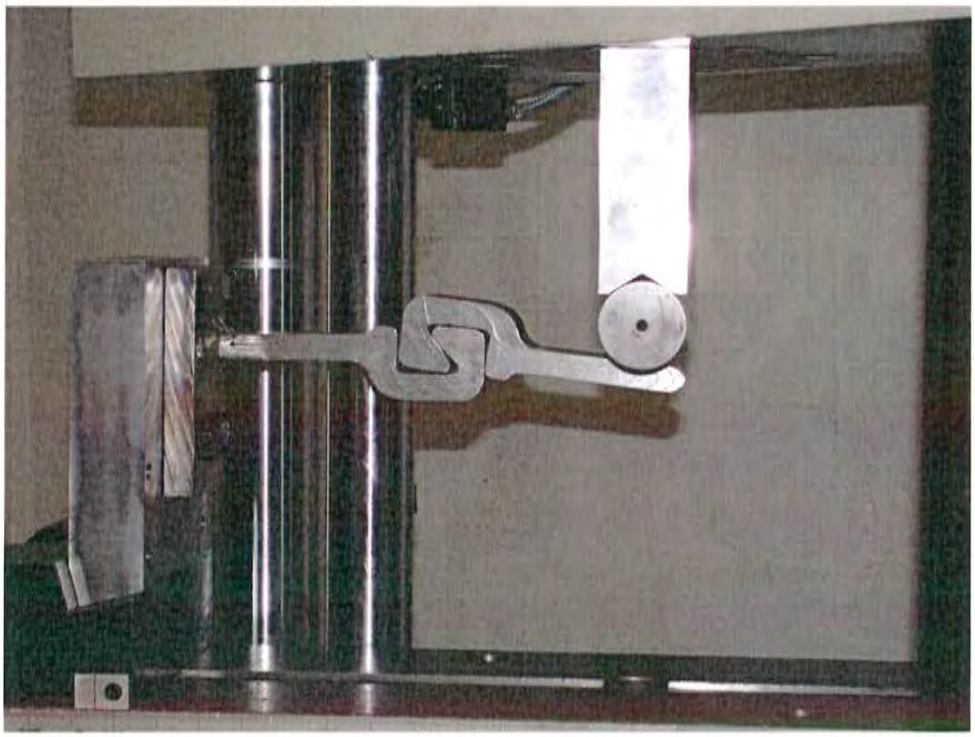

Bild 20:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 5 (LBP300-16),
Versuchsanordnung

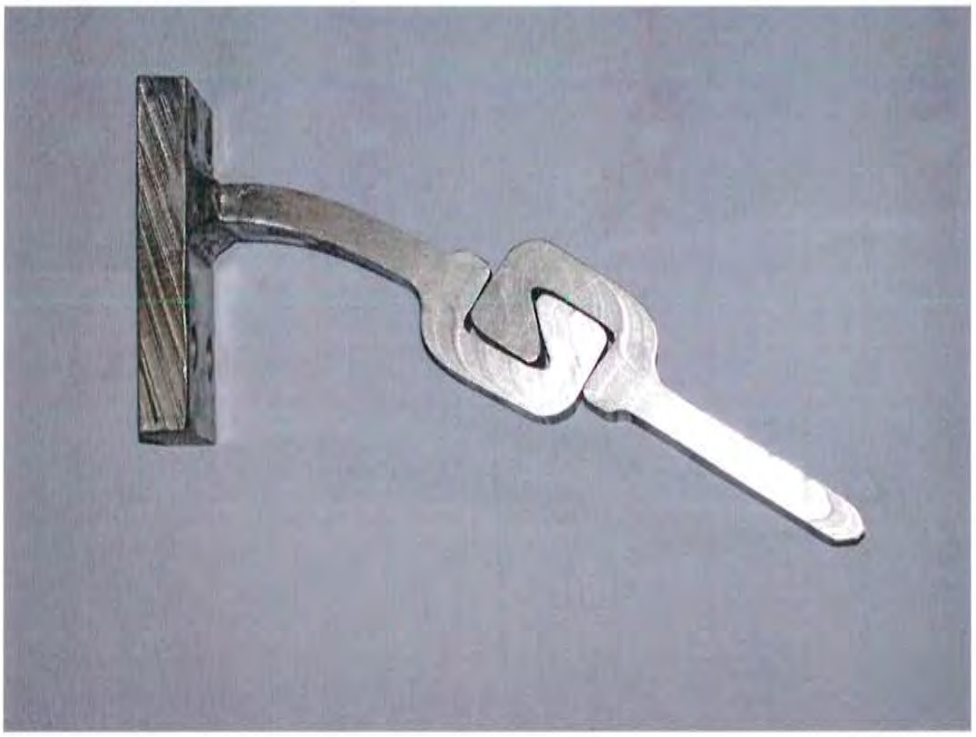

Bild 21:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 5 (LBP300-16),
Deformation nach Versuch

GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV München

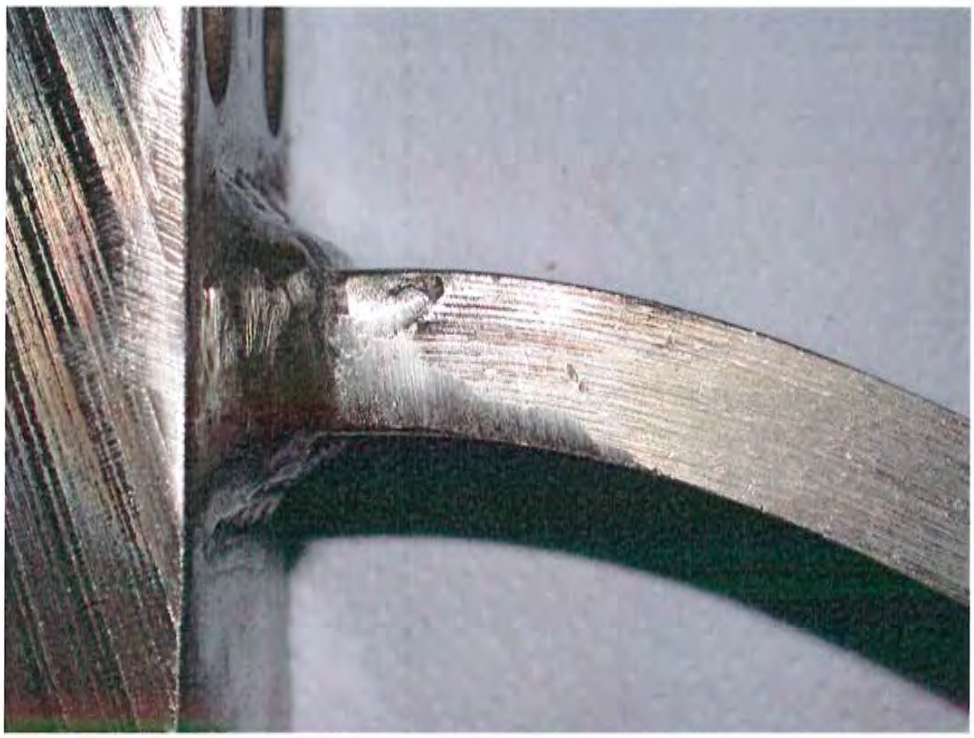

Bild 22:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 5 (LBP300-16),
Deformation nach Versuch

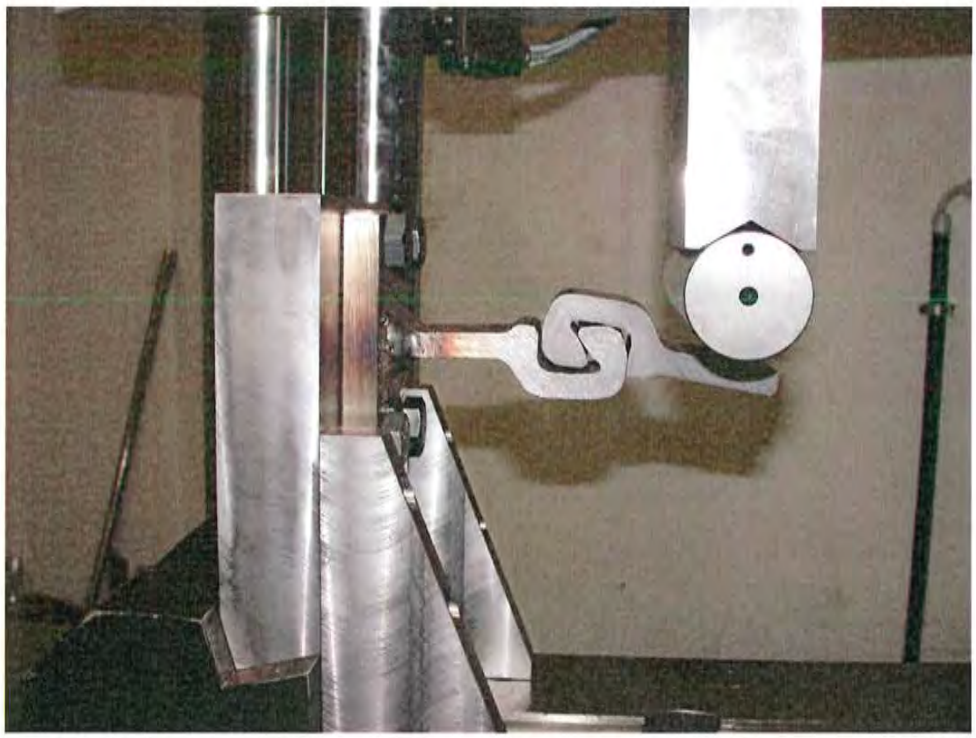

Bild 23:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 8 (LBP180-12),
Versuchsanordnung

