

DIN EN IEC 60352-9

ICS 31.220.10

Einsprüche bis 2023-01-11

Entwurf

**Lötfreie Verbindungen –
Teil 9: Ultraschallschweißen –
Allgemeine Anforderungen, Prüfverfahren und praktische Hinweise
(IEC 48B/2891/CD:2021);
Text Deutsch und Englisch**

Solderless connections –
Part 9: Ultrasonic welding –
General requirements, test methods and practical guidance
(IEC 48B/2891/CD:2021);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-11-11 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Merianstraße 28, 63069 Offenbach am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 117 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 48B/2891/CD:2021-06 „Solderless connections – Part 9: Ultrasonic welding – General requirements, test methods and practical guidance“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom IEC/SC 48B „Electrical connectors“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/K 651 „Steckverbinder“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnitsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Inhalt

	Seite
Einleitung.....	9
1 Anwendungsbereich.....	10
2 Normative Verweisungen.....	10
3 Begriffe.....	11
4 Angaben zu Draht und Anschlüssen.....	13
4.1 Leiterwerkstoffe.....	13
4.2 Beschichtung der Leiteroberfläche.....	13
5 Anforderungen an Ultraschallschweißen.....	13
5.1 Allgemeines.....	13
5.2 Allgemeine Anforderungen.....	15
5.3 Einfluss der Leitungslänge auf Schweißungen am anderen Ende der Anschlussverbindungen.....	16
5.4 Anforderungen an die Auslegung.....	16
5.5 Mechanischer und elektrischer Schutz des Schweißpakets.....	17
5.6 Leiterkombinationen – Anforderungen.....	18
5.7 Kompaktierungsverhältnis von Ultraschallschweißverbindungen.....	19
6 Prüflinge.....	20
6.1 Prüfling vom Typ A1 oder Typ A2.....	20
6.2 Prüfling vom Typ B1 oder Typ B2.....	20
6.3 Prüfling vom Typ C.....	21
6.4 Prüfling vom Typ D.....	21
7 Ultraschallschweißprüfungen.....	22
7.1 Allgemeine Anmerkungen zu Prüfungen.....	22
7.1.1 Allgemeine Prüfbedingungen.....	22
7.1.2 Vorbehandlung.....	22
7.1.3 Nachbehandlung.....	22
7.2 Sichtprüfung mit Maßprüfungen.....	22
7.2.1 Maße und Grenzabmaße.....	23
7.2.2 Vergrößerungshilfsmittel (Sichtprüfung).....	23
7.2.3 Sichtprüfung von ultraschallgeschweißten Spleißverbindungen.....	23
7.2.4 Sichtprüfung von ultraschallgeschweißten Verbindungen von Leitung und Anschluss.....	24
7.3 Mechanische Prüfungen an Ultraschallschweißungen.....	27
7.3.1 Biegeprüfung an durchgehenden Spleißverbindungen.....	27
7.3.2 Biegeprüfung an geschweißten Verbindungen von Leitung und Anschluss.....	27
7.3.3 Schälprüfung an Spleiß-Schweißpaketen.....	28
7.3.4 Schälprüfungen an Anschluss-Schweißpaketen.....	29
7.3.5 Ausziehkraftprüfungen an geschweißten Spleißverbindungen.....	29
7.3.6 Ausziehkraftprüfungen an einer Verbindung von Leitung und Anschluss.....	31
7.3.7 Schwingprüfungen an Spleißverbindungen.....	32

