

Prüfbericht

Auftraggeber:



PREMIUM
MOUNTING
TECHNOLOGIES

Premium Mounting
Technologies GmbH & Co. KG
Energiepark 1
95365 Rugendorf

Prüfnorm:

DIN EN 62561-1 (VDE 0185-561-1) : 2017-12

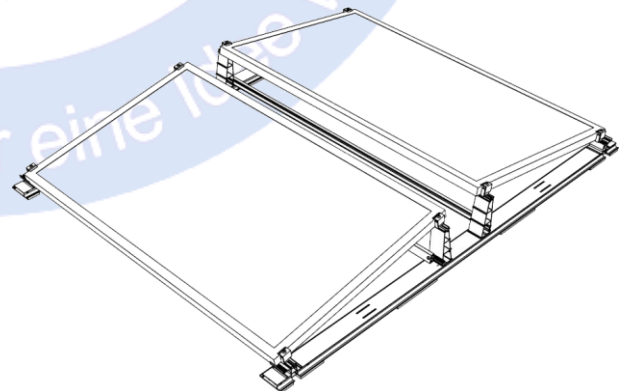
Prüfling:

Steckverbindungen des PV-Tragesystems

PMT EVO 2.0 EW 10° / 15°

PMT EVO 2.0 S 10° / 15°

(aufgeteilt in 4 Verbindungen)



Blitzschutzsystembauteile (LPSC) – Teil 1: Anforderungen an Verbindungsbauteile

Prüfbericht-Nr.:	JP190315-1
Prüfdatum:	11. - 14.03.2019 (Elektrische Prüfungen)
Prüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Herbert Ferstl

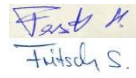
Prüflabor:	J. Pröpster GmbH Regensburger Str. 116 D-92318 Neumarkt i. d. OPf.	Auftraggeber:	PMT GmbH & Co.KG Energiepark 1 D-95365 Rugendorf
------------	--	---------------	--

Prüflinge:	Metallene Installationen (PV-Montagegestell EVO 2.0, unterteilt in die Verbindungen 1 bis 4)
• Verbindung 1	Endklemme (EK Typ 40) – Tower (EVO 2.0 T10 / T15 Typ 75) – Bodenprofil*1
• Verbindung 2	Endklemme (EK Typ 40) – Base (EVO 2.0 B10 / B15 Typ 75) – Bodenprofil*1
• Verbindung 3	Bodenprofil*1 – Base (EVO 2.0 B10 / B15 Typ 75) – Bodenprofil*1
• Verbindung 4	Tower (EVO 2.0 T10 / T15 Typ 75) – Querstrebe*2
<small>*1 Bestand der Prüfung ist die Verbindung zu einem Bodenprofil. Die unterschiedliche Länge von weiteren Bodenprofilen ist nicht ausschlaggebend für das Ergebnis dieser Untersuchung. Das Ergebnis dieser Prüfung kann deshalb auch für weitere Typen von Bodenprofilen angewandt werden (z.B. EVO 2.0 V1BP Typ 127 - V4BP Typ 567, etc.). *2 Bestand der Prüfung ist die Verbindung zwischen Tower und Querstrebe. Die unterschiedliche Länge von weiteren Querstreben ist nicht ausschlaggebend für das Ergebnis dieser Untersuchung. Das Ergebnis dieser Prüfung kann deshalb auch für weitere Typen von Querstreben angewandt werden (z.B. EVO 2.0 QBS Typ 1648 – Typ 1990, etc.).</small>	
Ausführung:	
• Verbindung 1	Aluminium (blank), Edelstahlschraube M8 x 35 mm
• Verbindung 2	Aluminium (blank), Edelstahlschraube M8 x 35 mm
• Verbindung 3	Aluminium (blank)
• Verbindung 4	Aluminium (blank), Edelstahlschraube M8 x 30 mm

Prüfung nach:	DIN EN 62561-1 (VDE 0185-561-1):2017-12 Die Prüfungen nach dieser Norm sind Typprüfungen
Einteilung / Prüfbedingungen:	➤ Die Verbindungen sind entsprechend der Blitzstromtragfähigkeit in die Klasse H eingeteilt. ➤ Der Einbauort der Prüflinge ist für eine allgemeine Verwendung vorgesehen. ➤ Die statisch-mechanische Prüfung ist nicht Bestandteil des Prüfauftrages. Der Impulsstrom I_{imp} wird durch eine exponentiell abklingende Prüfwellenform (10/350 μ s) entsprechend IEC 62305-1 realisiert.
Vorbereitung:	Verbindung 1 wird mit einem Anzugsdrehmoment von 12 Nm montiert (M8 x 35 mm). Verbindung 2 wird mit einem Anzugsdrehmoment von 12 Nm montiert (M8 x 35 mm). Verbindung 3 ist eine Steckverbindung und hat keinen Anzugsdrehmoment Verbindung 4 wird mit einem Anzugsdrehmoment von 5 Nm montiert (M8 x 30 mm).
Durchführung:	Die Anordnungen werden einer Alterung nach Absatz 6.3 der Prüfnorm unterzogen. Die Durchführung der Prüfung, nach obiger Prüfnorm, ist nachstehend detailliert beschrieben.

Prüfergebnis:	Drei Prüflinge jeder Verbindungsanordnung wurden den oben genannten Prüfungen unterzogen. Die Anordnungen wurden nach Klasse H geprüft. Die Prüflinge der jeweiligen Anordnungen haben die Anforderungen aus der Prüfvorschrift DIN EN 62561-1 (VDE 0185-561-1):2017-12 erfüllt. Die Prüfung gilt als bestanden.
---------------	---

Datum der Salznebelbehandlungen:	15.02. bis 18.02.2019; 18.02. bis 21.02.2019 (Prüfdauer: 3 Tage)
Datum der Schadgasbehandlungen:	18.02. bis 25.02.2019; 25.02. bis 04.03.2019 (Prüfdauer: 7 Tage)
Datum der elektrischen Prüfungen:	11. bis 14.03.2019
Datum der Berichtsausgabe:	04.04.2019
Verfassers des Berichts / Unterschrift des Prüfers:	Dipl.-Ing. (FH) Herbert Ferstl
Gelesen und genehmigt:	B. Eng. (FH) Sebastian Fritsch



J. Pröpster GmbH
Fabrik für Blitzschutz- und Erdungsmaterial
Regensburger Straße 116
92318 Neumarkt / Opf.

Telefon: 09181 / 25 90 - 0
Fax: 09181 / 25 90 - 10
E-Mail: info@proepster.de
Internet: www.proepster.de

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Prüfbericht Zusammenfassung	1
1. Prüfungen	3
1.1 Allgemeine Prüfbedingungen (DIN EN 62561-1, Absatz 6.1)	4
1.2 Prüfungsvorbereitung (DIN EN 62561-1, Absatz 6.2)	4
1.2.1 Anordnung der Prüflinge	4
1.2.2 Konditionierung/Alterung	5
1.3 Elektrische Prüfung (DIN EN 62561-1, Absatz 6.4)	6
1.3.1 Prüfparameter für den Blitzstrom	6
1.3.2 Bewertungskriterien	6
1.3.3 Prüfablauf	7
1.3.4 Auswertung der Prüfergebnisse	9
1.4 Statisch-mechanische Prüfung (DIN EN 62561-1, Absatz 6.5)	9
1.5 Prüfung der Kennzeichnung (DIN EN 62561-1, Absatz 6.6)	9
2. Prüfergebnis	10
3. Prüfaufbau und Messkreise	11
3.1 Anordnung der Prüflingsaufbauten	11
3.2 Aufbau des Prüfkreises	12
3.3 Übergangswiderstandsmessung	12
3.4 Drehmomentmessung	12
4. Prüfmittel und Messgeräte	13
Anhang A Oszillogramme der Prüfpulse	14
A.1 Prüfpulse – Verbindung 1	15
A.2 Prüfpulse – Verbindung 2	18
A.3 Prüfpulse – Verbindung 3	21
A.4 Prüfpulse – Verbindung 4	24
Anhang B Konditionierung/Alterung für Verbindungsbauteile	27
B.1 Salznebelbehandlung	27
B.2 Behandlung unter feuchter schwefeliger Atmosphäre	28
B.3 Erläuterungen zur Statusanzeige der Alterungsanlage	29

1. Prüfungen

Der Gesamtaufbau des PV-Gestells wurde in vier einzelne Verbindungselemente aufgegliedert und geprüft. Diese Teilaufbauten stellen die relevanten Verbindungsstellen (worst case) bei einer Blitzstrombelastung auf das Gesamtgestell dar. Die Teile der Prüflinge wurden von der Premium Mounting Technologies GmbH & Co.KG vorbereitet und an die J. Pröpster GmbH zur Prüfung übergeben.

a) Verbindung 1 (Endklemme – Tower – Bodenprofil)

Diese Anordnung übernimmt die Einleitung des Blitzstromes vom PV-Modulrahmen über den Tower zum Bodenprofil. An das PV-Rahmenprofil ist ein Kunststoffhalter montiert um ein fest montiertes PV-Modul nachzubilden. Der Prüfstrom wird über ein PV-Rahmenprofil und über die Endklemme (geschraubte Klemmverbindung) zum Tower und weiter zum Bodenprofil (Rastverbindung) geführt.

Jede Verbindungsanordnung wird nach Blitzstromtragfähigkeit der Klasse H geprüft.

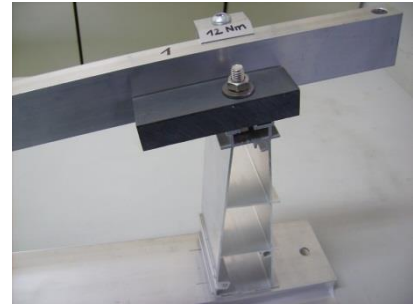


Bild 1.1: Verbindung 1

b) Verbindung 2 (Endklemme – Base – Bodenprofil)

Diese Anordnung übernimmt die Einleitung des Blitzstromes vom PV-Modulrahmen über das Base zum Bodenprofil. An das PV-Rahmenprofil ist ein Kunststoffhalter montiert um ein fest montiertes PV-Modul nachzubilden. Der Prüfstrom wird über ein PV-Rahmenprofil und über die Endklemme (geschraubte Verbindung) zum Base und weiter zum Bodenprofil (Rastverbindung) geführt.

Jede Verbindungsanordnung wird nach Blitzstromtragfähigkeit der Klasse H geprüft.

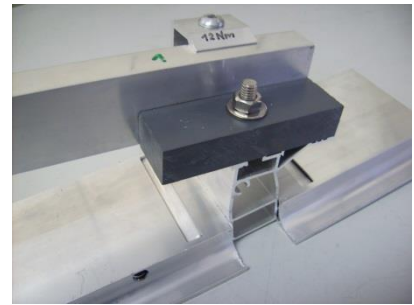


Bild 1.2: Verbindung 2

c) Verbindung 3 (Bodenprofil – Base – Bodenprofil)

Diese Anordnung übernimmt die Ableitung des Blitzstromes über das Bodenprofil in Richtung Erdungsanlage bzw. in Richtung einer konventionellen Blitzableitung. Bei dieser Anordnung stellt das Base ein Überbrückungsbauteil für zwei Bodenprofile dar und ist als Rastverbindung ausgeführt. Der Prüfstrom wird dabei durch das Bodenprofil über das Base und ein weiteres Bodenprofil geführt.

Jede Verbindungsanordnung wird nach Blitzstromtragfähigkeit der Klasse H geprüft.

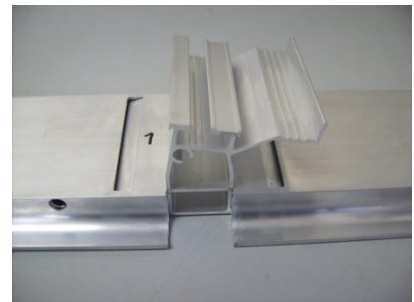


Bild 1.3: Verbindung 3

d) Verbindung 4 (Tower – Querstrebe)

Diese Anordnung übernimmt die Ableitung des Blitzstromes vom Tower über die Querstrebe zu einem weiteren Tower. Der Prüfstrom wird dabei von einem Tower über die Querstrebe geführt (geschraubte Verbindung).

Jeder Verbindungsanordnung wird nach Blitzstromtragfähigkeit der Klasse H geprüft.

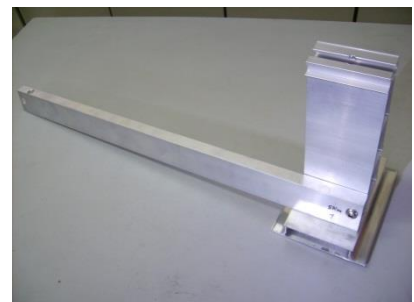


Bild 1.4: Verbindung 4

1.1 Allgemeine Prüfbedingungen (DIN EN 62561-1, Absatz 6.1)

Die Prüfungen, in Übereinstimmung mit dieser Norm, sind Typprüfungen. Die Bezugsnorm für die Durchführung der Prüfungen ist die DIN EN 62561-1 (VDE 0185-561-1):2017-12.

- Die Prüfungen werden wie im bestimmungsgemäßen Gebrauch, entsprechend den Montageangaben des Herstellers, durchgeführt.
- Alle Prüfungen werden mit Neuteilen durchgeführt.
- Die Prüfungen werden an drei Prüflingen durchgeführt. Die Anforderungen sind erfüllt, wenn alle Prüfungen bestanden werden.
- Falls nur einer der Prüflinge die Prüfung wegen eines Montage- oder Fertigungsfehlers nicht besteht, muss die Prüfung mit einem anderen, vollständigen Satz von Prüflingen, wiederholt werden. Es müssen bei den wiederholten Prüfungen alle Prüflinge bestehen.
- Die elektrische Prüfung muss in der Reihenfolge nach der Konditionierung/Alterung der Anordnung, in Übereinstimmung mit Absatz 6.3 der Prüfnorm, durchgeführt werden.

1.2 Prüfungsvorbereitung (DIN EN 62561-1, Absatz 6.2)

1.2.1 Anordnung der Prüflinge

Die Leiterprofile und Prüflinge werden mit Kaltreiniger entfettet, mit destilliertem Wasser gereinigt und getrocknet.