GSI Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH Niederlassung SLV München
GSI SLV München
7

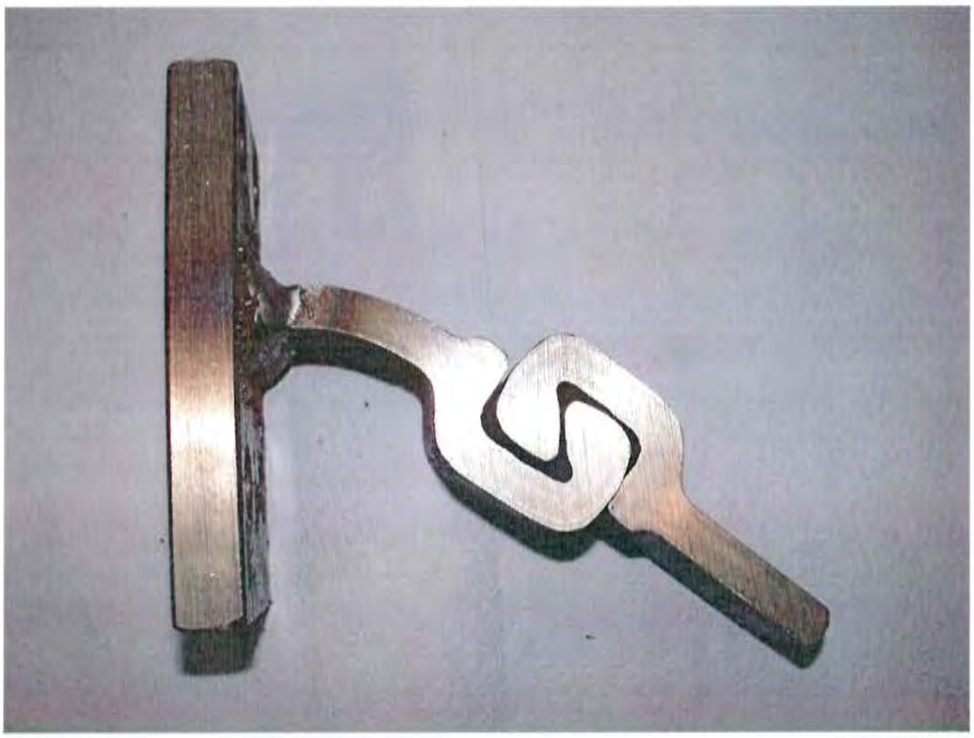

Bild 24:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 8 (LBP180-12),
Deformation nach Versuch

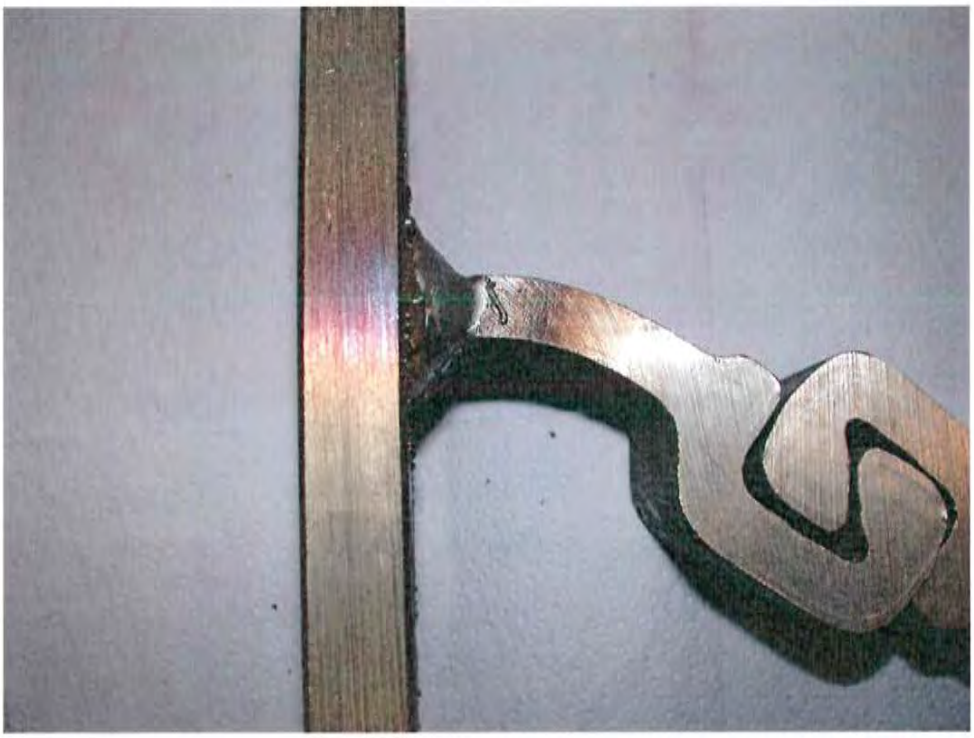

Bild 25:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 8 (LBP180-12),
Deformation nach Versuch