7.3.8	Schwingprüfungen an einer Verbindung von Leitung und Anschluss.....	33
7.3.9	Kompaktierungskraftprüfungen an Endspleißen.....	34
7.4	Mikroschliffbild-Untersuchungen.....	35
7.5	Elektrische Prüfungen an Ultraschallschweißverbindungen.....	36
7.5.1	Spannungsfall an der durchgehenden oder Endspleißverbindung (Durchgangswiderstand).....	36
7.5.2	Spannungsfall an der Verbindung von Leitung und Anschluss (Widerstand).....	37
7.5.3	Strombelastbarkeit.....	38
7.5.4	Isolationswiderstand von Schweißverbindungen.....	39
7.5.5	Spannungsfestigkeit.....	39
8	Umweltprüfungen.....	40
8.1	Allgemeine Informationen zu Umweltprüfungen.....	40
8.2	Rascher Temperaturwechsel.....	40
8.3	Trockene Wärme.....	41
8.4	Kälte.....	41
8.5	Feuchte Wärme.....	42
8.6	Klimafolge / Reihenfolge von klimatischen Prüfungen.....	42
8.7	Korrosionsprüfung mit strömendem Mischgas.....	42
9	Einteilung in Produktstufen.....	43
9.1	Allgemeines.....	43
9.2	Produkt der Stufe A.....	43
9.3	Produkt der Stufe B.....	43
9.4	Produkt der Stufe C.....	43
10	Prüfpläne.....	44
10.1	Prüfplan A (Produkte der Stufe A, siehe 10.2).....	44
10.2	Prüfplan B (Produkte der Stufe B, siehe 10.3).....	44
10.2.1	Allgemeines.....	44
10.2.2	Mechanische Prüfungen in Prüfplan B.....	45
10.2.3	Elektrische Prüfungen in Prüfplan B.....	46
10.2.4	Mikroschliffprüfungen in Prüfplan B.....	46
10.3	Prüfplan C (Produkte der Stufe C, siehe 10.4).....	46
10.3.1	Allgemeines.....	46
10.3.2	Mechanische Prüfungen nach Prüfplan C.....	47
10.3.3	Elektrische Prüfungen nach Prüfplan C.....	48
10.3.4	Mikroschliffprüfungen in Prüfplan C.....	48
10.3.5	Umweltprüfungen in Prüfplan C.....	48
11	Zusätzliche geltende Prüfgruppen (falls gefordert).....	49
12	Flussdiagramme.....	50
	Anhang A (informativ) Anwendungshinweise.....	54
A.1	Ultraschallschweißsystem – Aufbau.....	54
A.2	Lagerungs- und Verarbeitungsbedingungen.....	55

A.3	Verarbeitungsverfahren.....	56
A.3.1	Allgemeine Anforderungen der Werkzeugtechnologie.....	56
A.3.2	Überwachung.....	56
A.3.3	Kalibrierung von Werkzeugen und Geräten.....	57
Bilder		
Bild 1	– Visuelle Darstellung des Schweißbereichs (1) von zwei abisolierten Leitern mit Schutzisolierung (2).....	14
Bild 2	– Kompaktiertes Ende.....	14
Bild 3	– Endspleiß.....	14
Bild 4	– Cu-Al-Stoßverbindung.....	14
Bild 5	– Cu-Cu-Stoßverbindung.....	14
Bild 6	– Beispiel 1 für Ultraschallschweißen an Anschlüssen.....	15
Bild 7	– Beispiel 2 für Ultraschallschweißen an Anschlüssen.....	15
Bild 8	– Beispiel 3 für Ultraschallschweißen an Anschlüssen.....	15
Bild 9	– Beispiel 4 für Ultraschallschweißen an Anschlüssen.....	15
Bild 10	– Visuelle Darstellung der Leiterlänge (3) zwischen Anschluss (2) und Schweißpaket (1).....	16
Bild 11	– Querschnittsansicht der Ultraschallausbreitung (6) durch die Sonotrode (1) im Schweißhohlraum (5), gerichtet gegen die passiven Oberflächen (2), mit Spalt (3) und ohne Spalt (4) zwischen den Werkzeugen/Geräten.....	16
Bild 12	– Querschnittsansicht des empfohlenen unsymmetrischen Einsetzens für die einzelnen Leiter über der Sonotrode (5) im Schweißhohlraum, große Drähte (1), mittelgroße Drähte (2), feine Drähte (3), feinste Drähte (4).....	17
Bild 13	– alternative Querschnittsansicht des empfohlenen unsymmetrischen Einsetzens für die einzelnen Leiter über der Sonotrode (5) im Schweißhohlraum, große Drähte (1), mittelgroße Drähte (2), feine Drähte (3), feinste Drähte (4).....	17
Bild 14	– Anforderungen an die Auslegungsspezifikationen eines Spleißes.....	17
Bild 15	– Isolierungsmaßnahmen am durchgehenden Spleiß von einem Leiter auf mehrere Leiter.....	18
Bild 16	– Isolierungsmaßnahmen an der Stoßverbindung mit mehreren Leitern auf beiden Seiten.....	18
Bild 17	– Isolierungsmaßnahmen am Endspleiß mit mehreren Leitern (versiegeltes Ende).....	18
Bild 18	– Beispiele für Mikroschnitte für das Kompaktierungsverhältnis: 105 % (1), 110 % (2), 125 % (3)....	19
Bild 19	– Spezifikationen für die Berechnung des Kompaktierungsverhältnisses des Schweißpakets mit Höhe (1), Paketbreite (2), Einzeldraht (3), Einzeldrahtdurchmesser (4), Gesamtfläche aller Einzeldrähte A_5 (5).....	19
Bild 20	– Prüfling vom Typ A1 (nur 1 Leitungstyp).....	20
Bild 21	– Prüfling von Typ A2 (mehrere verschiedene Leitertypen), z. B. (1), (2), (3) und (4).....	20
Bild 22	– Prüfling vom Typ B1, Stoßverbindung mit zwei Leitungen vom Typ 1 und Typ 2.....	21
Bild 23	– Prüfling vom Typ B2, Stoßverbindung mit vier Leitungen vom Typ 1, Typ 2, Typ 3 und Typ 4.....	21
Bild 24	– Prüfling vom Typ C, Endspleißverbindung mit Leitungen vom Typ 3 und Typ 4.....	21
Bild 25	– Prüfling vom Typ D an der Verbindung von Leitung und Anschluss, Drahtlänge: 200 mm.....	21
Bild 26	– Klimatische Anforderungen.....	22
Bild 27	– Messung der Schweißhöhe (1) mit einer Messsensorbreite (4) > 2 mm.....	25
Bild 28	– Messung der Schweißbreite (2).....	25