Die, nach Herstellerangaben montierten, Prüfaufbauten der Verbindungen 1 bis 4 entsprechen folgenden Anordnungen (Anhang B der Prüfnorm):

- Verbindung 1: Überbrückungsbauteil (B9)
- Verbindung 2: Überbrückungsbauteil (B9)
- Verbindung 3: Überbrückungsbauteil (B9)
- Verbindung 4: Klemme für T-Verbinder (B6)

Die Prüflinge werden mit folgenden Leitern nach Herstellerangaben montiert:

Verbindung 1 (Klemmverbindung und Steckverbindung)

- a) Aluminiumprofil 40x20 mm (blank) als simulierter PV-Modulrahmen
- b) Endklemme (Aluminium, blank) mit Schraube (V2A: M8 x 35 mm – $M_A = 12 \text{ Nm}$)
- c) Tower und Bodenprofil (Aluminium, blank)
- d) Kunststoffblock um ein verschraubtes PV-Modul zu simulieren
- e) Kunststoffgewinde um das Gewicht eines PV-Modules zu simulieren

Verbindung 2 (Klemmverbindung und Steckverbindung)

- a) Aluminiumprofil 40x20 mm (blank) als simulierter PV-Modulrahmen
- b) Endklemme (Aluminium, blank) mit Schraube (V2A M8 x 35 mm – $M_A = 12 \text{ Nm}$)
- c) Base und Bodenprofil (Aluminium, blank)
- d) Kunststoffblock um ein verschraubtes PV-Modul zu simulieren
- e) Kunststoffgewinde um das Gewicht eines PV-Modules zu simulieren

Verbindung 3 (Steckverbindung)

- a) Base und 2x Bodenprofil (Aluminium, blank)

Verbindung 4 (Schraubverbindung)

- a) Tower und Bodenprofil (Aluminium, blank)
- b) Querstrebe (Aluminium, blank) mit Schraube (V2A M8 x 30 mm – $M_A = 5 \text{ Nm}$)
- c) Band (St/fZn 30x4 mm) für die Einspeisung des Prüfstroms in den Tower

1.2.2 Konditionierung/Alterung

Die Anordnungen der Prüflinge werden einer Alterung entsprechend der Prüfnorm DIN EN 62561-1, Absatz 6.3.1 unterzogen.

- **Salznebelbehandlung** nach IEC 60068-2-52:1996 (ohne Abschnitte 7, 10 und 11), unter Verwendung des Schärfegrads (2).

Die Behandlung besteht aus drei Zyklen. Bei jedem Zyklus wird der Prüfling 2 h in der Salznebelkammer, bei einer Temperatur von 15 °C bis 35 °C, der Salzlösung (5 Massenteile NaCl und 95 Massenteile destilliertes Wasser) ausgesetzt. Nach jeder Sprühphase wird der Prüfling 22 h in der Salznebelkammer bei (40 ± 2) °C und $(93 \pm \frac{2}{3})$ % relativer Luftfeuchte gelagert.

Zur Durchführung der Behandlung dient eine Salzsprühtruhe HK 500 der Fa. Adwest Köhler.

- **Behandlung in feuchter schwefelhaltiger Atmosphäre** nach ISO 6988:1985 (ohne Abschnitte 9 und 10), mit sieben Zyklen, bei einer Schwefeldioxidkonzentration von (667 ± 25) ppm Volumenanteil.

Jeder Zyklus besteht aus einer Erwärmungszeit von 8 h bei einer Temperatur von (40 ± 3) °C in feuchter, gesättigter Atmosphäre. Darauf folgt eine Ruhezeit von 16 h bei Raumtemperatur. Für den nächsten Zyklus wird die feuchte schwefeldioxidhaltige Atmosphäre erneuert.

Zur Durchführung der Behandlung dient ein Schwitzwassertestgerät HK 300 M mit Gasdosiereinrichtung (Schadgas SO₂) der Fa. Adwest Köhler.

1.3 Elektrische Prüfung (DIN EN 62561-1, Absatz 6.4)

1.3.1 Prüfparameter für den Blitzstrom

Die Prüflinge sind nach der Blitzstromtragfähigkeit in folgende Klassen eingeteilt:

Verbindung 1: Klasse H

Verbindung 2: Klasse H

Verbindung 3: Klasse H

Verbindung 4: Klasse H

Eine Anordnung von Prüflingen muss laut Prüfnorm dreimal mit einem Prüfstrom nach Tabelle 1.1 belastet werden. Der Zeitabstand zwischen den jeweiligen Belastungen muss so groß sein, dass die Anordnung der Prüflinge ungefähr auf Umgebungstemperatur abkühlen kann.

Tabelle 1.1 - Prüfparameter für den Blitzstrom

Klasse	$I_{imp} \pm 10 \% \text{ [kA]}$ (innerhalb 50 μs)	$W/R \pm 35 \% \text{ [kJ}/\Omega]$ (innerhalb 5 ms)	$t_d \text{ [ms]}$
H	100	2500	≤ 2
N	50	630	≤ 2

Die Prüfströme werden durch eine näherungsweise exponentiell abklingende Prüfwelle mit T_2 im Bereich von 350 μs entsprechend IEC 62305-1 realisiert.

1.3.2 Bewertungskriterien

In der Bewertung muss der Prüfling folgende Punkte erfüllen:

- Der Übergangswiderstand, gemessen mit einer Stromquelle von mindestens 10 A, so nahe wie möglich am Verbindungsbauteil, muss $\leq 1 \text{ m}\Omega$ sein (nichtrostender Stahl $< 3 \text{ m}\Omega$).
- Der Prüfling darf keine erkennbaren Schäden aufweisen und es dürfen keine losen Teile oder Verformungen auftreten, die die normale Verwendung beeinträchtigen.
- Für geschraubte Verbindungen muss das Loslösedrehmoment größer als das 0,25fache und kleiner als das 1,5fache Anzugsdrehmoment sein. Bei Verbindungsbauteilen mit mehr als einer Schraube ist nur das Lösedrehmoment der ersten Schraube für die Prüfung relevant.

1.3.3 Prüfablauf

Nach der Konditionierung wird die Anordnung ohne Reinigung auf einer Holzplatte nach Normvorgabe (Bilder B6 bzw. B9 der Prüfnorm) befestigt und mit Impulsströmen I_{imp} der Wellenform (10/350 μ s) nach o. g. Norm belastet. Jeder Prüfling wird dreimal mit einem Prüfstrom beaufschlagt. Der Zeitabstand zur Abkühlung der Prüflinge zwischen den jeweiligen Belastungen wurde auf ≥ 4 min (großflächige Aluminiumprofile) gewählt.

Die folgenden Tabellen 1.2 bis 1.5 zeigen die Messwerte der Prüfungen. Die zugehörigen Diagramme sind im Anhang A dokumentiert.

Tabelle 1.2 – Messwerte für Verbindung 1

Elektrische Prüfung: 11.03.-12.03.2019 <input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK										
Prüfparameter	V1 - DUT 1			V1 - DUT 2			V1 - DUT 3			Bemerkung
Prüfstromimpuls I_{imp} [kA]	105,1	100,8	101,1	101,3	101,3	101,3	100,0	101,5	100,2	I_{imp} : (90 \leq 100 \leq 110) [kA]
Spez. Energie W/R [kJ/ Ω]	2710	2120	2343	2134	2161	2425	2630	2169	2615	W/R: (1625 \leq 2500 \leq 3375) [kJ/ Ω]
Kontaktwiderstand R_K [m Ω]	A-B: 0,179 C-D: 0,137			A-B: 0,047 C-D: 0,083			A-B: 0,036 C-D: 0,038			Sollwert R_K : ≤ 1 m Ω (für nichtrostendem Stahl < 3 m Ω)
Sichtprüfung	<input checked="" type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input checked="" type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input checked="" type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		Schmauchspuren
Lösedrehmoment M_L [Nm]	A-B: 3,4			A-B: 3,5			A-B: 5,4			Sollwert M_L : (0,25 M_A < M_L < 1,5 M_A) (3,0 < M_L < 18,0) Nm
Mechanische Prüfung:	<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		nicht gefordert (Anordnung B9)
Stat.-mech. Prüfung:	<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		nicht für stat.-mech. Belastung best.
Kennzeichnung:	<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		nicht gefordert (metallene Installation)

Tabelle 1.3 – Messwerte für Verbindung 2

Elektrische Prüfung: 12.03.2019 <input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK										
Prüfparameter	V2 - DUT 1			V2 - DUT 2			V2 - DUT 3			Bemerkung
Prüfstromimpuls I_{imp} [kA]	98,77	99,04	100,1	100,5	100,4	100,3	100,7	100,6	100,7	I_{imp} : (90 \leq 100 \leq 110) [kA]
Spez. Energie W/R [kJ/ Ω]	2579	2534	1965	2097	2118	1960	2054	2123	2019	W/R: (1625 \leq 2500 \leq 3375) [kJ/ Ω]
Kontaktwiderstand R_K [m Ω]	A-B: 0,122 C-D: 0,511			A-B: 0,025 C-D: 0,221			A-B: 0,018 C-D: 0,139			Sollwert R_K : ≤ 1 m Ω (für nichtrostendem Stahl < 3 m Ω)
Sichtprüfung	<input checked="" type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input checked="" type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input checked="" type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		Schmauchspuren
Lösedrehmoment M_L [Nm]	A-B: 4,8			A-B: 5,6			A-B: 10,2			Sollwert M_L : (0,25 M_A < M_L < 1,5 M_A) (3,0 < M_L < 18,0) Nm
Mechanische Prüfung:	<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		nicht gefordert (Anordnung B9)
Stat.-mech. Prüfung:	<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		nicht für stat.-mech. Belastung best.
Kennzeichnung:	<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> nicht OK		nicht gefordert (metallene Installation)

Tabelle 1.4 – Messwerte für Verbindung 3

Elektrische Prüfung:		13.03.2019		<input checked="" type="checkbox"/> OK		<input type="checkbox"/> nicht OK				
Prüfparameter	V3 - DUT 1			V3 - DUT 2			V3 - DUT 3			Bemerkung
Prüfstromimpuls I_{imp} [kA]	100,7	96,73	96,40	101,1	100,3	100,2	99,59	100,3	100,3	I_{imp} : (90 ≤ 100 ≤ 110) [kA]
Spez. Energie W/R [kJ/Ω]	2176	2533	2438	2706	2522	2608	2895	2306	2385	W/R: (1625 ≤ 2500 ≤ 3375) [kJ/Ω]
Übergangswiderstand R_K [mΩ]	A-B: 0,022 C-D: 0,035			A-B: 0,457 C-D: 0,314			A-B: 0,074 C-D: 0,017			Sollwert R_K : ≤ 1 mΩ (für nichtrostendem Stahl < 3 mΩ)
Sichtprüfung	<input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			Schmauchspuren
Lösedrehmoment M_L [Nm]	k.A. (Steckverbindung)			k.A. (Steckverbindung)			k.A. (Steckverbindung)			Nicht anwendbar (Steckverbindung)
Mechanische Prüfung:	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			nicht gefordert (Anordnung B9)
Stat.-mech. Prüfung:	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			nicht für stat.-mech. Belastung best.
Kennzeichnung:	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			nicht gefordert (metallene Installation)

Tabelle 1.5 – Messwerte für Verbindung 4

Elektrische Prüfung:		14.03.2019		<input checked="" type="checkbox"/> OK		<input type="checkbox"/> nicht OK				
Prüfparameter	V4 - DUT 1			V4 - DUT 2			V4 - DUT 3			Bemerkung
Prüfstromimpuls I_{imp} [kA]	101,2	101,3	101,1	101,3	101,2	99,12	97,10	98,72	101,0	I_{imp} : (90 ≤ 100 ≤ 110) [kA]
Spez. Energie W/R [kJ/Ω]	2462	2334	2737	2391	2416	2739	2674	2768	2332	W/R: (1625 ≤ 2500 ≤ 3375) [kJ/Ω]
Übergangswiderstand R_K [mΩ]	0,031			0,035			0,028			Sollwert R_K : ≤ 1 mΩ (für nichtrostendem Stahl < 2,5 mΩ)
Sichtprüfung	<input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input checked="" type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			keine Schmauchspuren
Lösedrehmoment M_L [Nm]	5,3			4,9			5,1			Sollwert M_L : (0,25 MA < M_L < 1,5 MA) (1,25 < M_L < 7,5) Nm
Mechanische Prüfung:	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			nicht gefordert (Anordnung B6)
Stat.-mech. Prüfung:	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			nicht für stat.-mech. Belastung best.
Kennzeichnung:	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> nicht OK			nicht gefordert (metallene Installation)

1.3.4 Auswertung der Prüfergebnisse

Drei Prüflinge, für jeweils eine der Verbindungsvarianten, wurden der Alterung nach Absatz 6.3 der Prüfnorm ausgesetzt und einer elektrischen Prüfung nach Absatz 6.4 unterzogen.

- **Übergangswiderstand:**
Der größte Wert, der nach den Belastungen gemessenen Übergangswiderstände der Prüflinge, hat 0,511 mΩ (Verbindung 2) betragen.
Der Maximalwert war somit unterhalb der vorgegebenen Obergrenze von $\leq 1,0$ mΩ.
- **Sichtprüfung:**
Die Sichtkontrolle sämtlicher Prüflinge ließ nach der Alterung keine Mängel erkennen. Eine beeinträchtigende Korrosion an den Prüflingen, Leitern oder Leiterstoßstellen war nicht erkennbar. Die Bilder der Prüflinge nach der Konditionierung sind im Anhang B auszugsweise dokumentiert.

Die Prüflinge aller Verbindungsvarianten hielten den Kräften der Impulsbelastungen stand. Schäden an den Prüflingen oder an den Leiterprofilen waren nicht aufgetreten. Es waren insgesamt nur Schmauchspuren an den jeweiligen Verbindungsstellen und den geschraubten Klemmstellen sichtbar. Die Bilder der Prüflinge nach der Impulsbeanspruchung sind im Anhang A dokumentiert.

- **Loslösedrehmoment:**
Das Lösedrehmoment, der mit drei Prüfimpulsen belasteten Prüflinge, lag bei allen drei Verbindungsaufbauten in den geforderten Bereichen von größer als das 0,25fache und kleiner als das 1,5fache der Anzugsdrehmomente (siehe Tabelle 1.2 bis 1.5).

1.4 Statisch-mechanische Prüfung (DIN EN 62561-1, Absatz 6.5)

Die statisch-mechanische Prüfung ist nicht Bestandteil des Prüfauftrages.

1.5 Prüfung der Kennzeichnung (DIN EN 62561-1, Absatz 6.6)

Da es sich um eine metallene Gesamtkonstruktion handelt, sind keine zu kennzeichnenden Verbindungsbauteile vorhanden.

2. Prüfergebnis

Das PV-Montagegestell wurde in vier relevante Verbindungen unterteilt.

Die Prüflinge (Verbindung 1 bis 4) sind nach der Blitzstromtragfähigkeit in folgende Klassen eingeteilt und wurden mit den in Tabelle 1.1 festgelegten Prüfkennwerten geprüft.