GSI Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH Niederlassung SLV München
GSI SLV München

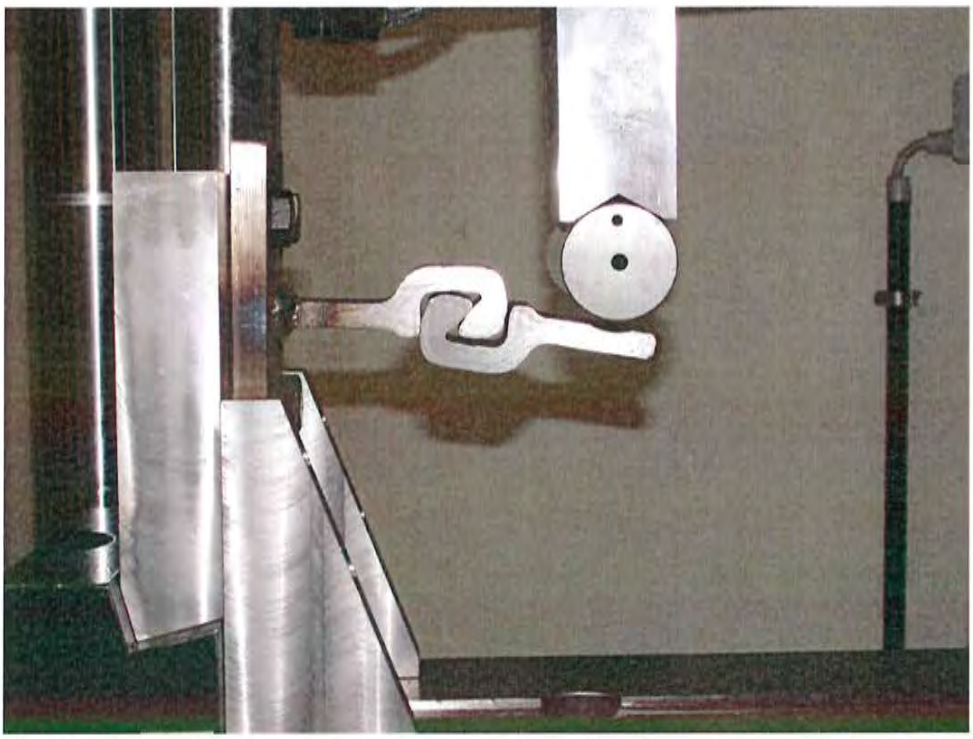

Bild 26:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 9 (LBP180-12),
Versuchsanordnung

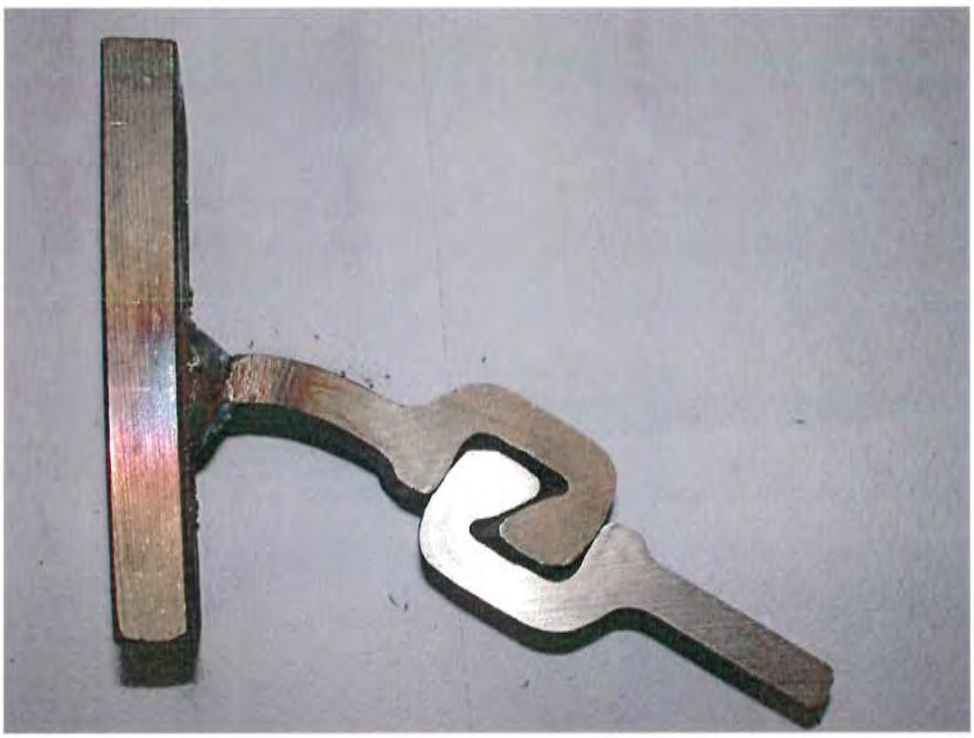

Bild 27:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 9 (LBP180-12),
Deformation nach Versuch

GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV München

Bild 28:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 9 (LBP180-12),
Deformation nach Versuch

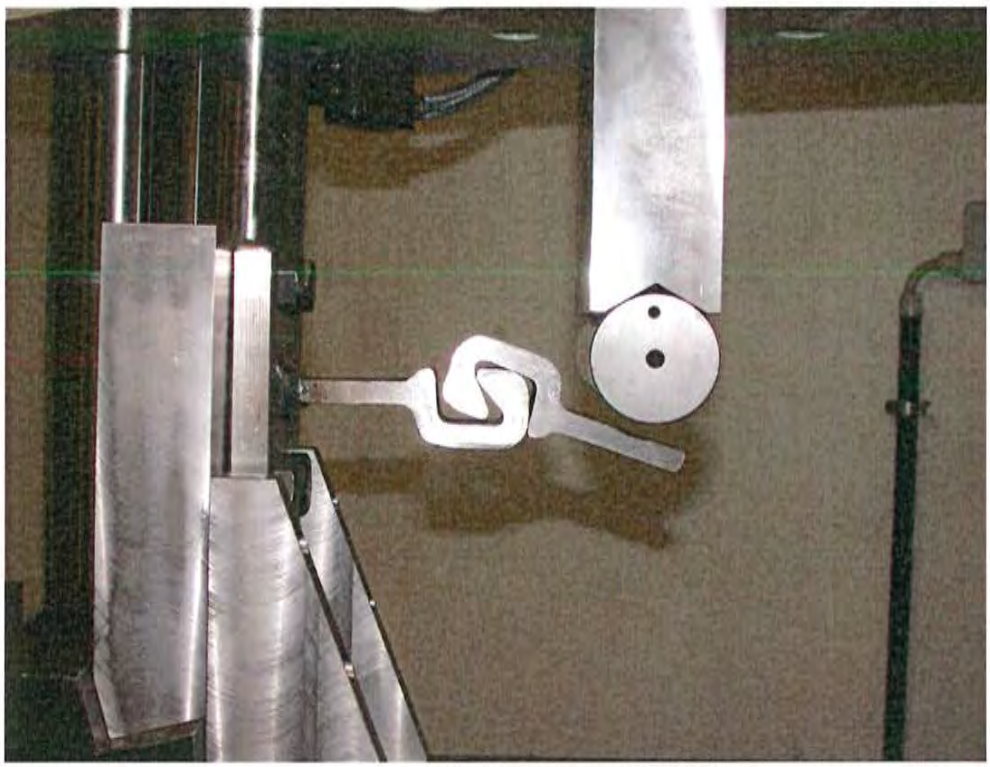

Bild 29:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 12 (LBP180-10),
Versuchsanordnung

GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV München

Bild 30:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 12 (LBP180-10),
Deformation nach Versuch