Bild 29 – Anforderungen an den Drahtüberstand (3) des Schweißpakets am Anschluss.....	25
Bild 30 – Anforderungen an 90°-Biegeprüfung, Leitertyp (1), Leitertyp (2) mit Befestigung (3) im Abstand von 30 mm zur Biegehalterung (4).....	27
Bild 31 – Anforderungen an Biegeprüfung (3), Befestigungen (2), Schweißpaket (1), Anschluss (4), Paketachse (5).....	27
Bild 32 – Prüfaufbau für Schälprüfungen für Zugkraftwerte, Spleiß (1), Befestigungen (2), Leitertyp 1 (3), Leitertyp 2 (4).....	28
Bild 33 – Prüfaufbau für die Schälprüfung (3), Befestigungen (2), seitliche Befestigungen mit einem Überstand von jeweils 1,0 mm auf der Anschlussoberfläche (5), Schweißpaket (1), Anschluss (4).....	29
Bild 34 – Prüfaufbau für Ausziehkraftprüfung, Spleiß (1), Befestigungen (2), Leitertyp 1 (3), Leitertyp 2 (4), Zugachse (5).....	30
Bild 35 – Prüfaufbau für die Ausziehkraftprüfung bei Schweißverbindungen von elektrischen Leitern und Anschlüssen (3), Schweißpaket (1), Befestigungen (2), Anschluss (4), Anschlussträger (5).....	31
Bild 36 – Prüfaufbau für Schwingprüfungen am Spleiß (1), Befestigungen (2), 200 mm Abstand der Befestigungen (3), Schwingtisch (4).....	33
Bild 37 – Aufbau für die Schwingprüfung (3) des Schweißpakets (1), Schwingtisch (5), Befestigungen (2), Anschluss (4), Referenzleitung mit Gegenkontakt-Steckverbinder (6).....	33
Bild 38 – Endspleiß einer einzelnen Litze (kompaktiertes Litzenende).....	34
Bild 39 – Endspleiß einer einzelnen Litze (kompaktiertes Litzenende).....	34
Bild 40 – Endspleiß einer einzelnen Litze (kompaktiertes Litzenende).....	34
Bild 41 – Endspleiß einer einzelnen Litze (kompaktiertes Litzenende).....	35
Bild 42 – Beispiel für Prüfklemmen verschiedener Größen.....	35
Bild 43 – Beispiel 1 für ein zulässiges Mikroschliffbild von ultraschallgeschweißten Einzeldrähten aus Kupfer.....	36
Bild 44 – Beispiel 2 für ein zulässiges Mikroschliffbild von ultraschallgeschweißten Einzeldrähten aus Kupfer.....	36
Bild 45 – Beispiel 3 für ein zulässiges Mikroschliffbild von ultraschallgeschweißten Einzeldrähten aus Kupfer.....	36
Bild 46 – Messaufbau für Messung am Spleiß (2 bis 20 Drähte).....	36
Bild 47 – Messungen an Referenzleitungen vom Typ 1 und Typ 2.....	37
Bild 48 – Aufbau für die Messung des Spannungsfalls (U1) an der Schweißverbindung von Anschlüssen..	37
Bild 49 – Messung des Spannungsfalls (U2) mit der gleichen Referenzleitung (1).....	37
Bild 50 – Aufbau für Erwärmungsmessungen bei Strombelastung, Konstantstromquelle (1), Prüfling (2), Wärmekammer (3), Temperaturfühler am Prüfling (S _{tp}) und Umgebungstemperaturfühler (S _{tu}).....	38
Bild 51 – Wärmekammer mit Ventilöffnung für Strombelastungsmessungen, Prüfling (1), Befestigungen (2), Anschluss an Konstantstromquelle (3), Gehäuse der Wärmekammer (4).....	39
Bild 52 – Graph der Prüfung der dielektrischen Widerstandsspannung (Spannungsfestigkeit).....	40
Bild A.1 – Ultraschallschweißprozesse: (1) Längsschweißen, (2) torsionales Schweißen.....	54
Bild A.2 – Schematische Darstellung der funktionalen Werkzeuge/Geräte eines Schweißsystems, Sonotrode (1), Seitenschieber (2), Ambossplatte (3), Amboss (4), Schweißhohlraum (5), Booster (6), Umformer (7), Generatoranschluss (8).....	54
Bild A.3 – Schematische Darstellung des Arbeitsbereichs für den Schweißbereich, Sonotrode (1), Seitenschieber (2), Ambossplatte (3), Amboss (4), Schweißhohlraum (5), offenes System (6), geschlossenes System (7), Spalt zwischen Werkzeugen/Geräten (8), Beispiele für Werkzeug-/Geräteformen (9).....	55