Verbindung 1: Klasse H

Verbindung 2: Klasse H

Verbindung 3: Klasse H

Verbindung 4: Klasse H

Bei jeder Verbindungsanordnung wurden drei Prüfaufbauten den oben genannten Prüfungen unterzogen.

Die Prüflinge haben die Anforderungen aus der Prüfvorschrift DIN EN 62561-1 (VDE 0185-561-1):2017-12 erfüllt.

Die Prüfung gilt als bestanden.

3. Prüfaufbau und Messkreise

3.1 Anordnungen der Prüflingsaufbauten



Bild 3.1: Verbindung 1

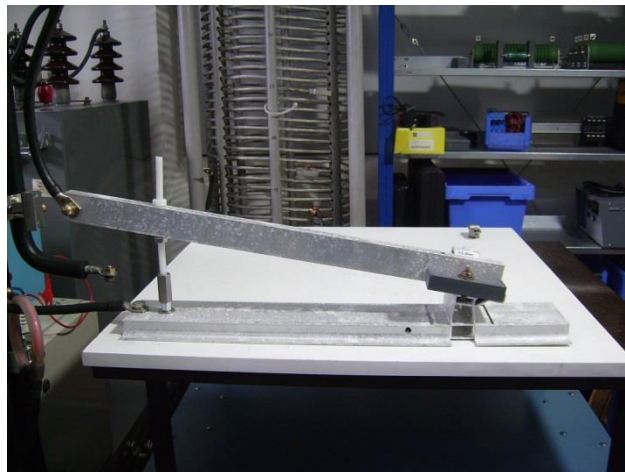


Bild 3.2: Verbindung 2

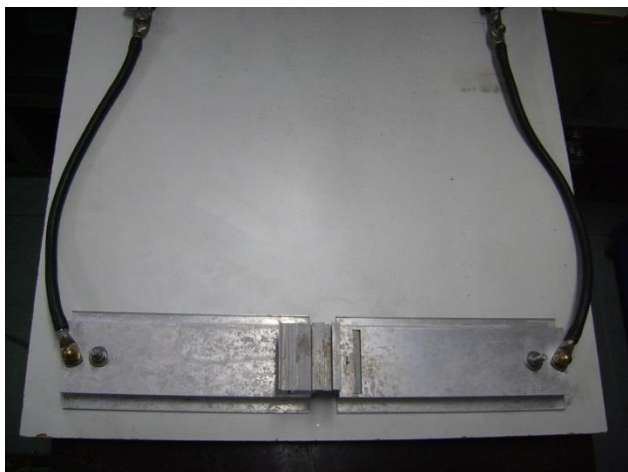


Bild 3.3: Verbindung 3

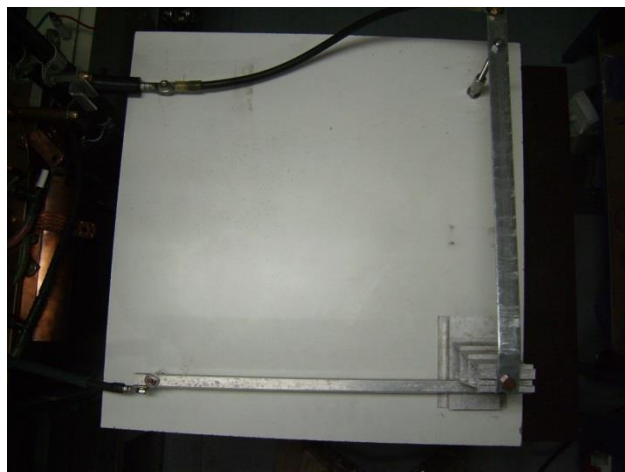


Bild 3.4: Verbindung 4

3.2 Aufbau des Prüfkreises

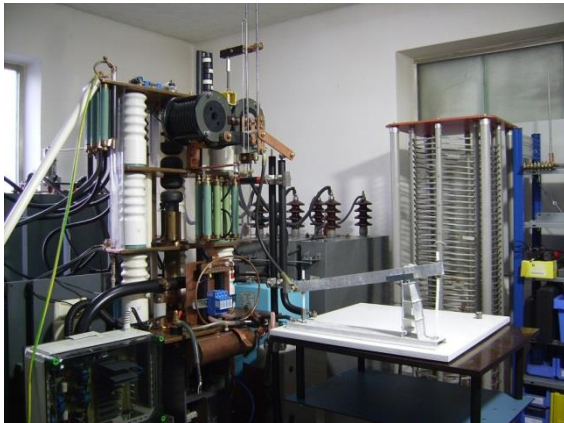


Bild 3.4: Prüfaufbau für Verbindung 1

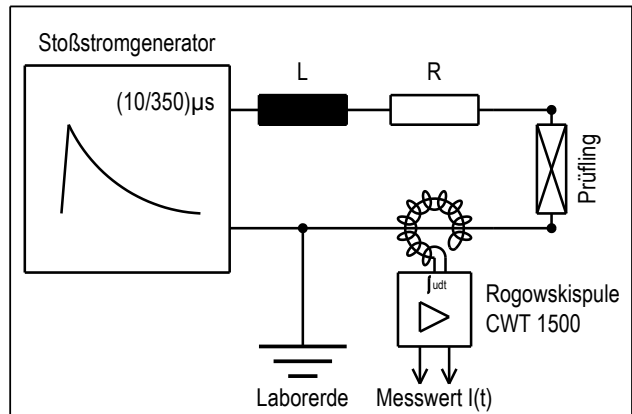


Bild 3.5: Prinzipschaltbild für Impulsstrombelastung

3.3 Übergangswiderstandsmessung am Prüfling



Bild 3.6: Übergangswiderstandsmessung (Vierpolmessung)

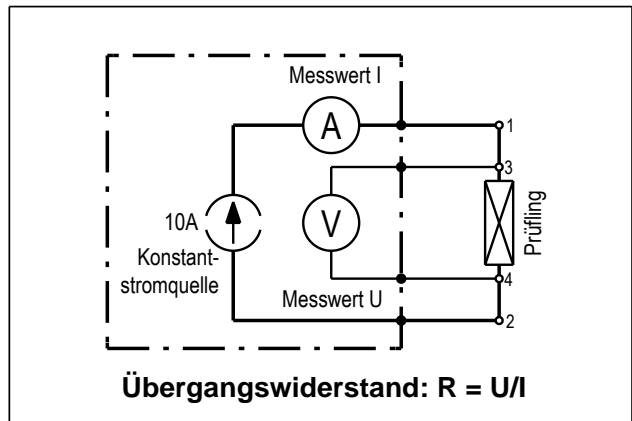


Bild 3.7: Prinzipschaltbild für Vierpolmessung

3.4 Drehmomentmessung am Prüfling



Bild 3.8: Anzugsdrehmoment (Verbindung 1, Prüfling 3)



Bild 3.9: Lösedrehmoment (Verbindung 1, Prüfling 3)

4. Prüfmittel und Messgeräte

Tabelle 4.1 - Prüfmittel und Messgeräte

Gerätebezeichnung	Gerätetyp	Seriennummer	Hersteller
Salzsprühtruhe nach DIN 50 021	HK 500	306	Adwest Köhler
Schwitzwassertestgerät nach DIN 50 017	HK 300 M mit Gasdosiereinrichtung (SO ₂)	4066	Adwest Köhler
Stoßstromgenerator	100 kA _{(10/350)µs}	01	J. Pröpster
Rogowski Current Waveform Transducer	CWT 1500R	16249 - 16401	PEM
Speicher-Oszilloskop	DPO 4034	C 020270	Tektronix
Microohmmeter	C.A 6240	126198 LDV	Chauvin Arnoux
Drehmoment-Adapter 6-30 Nm	V1760	DN00106	Vigor Equipment

Anhang A

Oszillogramme der Prüfimpulse

Tabelle A.1 - Oszillogramme der Prüfimpulse für Verbindung 1

Prüfling-Nr.	Prüfimpuls 1 (Dateiname)	Prüfimpuls 2 (Dateiname)	Prüfimpuls 3 (Dateiname)
1	1-1(105,1kA_2710kA²s)	1-2(100,8kA_2120kA²s)	1-3(101,1kA_2343kA²s)
2	2-1(101,3kA_2134kA²s)	2-2(101,3kA_2161kA²s)	2-3(101,3kA_2425kA²s)
3	3-1(100,0kA_2630kA²s)	3-2(101,5kA_2169kA²s)	3-3(100,2kA_2615kA²s)

Tabelle A.2 - Oszillogramme der Prüfimpulse für Verbindung 2

Prüfling-Nr.	Prüfimpuls 1 (Dateiname)	Prüfimpuls 2 (Dateiname)	Prüfimpuls 3 (Dateiname)
1	1-1(98,77kA_2579kA²s)	1-2(99,04kA_2534kA²s)	1-3(100,1kA_1965kA²s)
2	2-1(100,5kA_2097kA²s)	2-2(100,4kA_2118kA²s)	2-3(100,3kA_1960kA²s)
3	3-1(100,7kA_2054kA²s)	3-2(100,6kA_2123kA²s)	3-3(100,7kA_2019kA²s)

Tabelle A.3 - Oszillogramme der Prüfimpulse für Verbindung 3

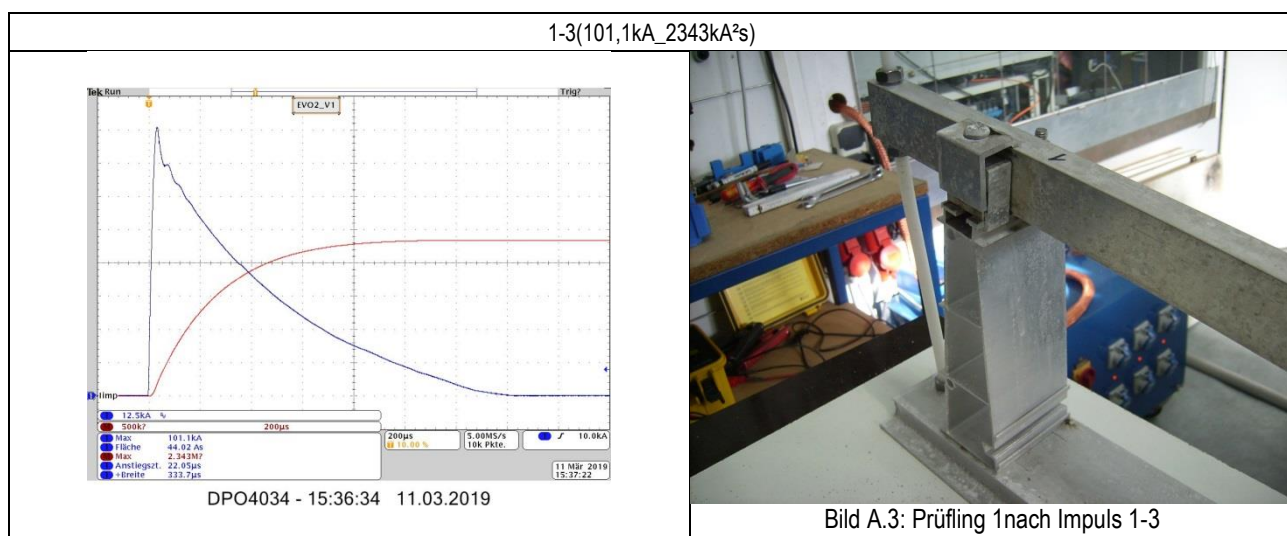
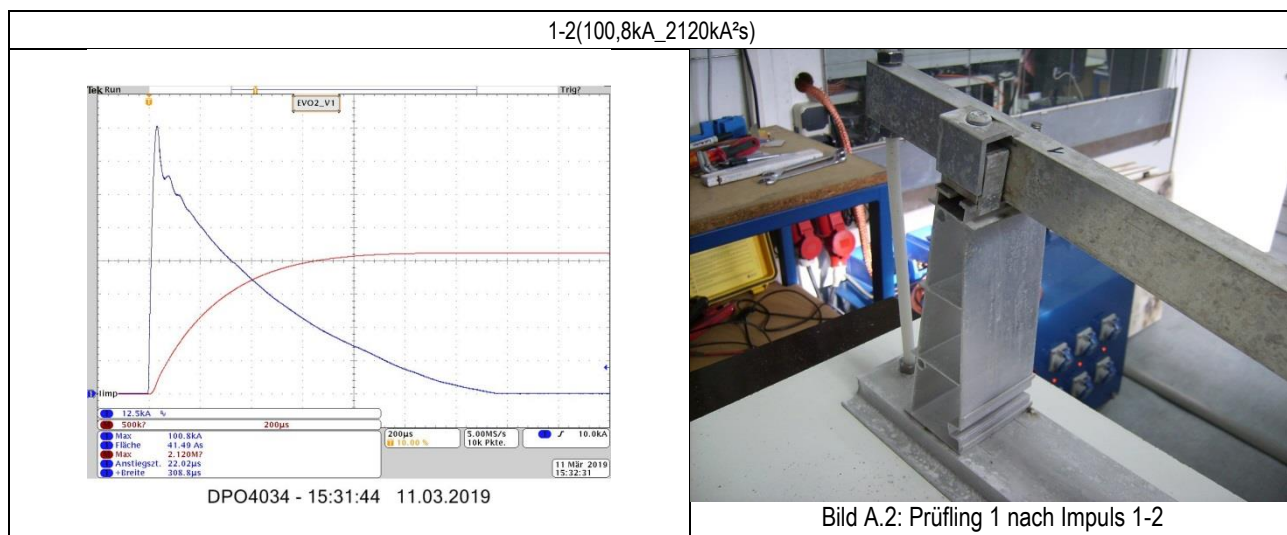
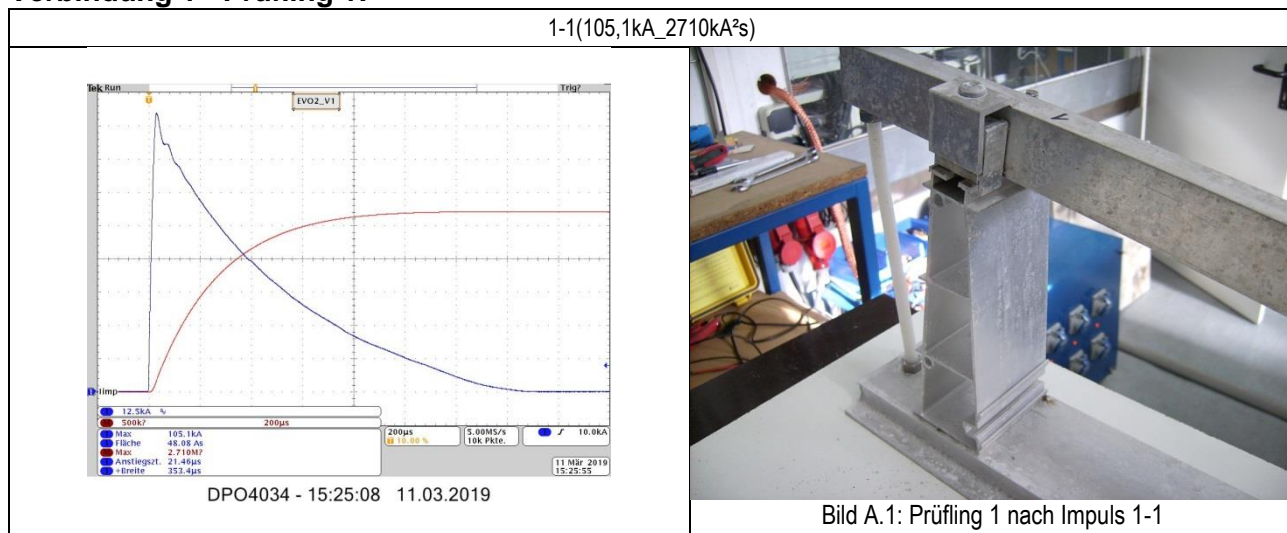
Prüfling-Nr.	Prüfimpuls 1 (Dateiname)	Prüfimpuls 2 (Dateiname)	Prüfimpuls 3 (Dateiname)
1	1-1(100,7kA_2176kA²s)	1-2(96,73kA_2533kA²s)	1-3(96,40kA_2438kA²s)
2	2-1(101,1kA_2706kA²s)	2-2(100,3kA_2522kA²s)	2-3(100,2kA_2608kA²s)
3	3-1(99,59kA_2895kA²s)	3-2(100,3kA_2306kA²s)	3-3(100,3kA_2385kA²s)