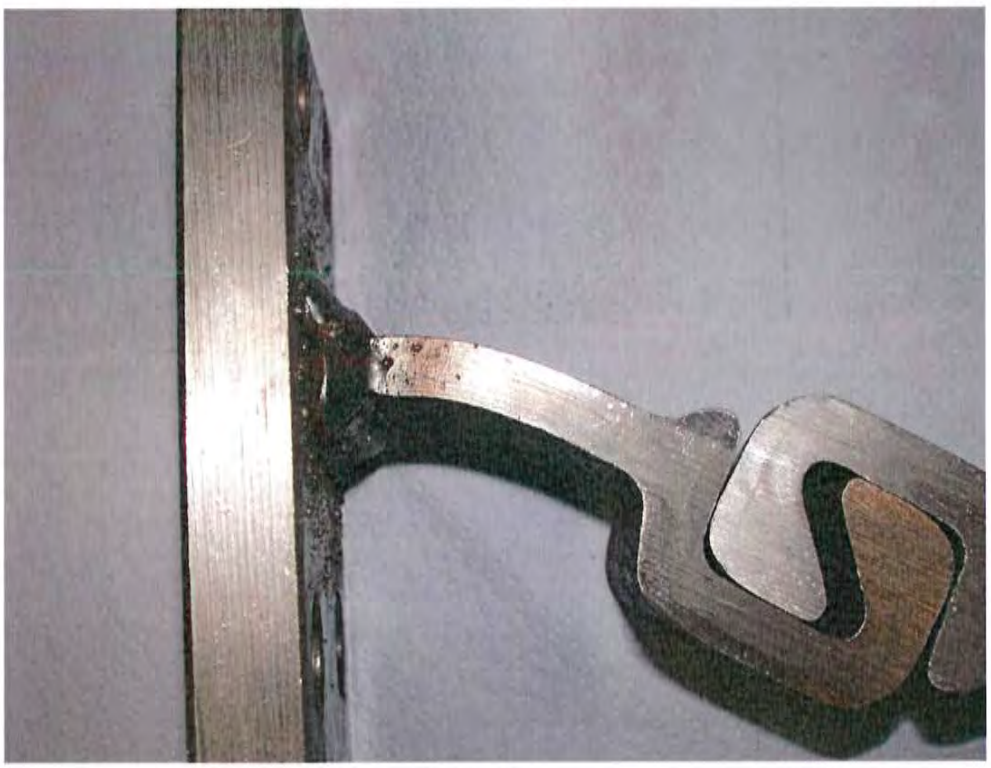

Bild 31:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 12 (LBP180-10),
Deformation nach Versuch

GSI Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH Niederlassung SLV München
GSI SLV München

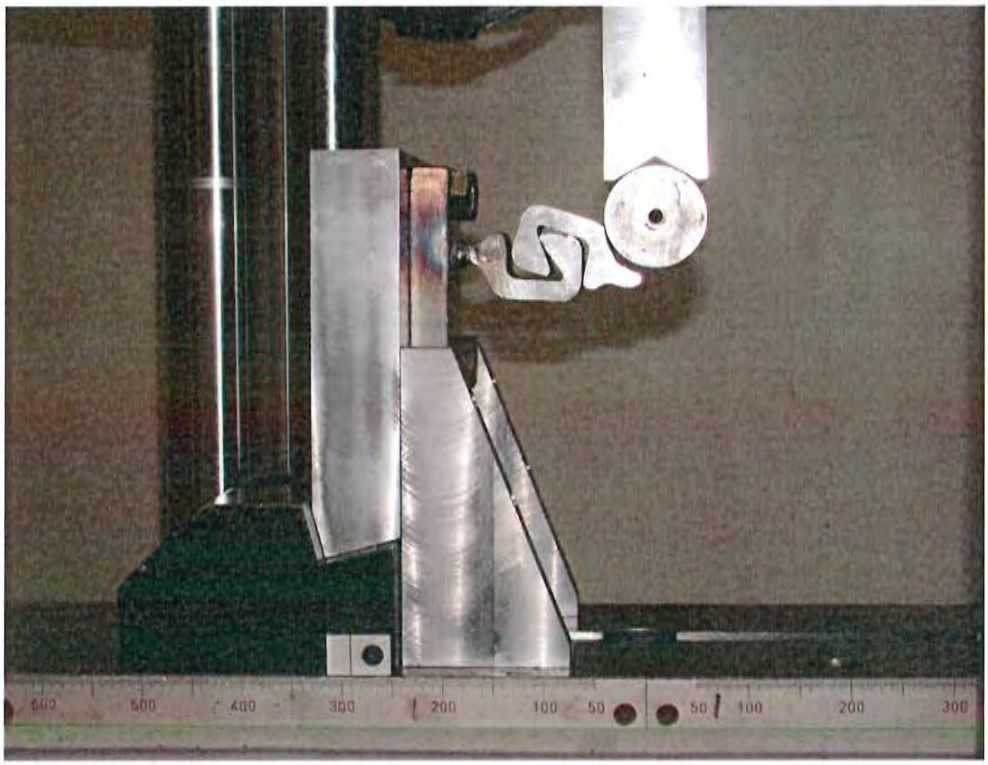

Bild 32:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 15 (LBP100-10),
Versuchsanordnung