Tabellen

Tabelle 1 – Werte für Anforderungen an den Aufbau des Schweißpakets.....	17
Tabelle 2 – Leiterkombinationen.....	18
Tabelle 3 – Maße und Grenzabmaße bei Leitungssätzen.....	23
Tabelle 4 – Verwendung von Vergrößerungshilfsmitteln bei Sichtprüfungen.....	23
Tabelle 5 – Beispiele für gute Schweißungen für Endspleiße und durchgehende Spleiße.....	24
Tabelle 6 – Darstellung von Fehlereigenschaften für Endspleiße und durchgehende Spleiße.....	24
Tabelle 7 – Anmerkungen zu zulässigen Merkmalen beim Ultraschallschweißen zwischen Anschluss und Leitung.....	25
Tabelle 8 – Anmerkungen zu nicht zulässigen Merkmalen beim Ultraschallschweißen zwischen Anschluss und Leitung.....	26
Tabelle 9 – Schälkraftwerte bei Kupfer-Ultraschallschweißpaketen.....	28
Tabelle 10 – Schälkraftwerte bei Aluminium-Ultraschallschweißpaketen.....	28
Tabelle 11 – Schälkraftwerte von Kupfer-Ultraschallschweißpaketen von Anschlüssen bei einer Geschwindigkeit von 50 mm/min $\pm$ 5 mm/min.....	29
Tabelle 12 – Schälkraftwerte von Aluminium-Ultraschallschweißpaketen von Anschlüssen bei einer Geschwindigkeit von 50 mm/min $\pm$ 5 mm/min.....	29
Tabelle 13 – Ausziehkraftwerte von ultraschallgeschweißten Kupfer-Spleißen bei einer Geschwindigkeit von 50 mm/min $\pm$ 5 mm/min.....	30
Tabelle 14 – Ausziehkraftwerte von ultraschallgeschweißten Aluminium-Spleißen bei einer Geschwindigkeit von 50 mm/min $\pm$ 5 mm/min.....	30
Tabelle 15 – Ausziehkraftwerte von Kupfer-Ultraschallschweißpaketen bei einer Geschwindigkeit von 50 mm/min $\pm$ 5 mm/min.....	31
Tabelle 16 – Abhängigkeit der Paketbreite vom Leiterquerschnitt (Empfehlung).....	31
Tabelle 17 – Ausziehkraftwerte von Aluminium-Ultraschallschweißverbindungen bei einer Geschwindigkeit von 50 mm/min $\pm$ 5 mm/min.....	32
Tabelle 18 – Abhängigkeit der Paketbreite vom Leiterquerschnitt (Empfehlung).....	32
Tabelle 19 – Schärfegrade der Schwingprüfung (sinusförmig) an ultraschallgeschweißten Spleißverbindungen.....	33
Tabelle 20 – Schärfegrade der Schwingprüfung (sinusförmig) an ultraschallgeschweißten Spleißverbindungen.....	34
Tabelle 21 – Anforderungen an die Prüfung einzelner kompaktierter Enden.....	35
Tabelle 22 – Prüfspannungen bei der Prüfung der Spannungsfestigkeit.....	40
Tabelle 23 – Prüfgruppe P0 – Erstprüfung.....	44
Tabelle 24 – Prüfgruppe P1: Biegeprüfung.....	44
Tabelle 25 – Prüfgruppe P0 – Erstprüfung.....	45
Tabelle 26 – Prüfgruppe P1: Biegeprüfung.....	45
Tabelle 27 – Prüfgruppe P2: Schälprüfungen nach ISO 10447.....	45
Tabelle 28 – Prüfgruppe P3: Ausziehkraftprüfung.....	45
Tabelle 29 – Prüfgruppe P4: Kompaktierungskraft für Endspleiße einer einzelnen Litze.....	45
Tabelle 30 – Prüfgruppe P6: Spannungsfall (Durchgangswiderstand).....	46
Tabelle 31 – Prüfgruppe P7: Isolationswiderstand.....	46
Tabelle 32 – Prüfgruppe P10: Mikroschliff.....	46