Tabelle A.4 - Oszillogramme der Prüfimpulse für Verbindung 4

Prüfling-Nr.	Prüfimpuls 1 (Dateiname)	Prüfimpuls 2 (Dateiname)	Prüfimpuls 3 (Dateiname)
1	1-1(101,2kA_2462kA²s)	1-2(101,3kA_2334kA²s)	1-3(101,1kA_2737kA²s)
2	2-1(101,3kA_2391kA²s)	2-2(101,2kA_2416kA²s)	2-3(99,12kA_2739kA²s)
3	3-1(97,10kA_2674kA²s)	3-2(98,72kA_2768kA²s)	3-3(101,0kA_2332kA²s)

A.1 Prüfimpulse – Verbindung 1

Verbindung 1 - Prüfling 1:



Verbindung 1 - Prüfling 2:

2-1(101,3kA_2134kA²s)

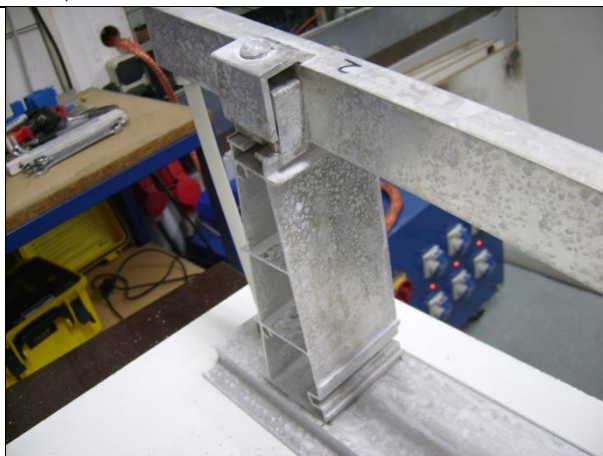
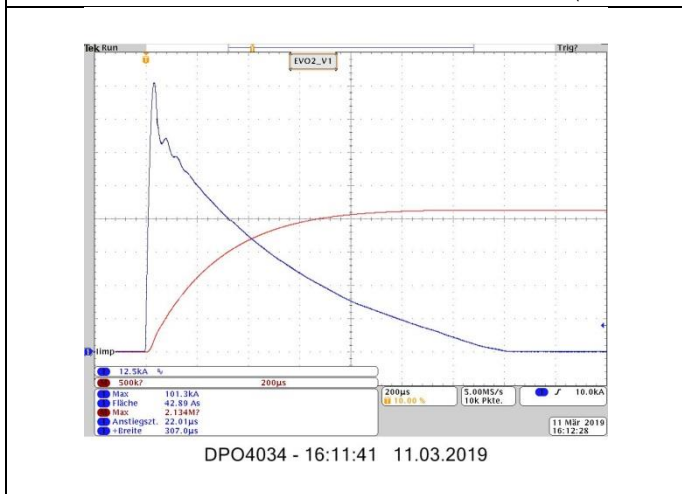


Bild A.4: Prüfling 2 nach Impuls 2-1

2-2(101,3kA_2161kA²s)

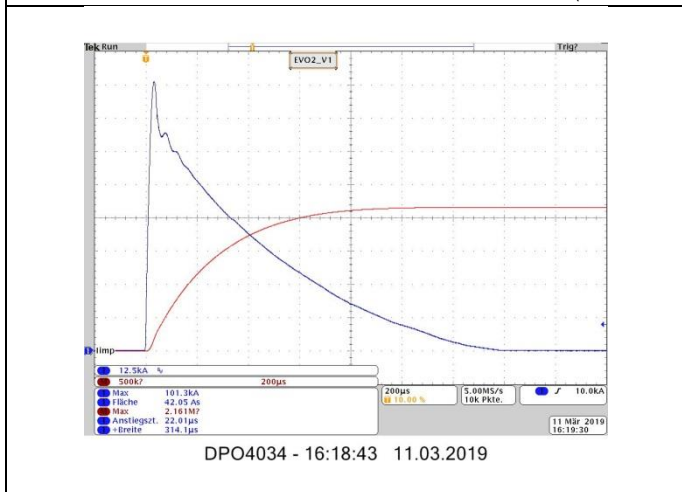


Bild A.5: Prüfling 2 nach Impuls 2-2

2-3(101,3kA_2425kA²s)

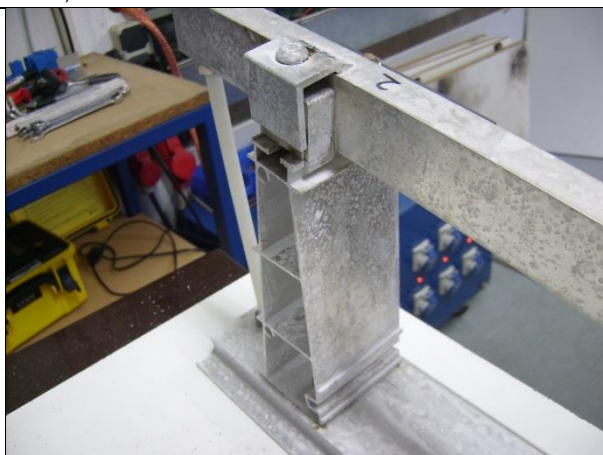
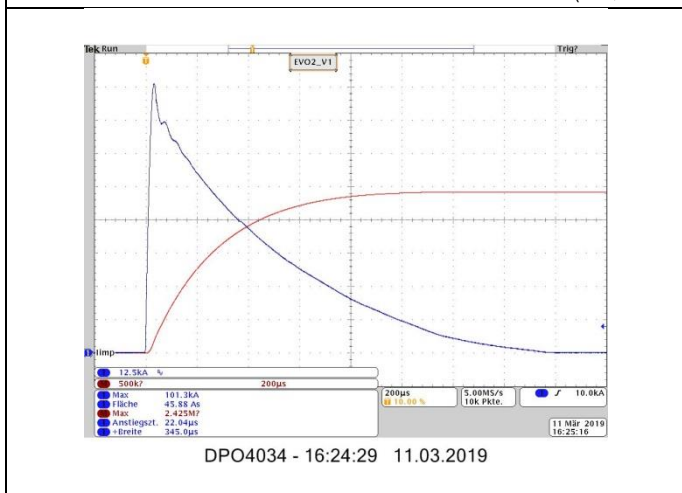


Bild A.6: Prüfling 2 nach Impuls 2-3

Verbindung 1 - Prüfling 3:

3-1(100,0kA_2630kA²s)

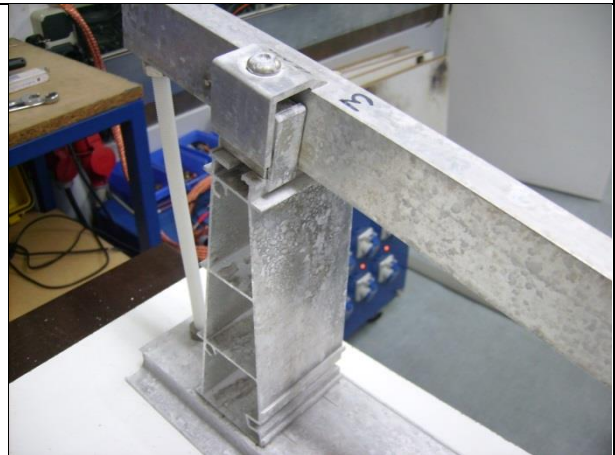
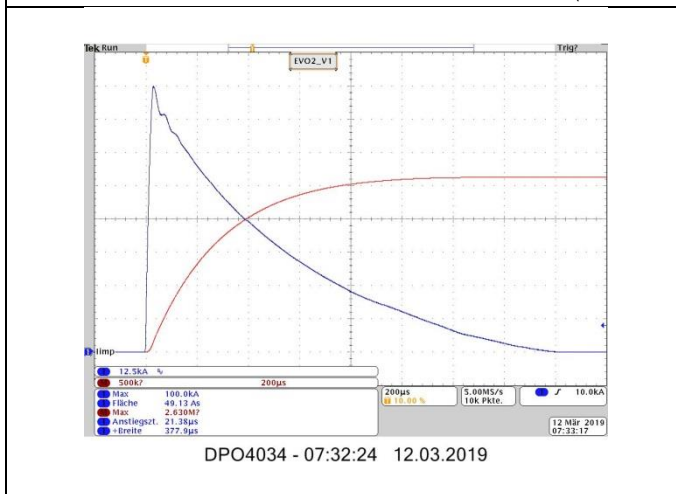


Bild A.7: Prüfling 3 nach Impuls 3-1

3-2(101,5kA_2169kA²s)

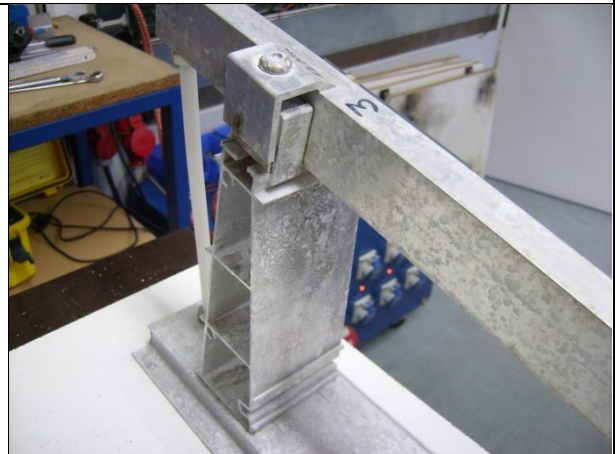
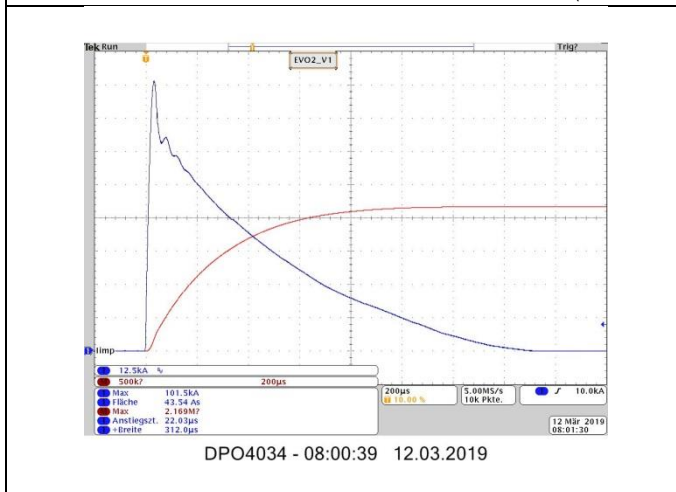


Bild A.8: Prüfling 3 nach Impuls 3-2

3-3(100,2kA_2615kA²s)