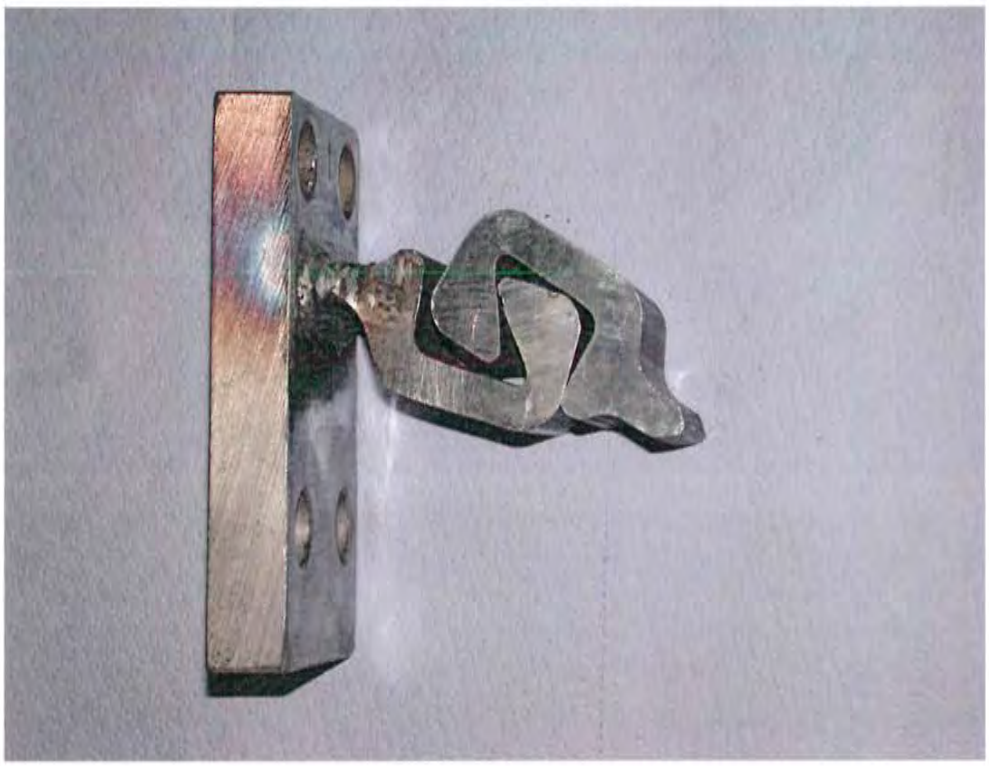

Bild 33:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 15 (LBP100-10),
Deformation nach Versuch

GSI Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV München

Bild 34:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 15 (LBP100-10),
Deformation nach Versuch

2.2.2 Bauteil-Biegeversuch, Dreipunktbiegung

Um für die Dreipunktbiegeprüfung die Proben sicher lagern zu können wurden die kurzen Profile der Proben PZM-US / PZF-US durch Anschweißen von Blechen verlängert. Als Biegestempel wurde ein Biegedorn mit Durchmesser 40 mm gewählt, für die Profile PZM-US/PZF-US lag der Durchmesser bei 20 mm. Das Profil FD180-12 erreichte einen Biegewinkel von ca. 105° und das Profil PZM-US/PZF-US ca. 65°. Alle anderen Proben wurden bis ca. 180° gebogen. In den Bildern 36 bis 43 sind die einzelnen Profile nach dem erfolgten Biegeversuch dokumentiert.
Im Bild 35 ist die Versuchsvorrichtung für die Biegeversuche dargestellt.
Die Ergebnisse der Biegeversuche können der umseitig folgenden Tabelle 3, wieder in typischen international gebräuchlichen Einheiten, entnommen werden.

GSI Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV München

Tabelle 3: Bauteil-Biegeversuche, Dreipunktbiegung, Ergebnisse

Proben-Nr.	*Stützrollen-abstand [mm]*	*Länge des Profilab-schnittes [mm] / [in]*	*F_m [kN] / [lb]*	*längenbezogene Maximalbelastbarkeit [kN/m] / [t/m] / [kip/in]*
3 (LBP300-20)	130	50,9 / 2,004	114 / 25.628,20	2.239,69 / 228,38 / 12,79
6 (LBP300-16)	130	50,6 / 1,992	65 / 14.612,57	1.284,58 / 130,99 / 7,34
10 (LBP180-12)	81	52,6 / 2,071	71 / 15.961,42	1.349,81 / 137,64 / 7,71
13 (LBP180-10)	65	49,4 / 1,945	48 / 10.790,82	971,66 / 99,08 / 5,55
16 (LBP100-10)	58	50,1 / 1,972	80 / 17.984,70	1.596,81/ 162,83 / 9,12
18 (FD180-12)	100	49,7 / 1,957	73 / 16.411,04	1.468,81 / 149,78 / 8,39
20 (FD300-12)	80	51,6 / 2,031	114 / 25.628,2	2.209,3 / 225,29 / 12,62
22 (PZM/PZF)	150	49,4 / 1,945	40 / 8.992,35	809,72 / 82,57 / 4,62

Tabelle 3: Bauteil-Biegeversuch, Dreipunktbiegung
Sachbearbeiter / Datum: M. Renner / 15.04.2015, 06.11.2015, 11.05.2016 und 01.06.2016