Tabelle 33 – Prüfgruppe P0: Erstprüfungen.....	46
Tabelle 34 – Prüfgruppe P1: Biegeprüfung.....	47
Tabelle 35 – Prüfgruppe P2: Schälprüfungen nach ISO 10447.....	47
Tabelle 36 – Prüfgruppe P3: Ausziehkraftprüfungen.....	47
Tabelle 37 – Prüfgruppe P4: Kompaktierungskraftprüfung für Endspleiße einer einzelnen Litze.....	47
Tabelle 38 – Prüfgruppe P5: Schwingprüfung (sinusförmig).....	47
Tabelle 39 – Prüfgruppe P6: Spannungsfall (Durchgangswiderstand).....	48
Tabelle 40 – Prüfgruppe P7: Isolationswiderstand.....	48
Tabelle 41 – Prüfgruppe P8: Strombelastbarkeit.....	48
Tabelle 42 – Prüfgruppe P10: Mikroschliff.....	48
Tabelle 43 – Prüfgruppe P11: Umweltprüfungen.....	48
Tabelle 44 – Prüfgruppe P9: Spannungsfestigkeit.....	49
Tabelle 45 – Prüfgruppe P12: Korrosion.....	49

Einleitung

Ultraschallschweißen ist ein besonderes Verfahren des Reibschweißens (kalt) und ist in ISO 4063 als Prozess ISO 4063-41 festgelegt. Ultraschallschweißverbindungen werden, anders als Lötverbindungen, als wiederholbare, einheitliche, kostengünstige und zuverlässige leitfähige Verbindungen betrachtet.

IEC Leitlinie 109 fordert, dass die Umweltauswirkungen eines Produkts während seiner Lebenszyklusphasen minimiert werden. Es ist zu erwarten, dass einige der nach dieser Norm zugelassenen Werkstoffe, Herstellungs- und Montageverfahren nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt haben können. In diesem Fall sollten diese Werkstoffe, Herstellungs- und Montageverfahren vermieden werden. Wenn weitere technologische Entwicklungen zu akzeptablen Alternativen für diese Werkstoffe führen, müssen diese nach dem Prüfprogramm C geprüft werden.