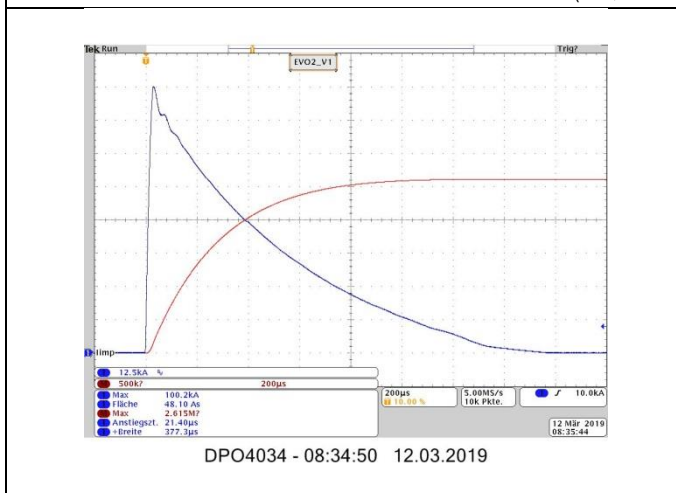
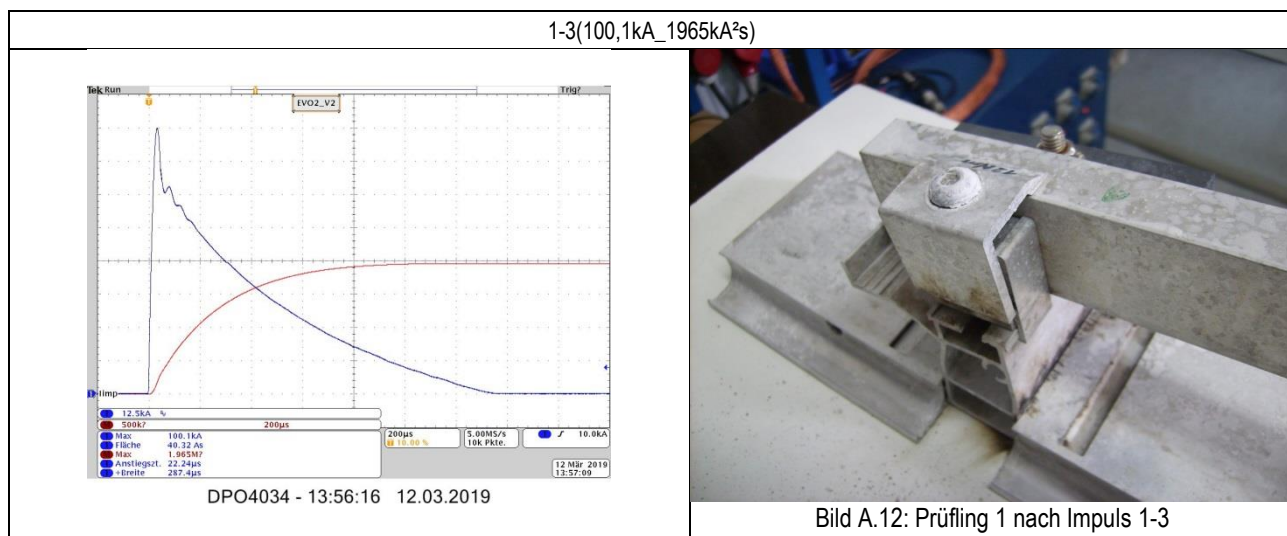
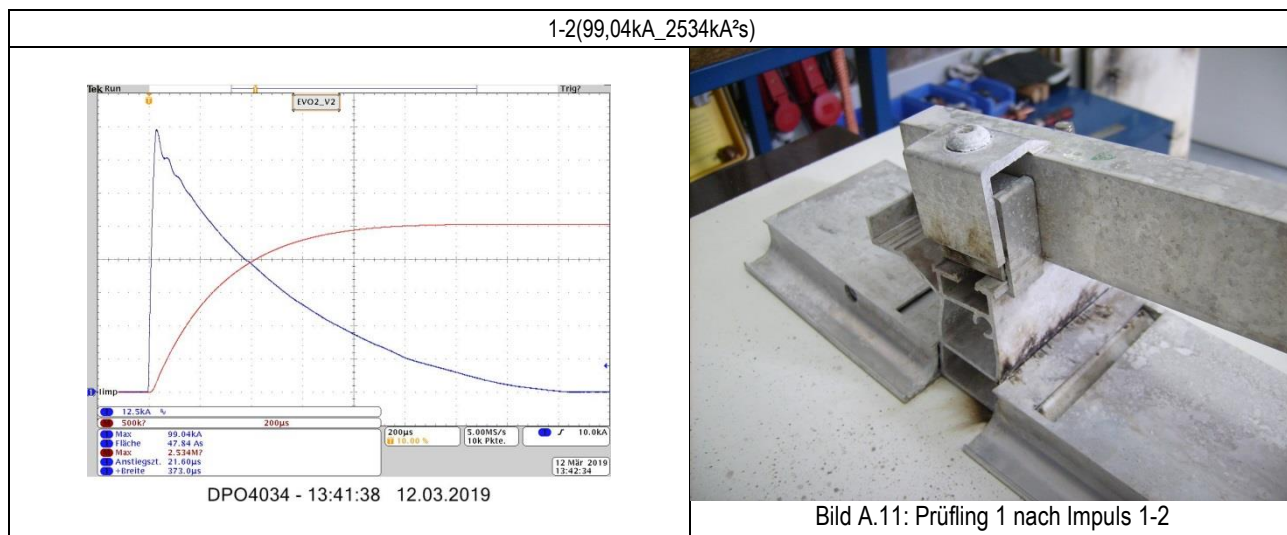
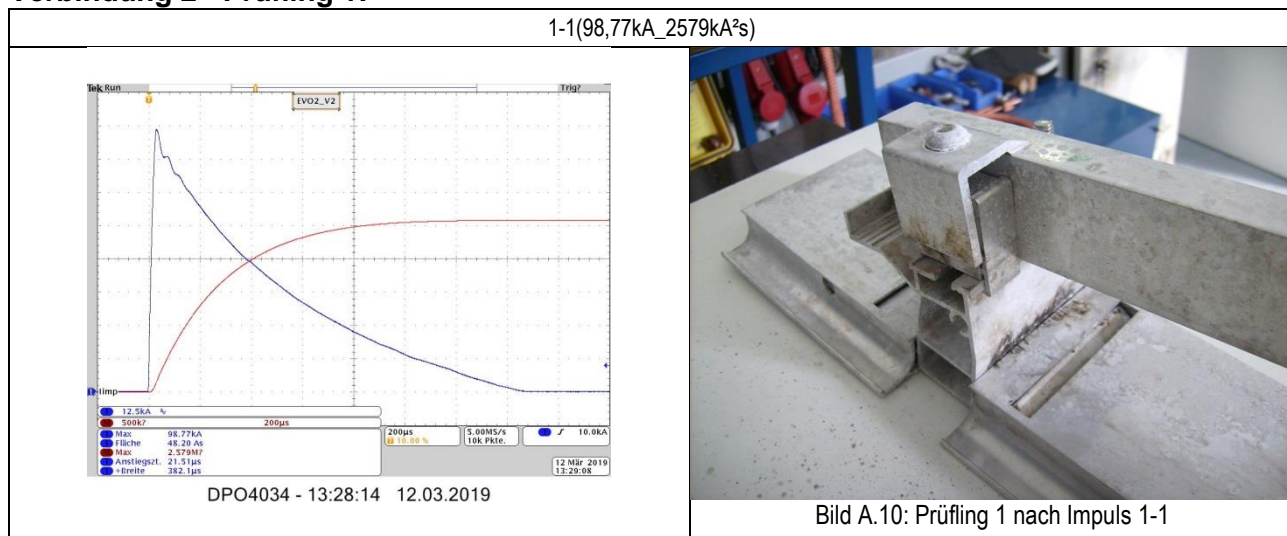


Bild A.9: Prüfling 3 nach Impuls 3-3

A.2 Prüfimpulse – Verbindung 2

Verbindung 2 - Prüfling 1:



Verbindung 2 - Prüfling 2:

2-1(100,5kA_2097kA²s)

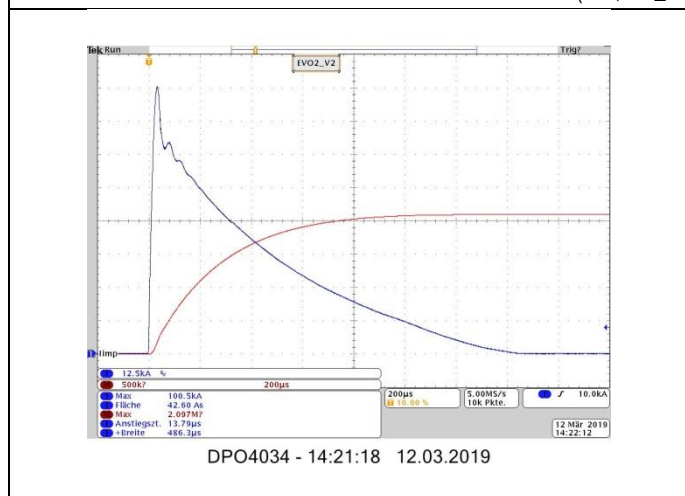


Bild A.13: Prüfling 2 nach Impuls 2-1

2-2(100,4kA_2118kA²s)

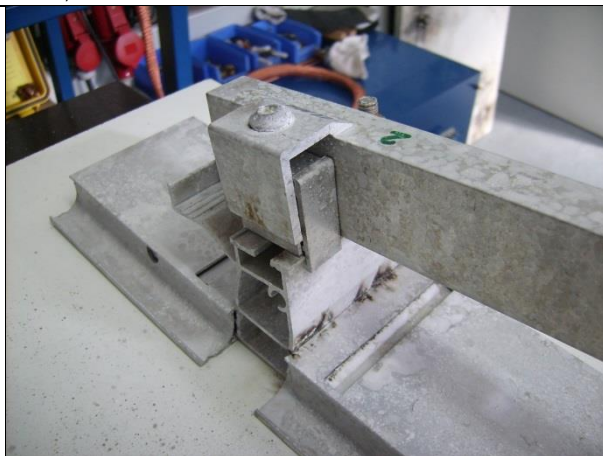
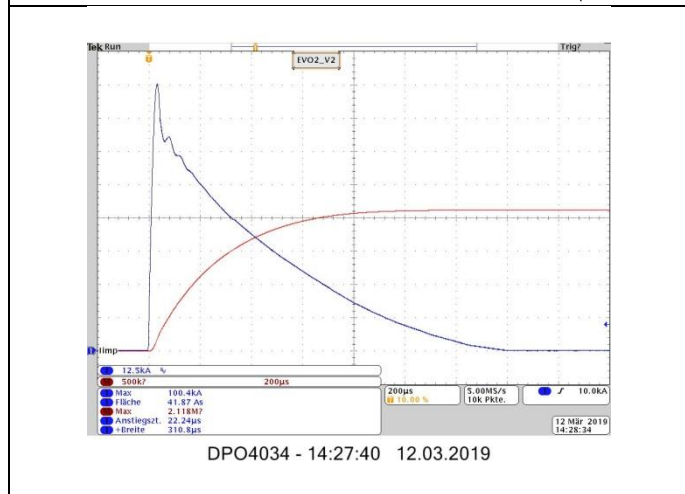


Bild A.14: Prüfling 2 nach Impuls 2-2

2-3(100,3kA_1960kA²s)

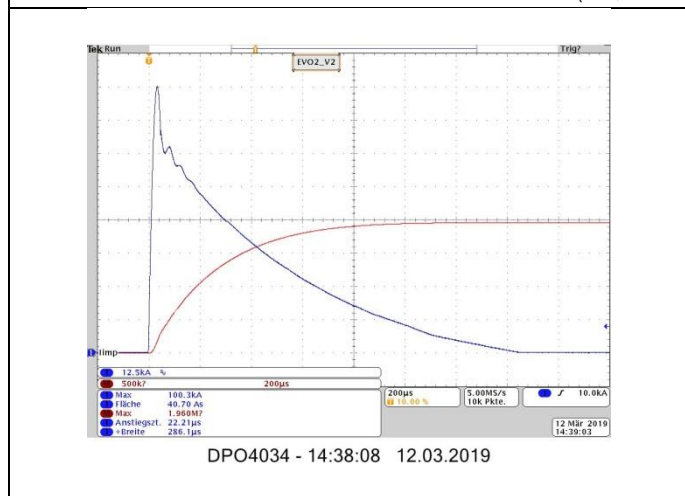


Bild A.15: Prüfling 2 nach Impuls 2-3

Verbindung 2 - Prüfling 3:

3-1(100,7kA_2054kA²s)

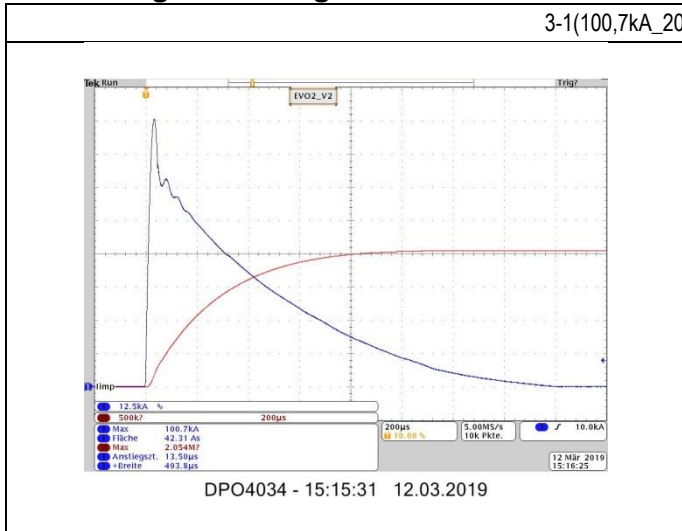


Bild A.16: Prüfling 3 nach Impuls 3-1

3-2(100,6kA_2123kA²s)

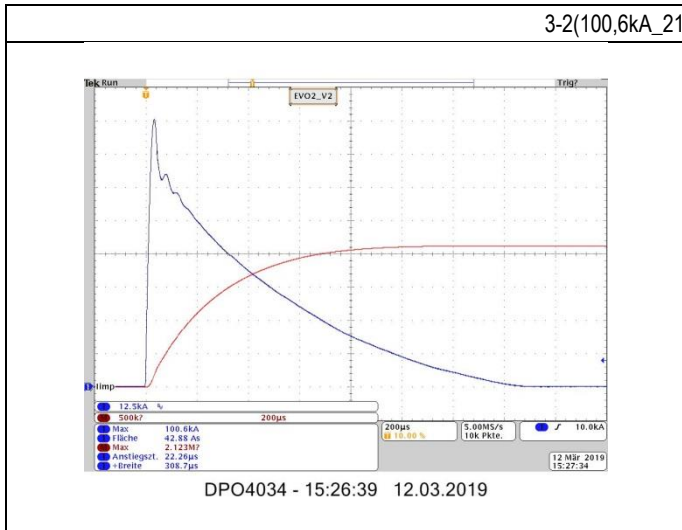


Bild A.17: Prüfling 3 nach Impuls 3-2

3-3(100,7kA_2019kA²s)