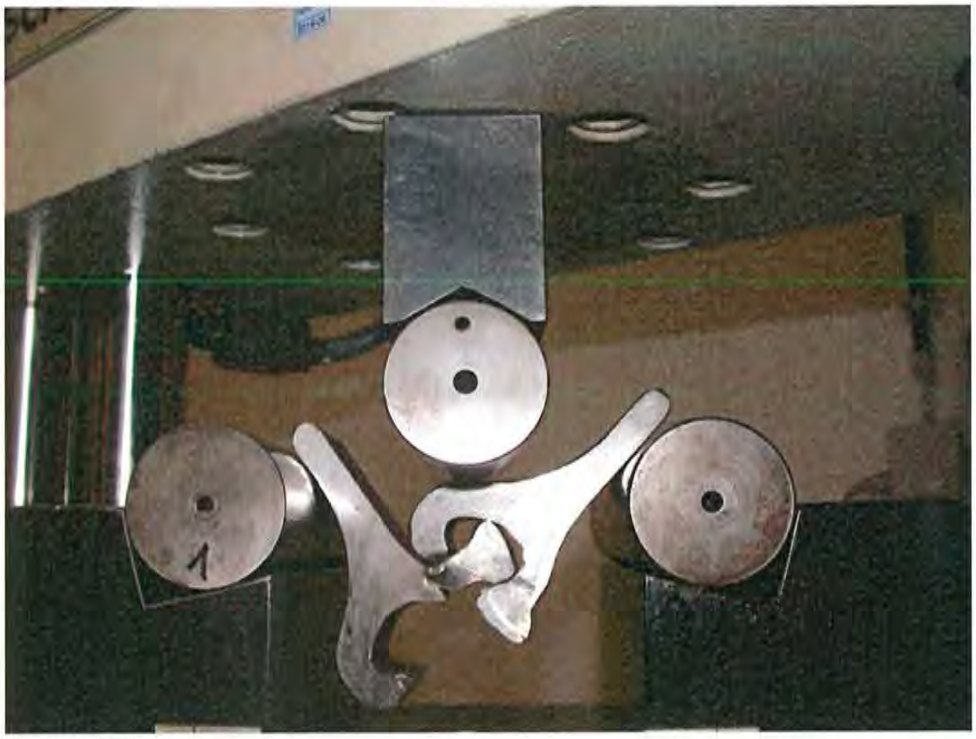

Bild 35:
Übersichtsaufnahme, Biegevorrichtung

GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH Niederlassung SLV München

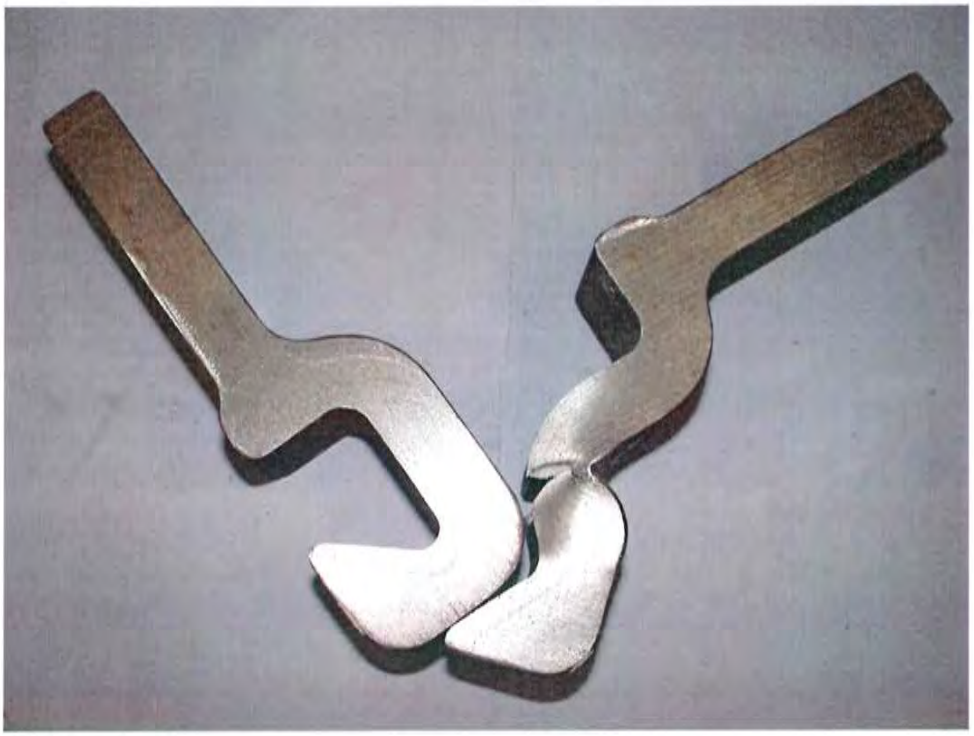

Bild 36:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 3 (LBP300-20),
Deformation mit Bruch nach Versuch

Bild 37:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 6 (LBP300-16),
Deformation nach Versuch

GSI Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV München

Bild 38:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 10 (LBP180-12),
Deformation nach Versuch

Bild 39:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 13 (LBP180-10),
Deformation nach Versuch

GSI Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH Niederlassung SLV München

Bild 40:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 16 (LBP100-10),
Deformation nach Versuch

Bild 41:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 18 (FD180-12),
Deformation mit Bruch nach Versuch

GSI Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV München

Bild 42:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 20 (FD300-12),
Deformation nach Versuch

Bild 43:
Übersichtsaufnahme, Probe Nr. 22 (PZM/PZF),
Deformation nach Versuch

GSI - Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH
Niederlassung SLV München
GSI SLV München

Sachbearbeiter:
M. Renner

Laborleitung

München, den 18. Juli 2016
Re/mo