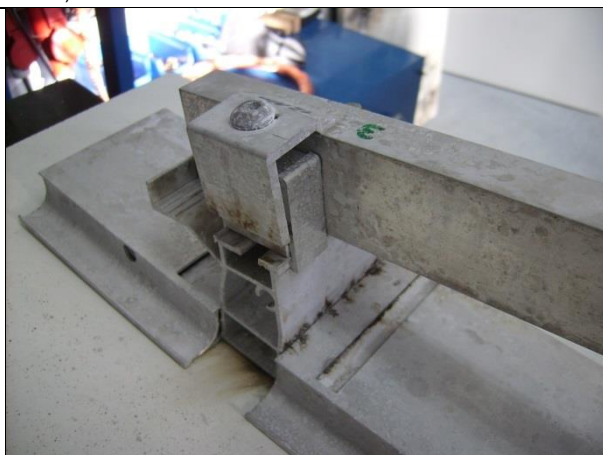
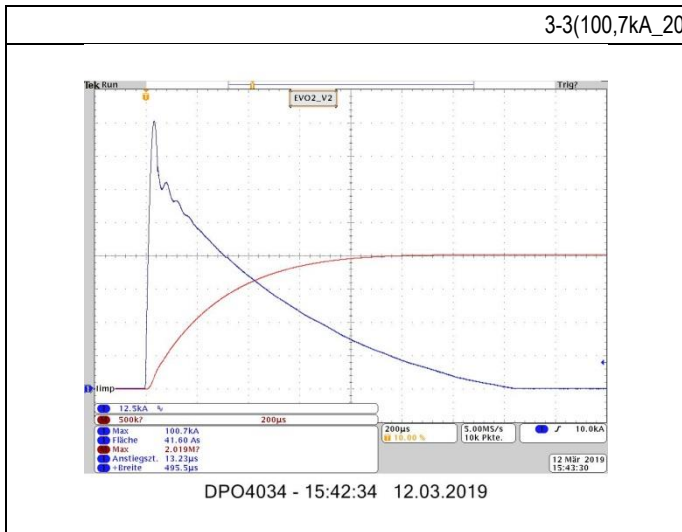
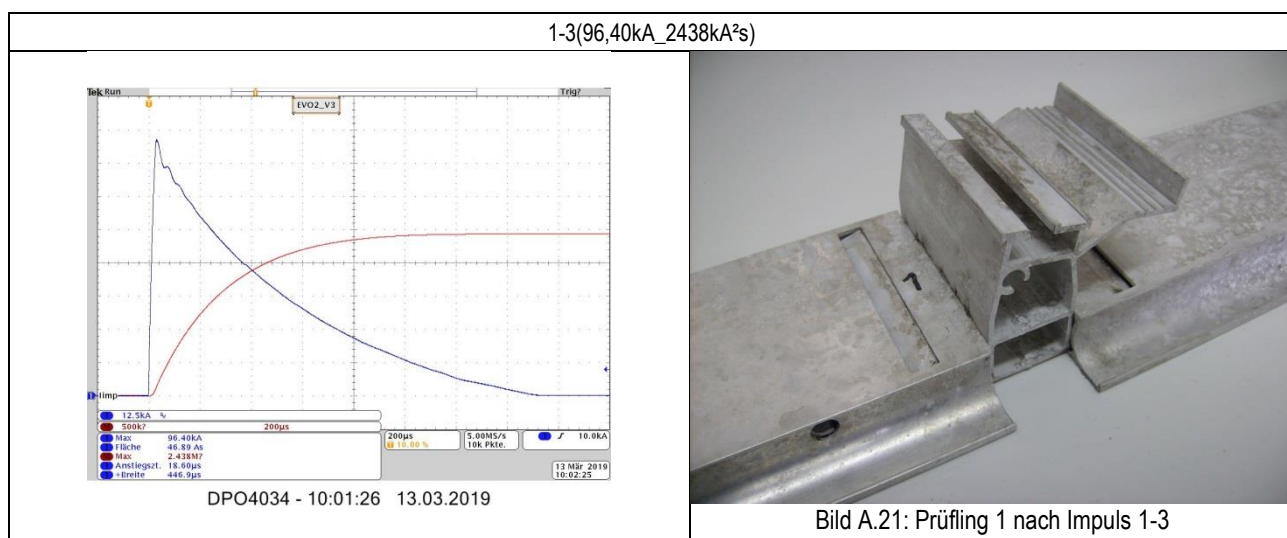
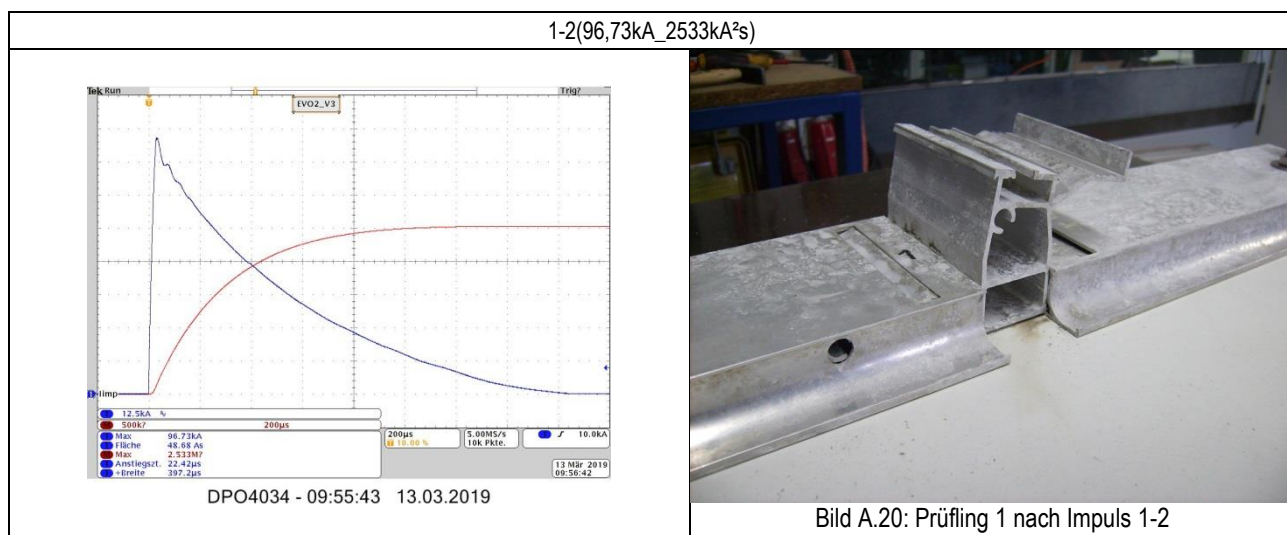
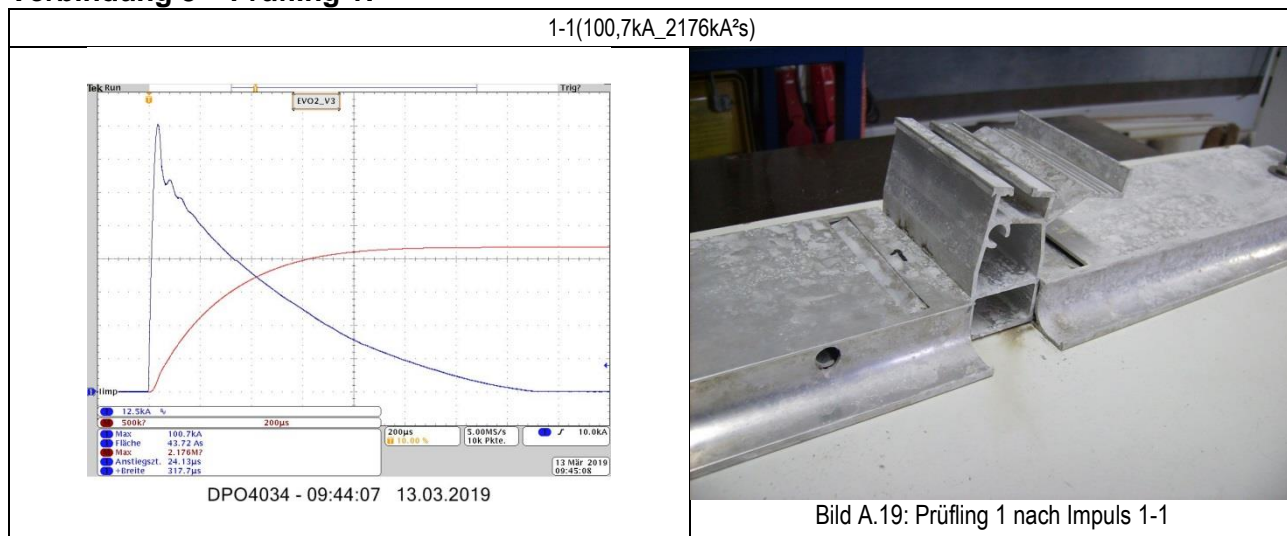


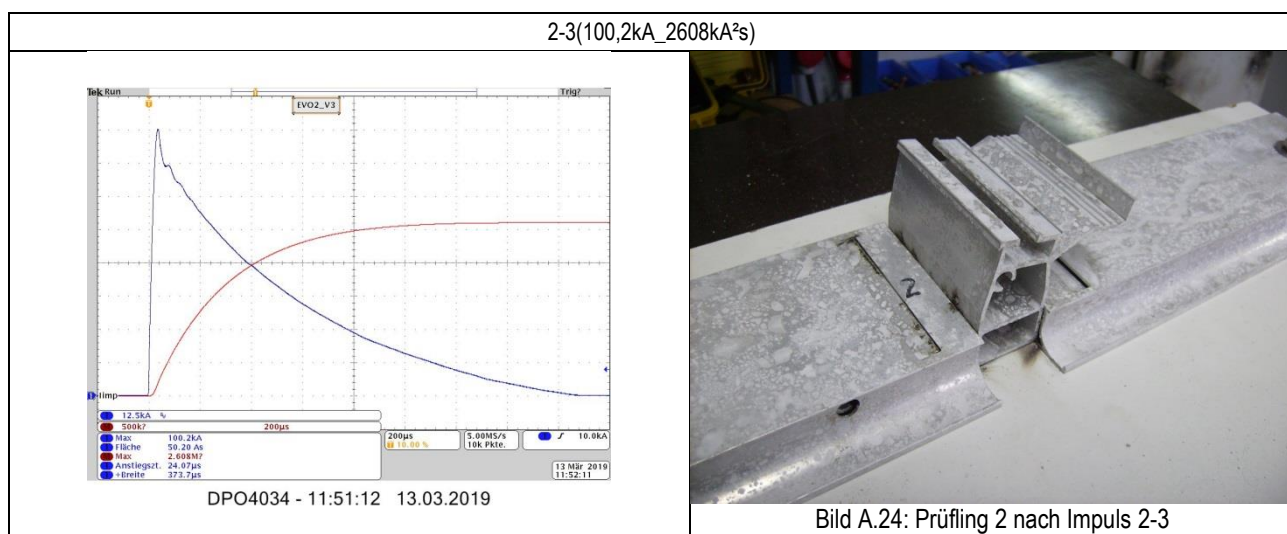
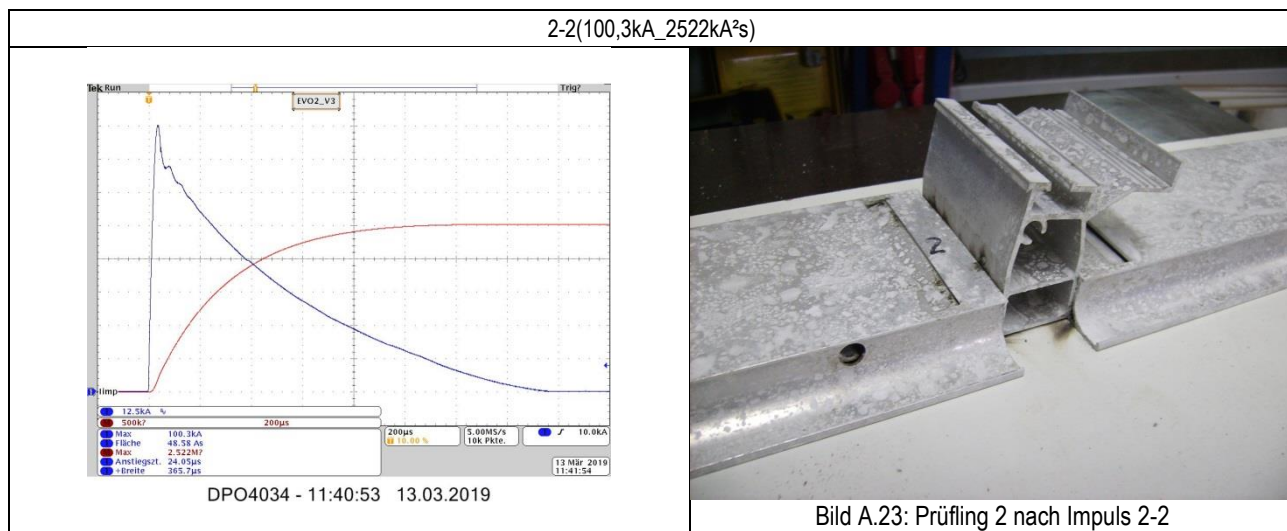
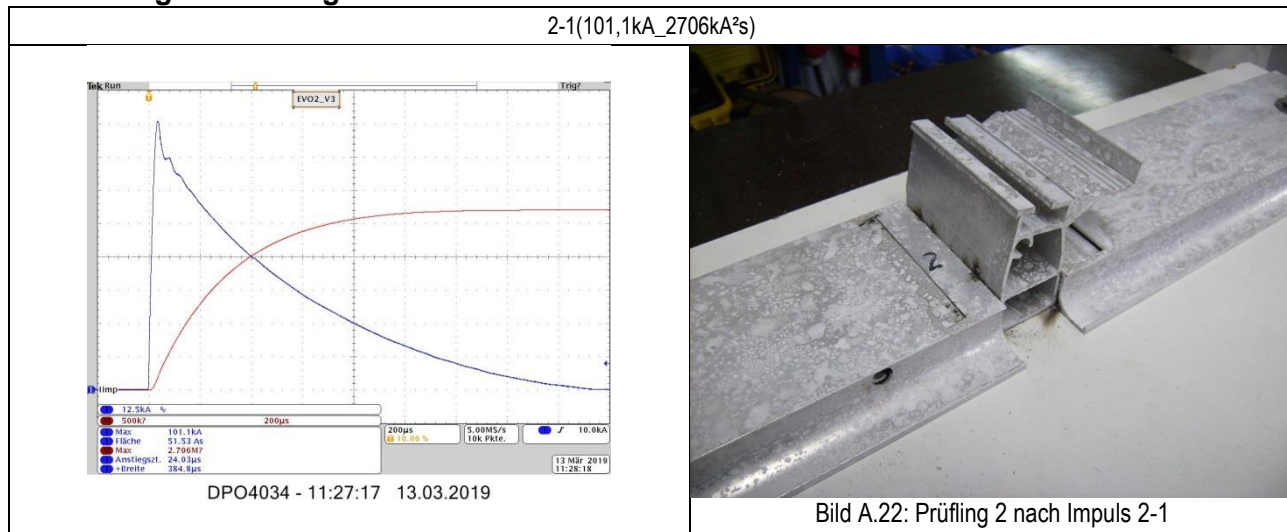
Bild A.18: Prüfling 3 nach Impuls 3-3

A.3 Prüfimpulse – Verbindung 3

Verbindung 3 – Prüfling 1:



Verbindung 3 – Prüfling 2:



Verbindung 3 – Prüfling 3:

3-1(99,59kA_2895kA²s)

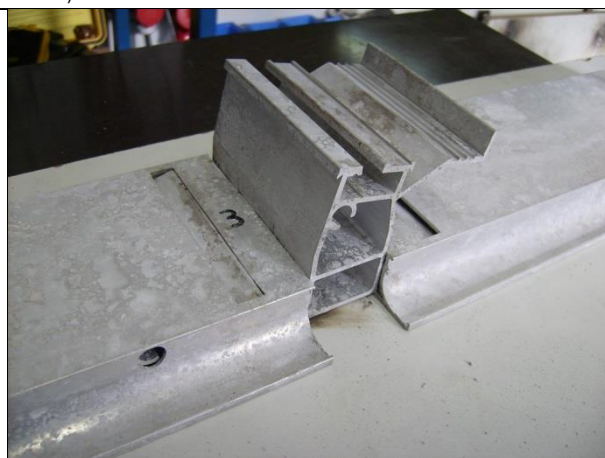
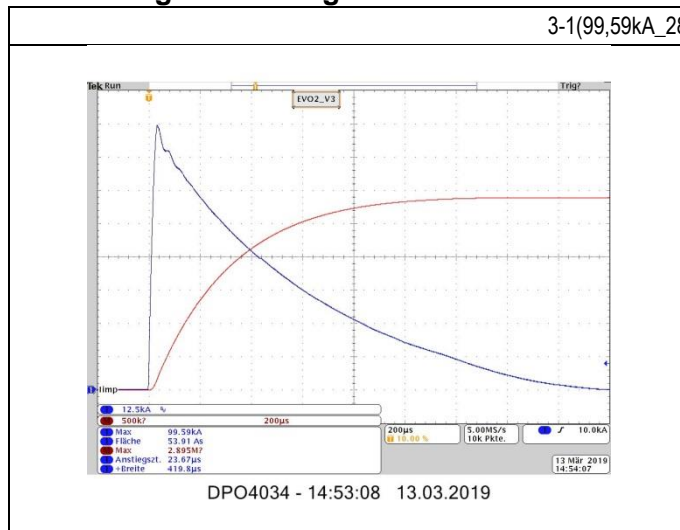


Bild A.25: Prüfling 3 nach Impuls 3-1

3-2(100,3kA_2306kA²s)

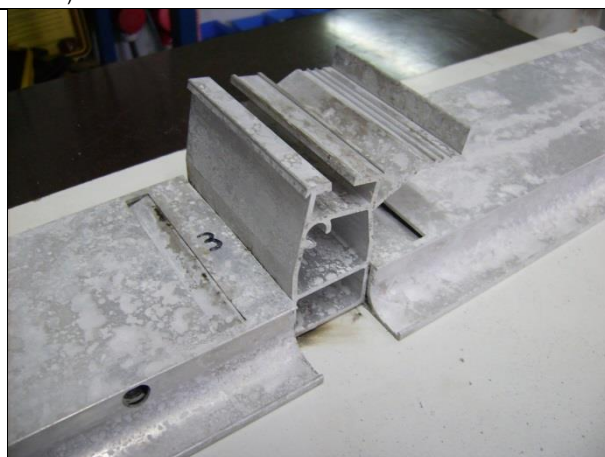
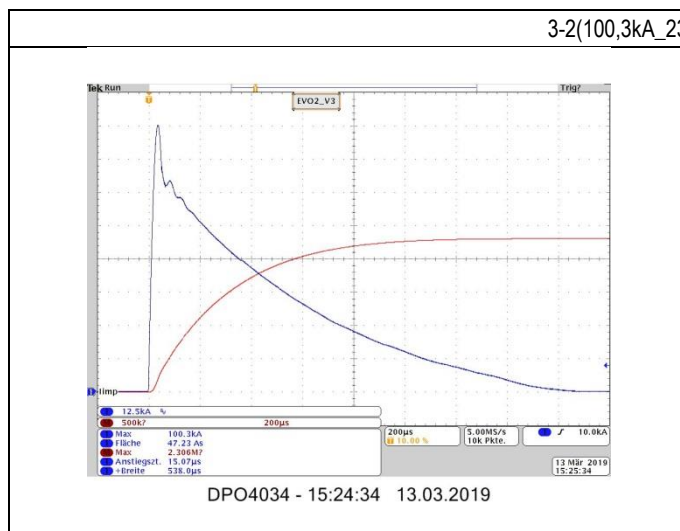


Bild A.26: Prüfling 3 nach Impuls 3-2

3-3(100,3kA_2385kA²s)

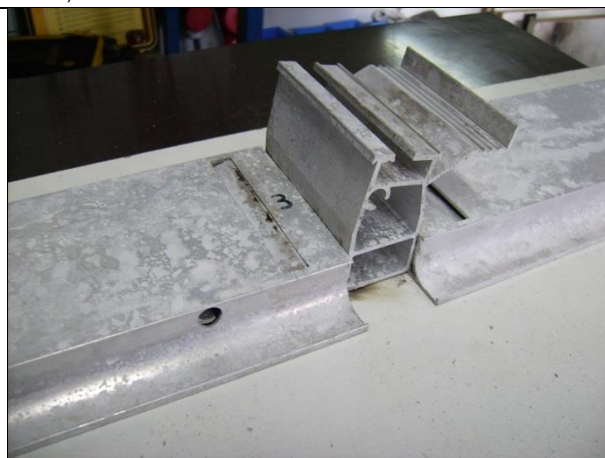
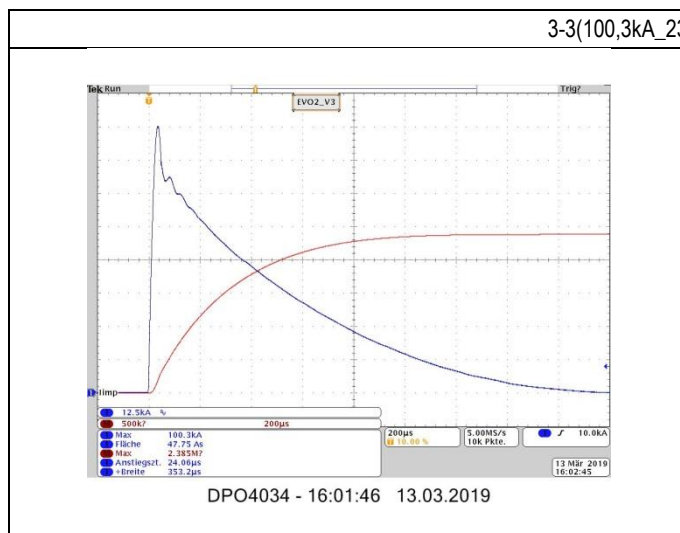
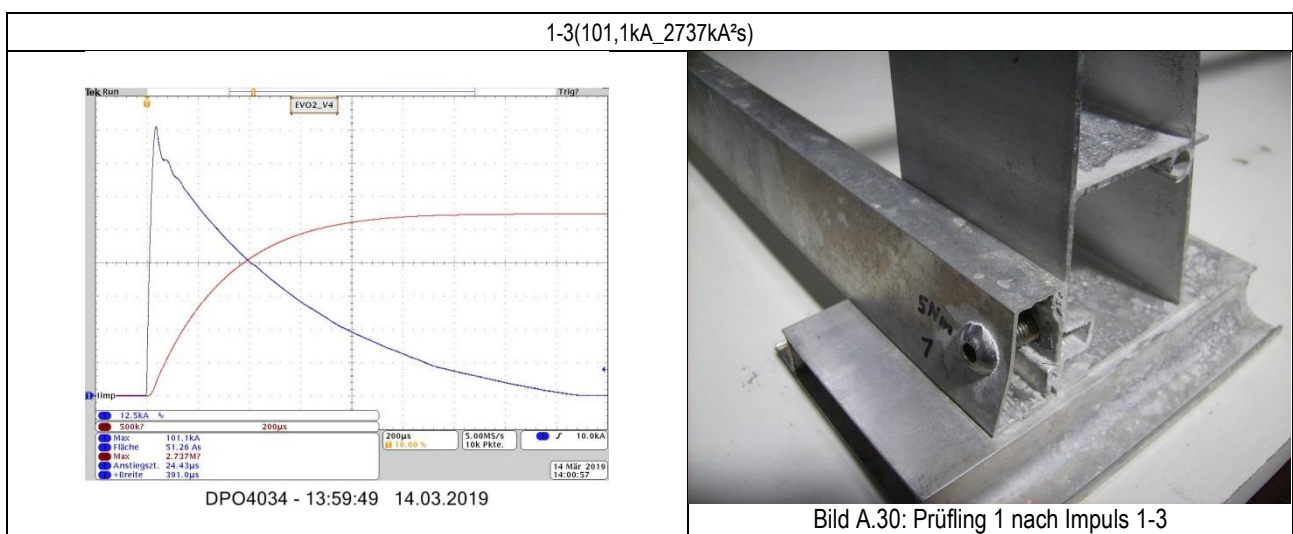
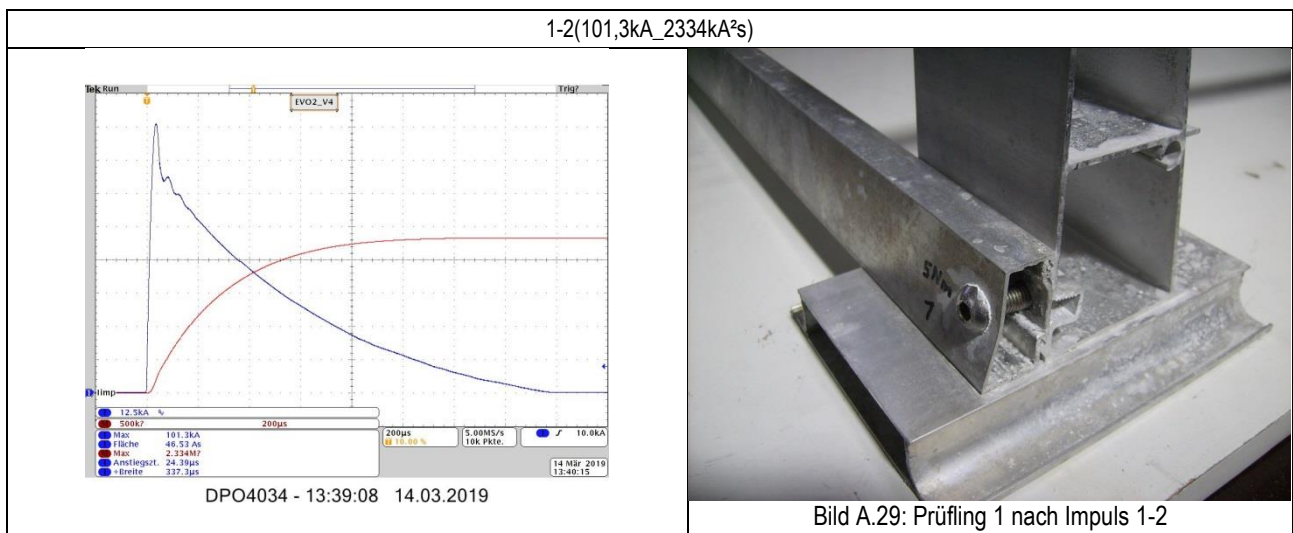
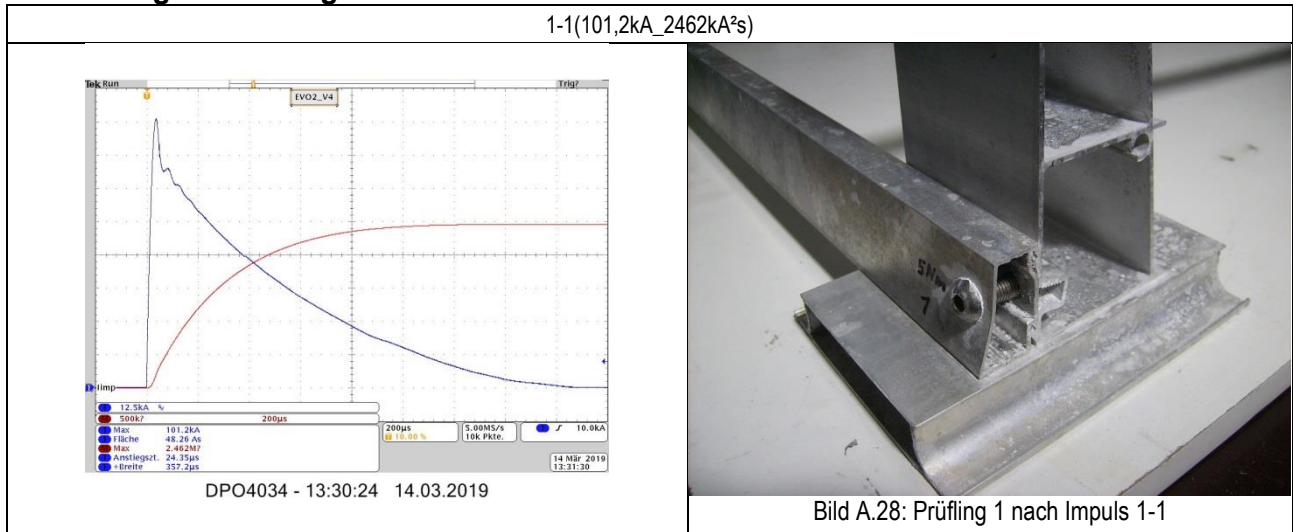


Bild A.27: Prüfling 3 nach Impuls 3-3

A.4 Prüfimpulse – Verbindung 4

Verbindung 4 – Prüfling 1:



Verbindung 4 – Prüfling 2:

2-1(101,3kA_2391kA²s)

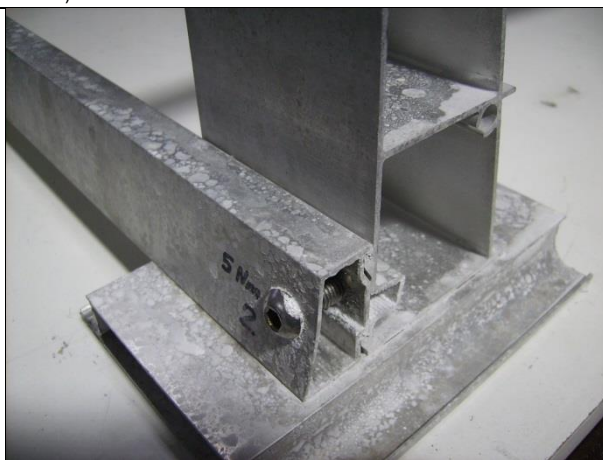
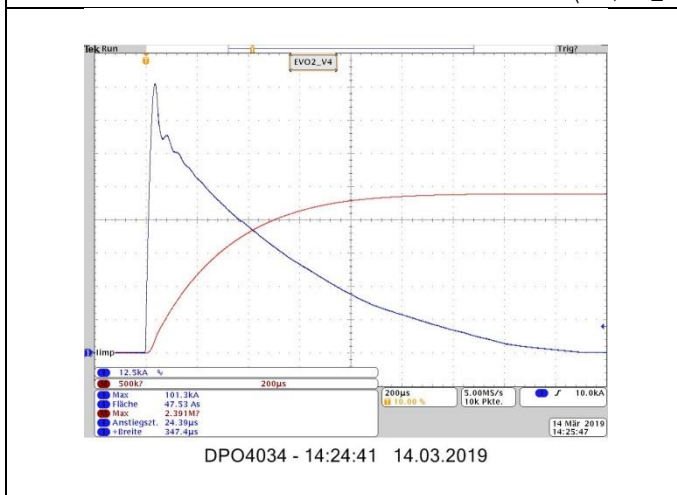


Bild A.31: Prüfling 2 nach Impuls 2-1

2-2(101,2kA_2416kA²s)

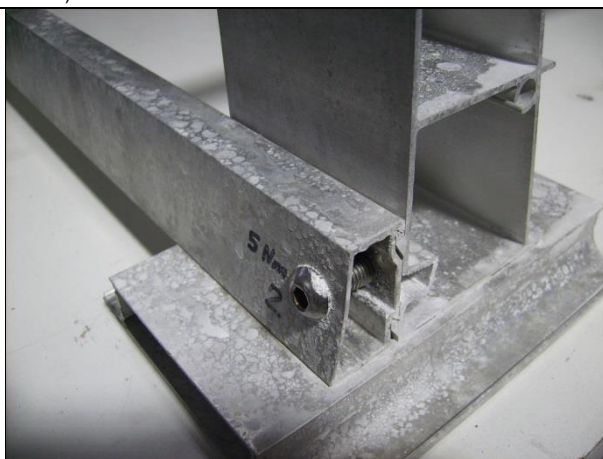
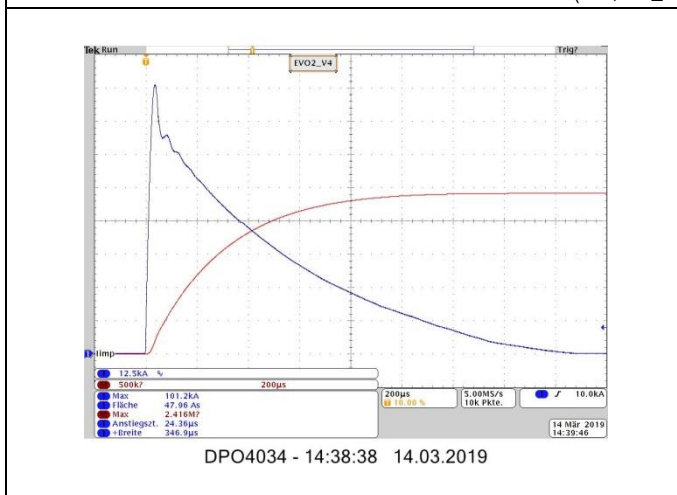


Bild A.32: Prüfling 2 nach Impuls 2-2

2-3(99,12kA_2739kA²s)

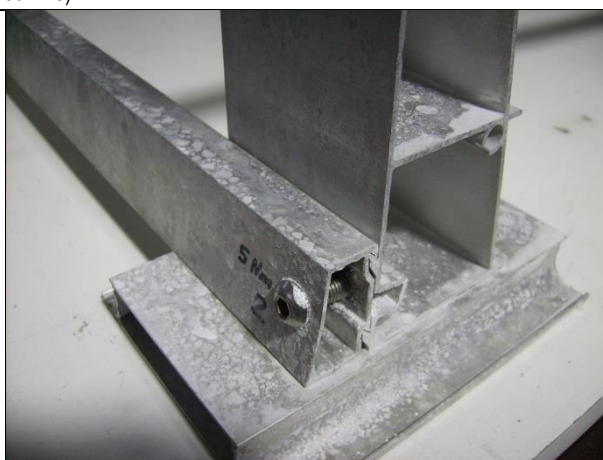
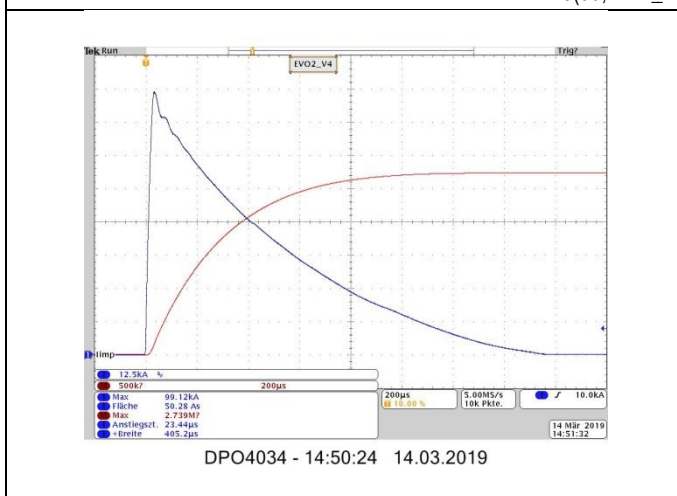


Bild A.33: Prüfling 2 nach Impuls 2-3

Verbindung 3 – Prüfling 3:

3-1(97,10kA_2674kA²s)

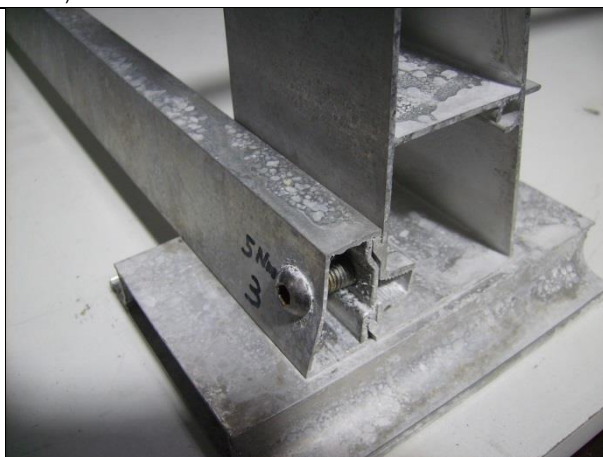
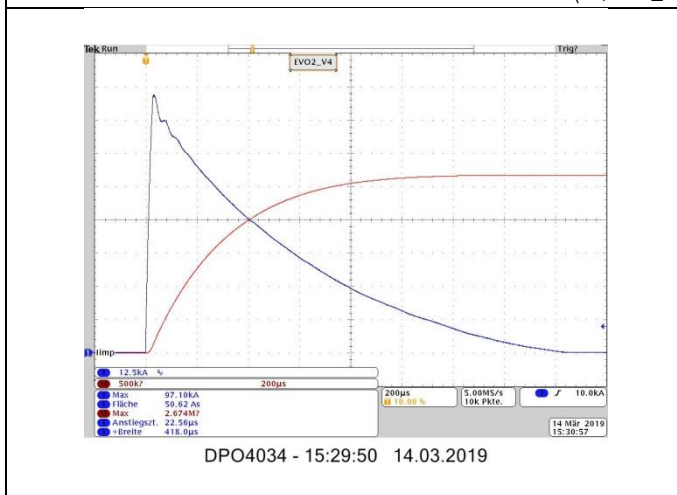


Bild A.34: Prüfling 3 nach Impuls 3-1

3-2(98,72kA_2768kA²s)

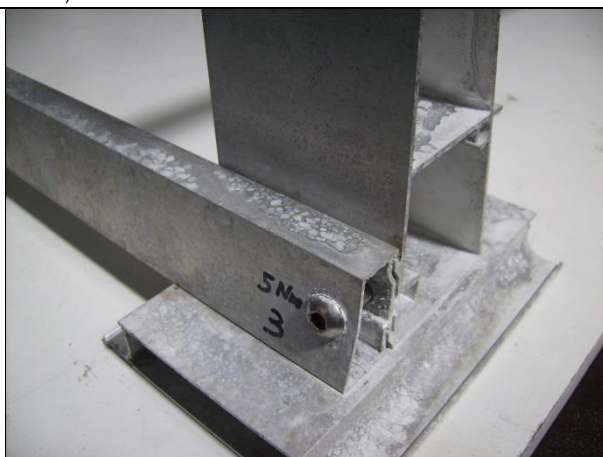
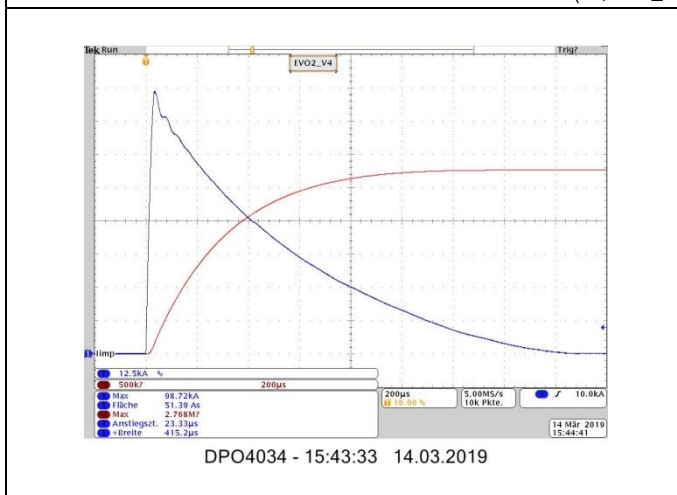


Bild A.35: Prüfling 3 nach Impuls 3-2

3-3(101,0kA_2332kA²s)

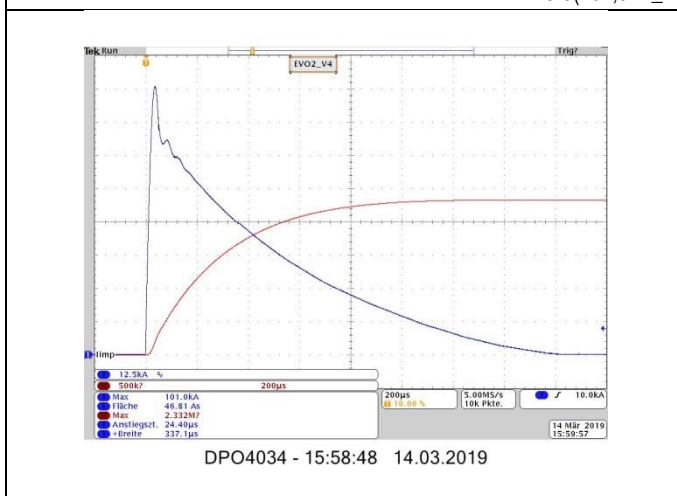


Bild A.36: Prüfling 3 nach Impuls 3-3

Anhang B

Konditionierung/Alterung für Verbindungsbauteile oberhalb des Erdbodens

B.1 Salznebelbehandlung

Salznebelbehandlung nach IEC 60082-2-52:1996, ausgenommen die Abschnitte 7, 10 und 11, die nicht anwendbar sind.

Die Prüfung wird bei Verwendung des Schärfegrades (2) durchgeführt.

Folgende Bilder zeigen auszugsweise einen Prüfablauf für die Prüflinge der Verbindung 3 / 4.

Start:



Bild B.1



Bild B.2



Bild B.3

Ende:



Bild B.4



Bild B.5



Bild B.6

B.2 Behandlung unter feuchter schwefelhaltiger Atmosphäre

Behandlung unter feuchter schwefeliger Atmosphäre nach EN ISO 6988:1985 mit sieben Zyklen bei einer Schwefeldioxidkonzentration von 667×10^{-6} (in Volumen).

Jeder 24h-Zyklus besteht aus einer Erwärmungsphase von 8 h, bei $(40 \pm 3) \text{ }^\circ\text{C}$ in feuchter gesättigter Atmosphäre, auf die eine Ruhezeit von 16 h folgt. Vor jedem nächsten Zyklus wird die SO_2 -Atmosphäre ersetzt.

Folgende Bilder zeigen auszugsweise einen Prüfablauf für die Prüflinge der Verbindung 2.

Start:



Bild B:7



Bild B:8

Ende:

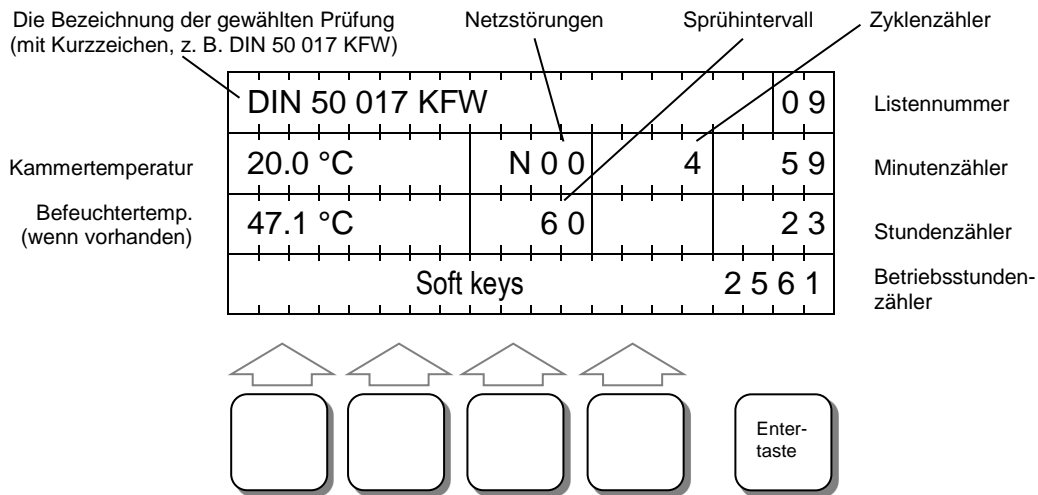


Bild B:9



Bild B:10

B.3 Erläuterungen zur Statusanzeige der Alterungsanlage



- Kammertemp.: Temperatur in der Prüfkammer
- Befeuchtertemp.: Temperatur des Luftbefeuchters
- Soft keys: Die Funktion dieser Tasten wird jeweils in der unteren Zeile des Textbildschirmes angezeigt.
- Zyklusnummer: Anzahl der restlichen Zyklen einer Prüfung, einschließlich des gerade laufenden Zyklus. (Wird verwendet bei zyklischen Prüfungen)
- Listennummer: z. Zeit laufender Programmabschnitt
- Minutenzähler: Zeigt die restlichen Minuten einer Stunde an
- Stundenzähler: Anzahl der Reststunden eines laufenden Prüfabschnittes
- Netzstörungen: Anzahl der aufgetretenen Netzstörungen
 Eine Anzahl von >2 /Tag lässt auf ein stark gestörtes Versorgungsnetz schließen. Ein „N“ vor den Ziffern zeigt nach einem aufgetretenen Stromausfall an, dass das Prüfgerät automatisch „N“eu gestartet wurde, und die aktuelle Prüfung mit den gespeicherten Werten fortgesetzt hat.
- Betriebsstunden-zähler: Anzahl der bisher abgelaufenen Betriebsstunden einer Prüfung