Lötfreie Verbindungen – Teil 9: Ultraschallschweißen – Allgemeine Anforderungen, Prüfverfahren und praktische Hinweise

1 Anwendungsbereich

Zweck dieses Teils von IEC 60352 ist es:

- a) Anforderungen und Leitlinien für die qualitativ hochwertige Fertigung und bewährte Verfahren für die Vorbereitung zum Ultraschallschweißen und für die Prüfung von Ultraschallschweißverbindungen festzulegen;
- b) Hohe Erträge und hohe Produktqualität durch Prozesssteuerung während der Herstellung zu ermöglichen;
- c) Herstellern und Anwendern von Ultraschallschweißverbindungen, zu ermöglichen, bewährte Verfahren als Bestandteil eines Vertrags festzulegen.

Dieses Dokument umfasst Ultraschallschweißverbindungen mit Drähten aus Kupfer oder einer Kupferlegierung sowie aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, je nach Spezifikation des Endenabschlusses.

Diese Norm ist anwendbar auf geschweißte Metall-Metall-Verbindungen, d. h. als Einzeldrähte oder mit Bauteilen verschweißter Litzen mit einer Querschnittsfläche von 0,08 mm² bis 160 mm², die als geschweißte Spleißverbindungen eine Gesamtquerschnittsfläche von 200 mm² nicht überschreiten.

Zusätzlich zu den Prüfverfahren sind Angaben zu Werkstoffen und Daten aus der industriellen Praxis enthalten, damit elektrisch stabile Verbindungen unter festgelegten Umweltbedingungen hergestellt werden können.

Zweck dieses Dokuments ist die Festlegung der Anforderungen an geschweißte Metall-Metall-Verbindungen unter festgelegten mechanischen, elektrischen und klimatischen Bedingungen sowie vergleichbare Prüfergebnisse beim Einsatz von Ultraschallschweißgeräten verschiedener Ausführungen oder Hersteller zu erreichen, die ein Betriebsverhalten und Spezifikationen aufweisen, die mit denen der Hersteller von Endenabschlüssen für Ultraschallschweißen kompatibel sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60050(841), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 841 – Electromechanical components for electronic equipment*

IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60189-3, *Low-frequency wires and wires with PVC insulation and PVC sheath – Part 3: Equipment wires with solid or stranded conductor, PVC insulated, in singles, pairs and triples*

IEC 60512 (alle Teile), *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements*

IEC 60721-3-1, *Classification of environmental conditions - Part 3-1: Classification of groups of environmental parameters and their severities - Storage*

IEC 60947-1, *Low-voltage switchgear, and control gear - Part 1: General rules*

IEEE/ASTM SI 10 *American National Standard for Use of the International System of Units (SI): The Modern Metric System*

ISO 4063, *Welding and allied processes — Nomenclature of processes and reference numbers*

ISO 6892, *Metallic materials - Tensile testing - Part 1: Method of test at room temperature*

ISO 9001, *Quality management systems*

ISO 10447, *Resistance welding - Testing of welds - Peel and chisel testing of resistance spot and projection welds*

ISO 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

ISO 21747, *Statistical methods — Process performance and capability statistics for measured quality characteristics*

ISO/IEC 80000 *Quantities and units*

IATF 16949:2016, *Quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organizations*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Ultraschallschweißen

Verfahren, bei dem mechanische Schwingungen mit kleiner Amplitude und Frequenz im Ultraschallbereich zusammen mit statischem Druck eine Verbindung von Werkstoffen bei Temperaturen ermöglichen, die weit unter deren Schmelzpunkt liegen

[QUELLE: IEV 841-33-03]

3.2

Ultraschallschweißgerät

Ultraschallsystem

System bestehend aus einem Ultraschallgenerator, einem Ultraschallumformer, einer Sonotrode und dem für diesen Vorgang erforderlichen elektrischen und mechanischen Zubehör. Bild A.2 zeigt den schematischen Aufbau eines Schweißsystems, in diesem Fall für geschweißte Spleißverbindungen

3.3

Ultraschallgenerator

Quelle, die hochfrequente elektrische Energie für Ultraschallwandler erzeugt

3.4

Ultraschallumformer

Umformer, der elektrische Energie in mechanische Schwingungen umwandelt. Bild A.2 zeigt den schematischen Aufbau eines Schweißsystems, Nummer 7 zeigt den Umformer

3.5

Sonotrode

Bauteil, das Ultraschallschwingungen direkt an die zu schweißenden Teile überträgt. Bild A.2 zeigt den schematischen Aufbau eines Schweißsystems, Nummer 1 zeigt die Sonotrode

3.6

Schwingungs-Booster

Zwischement zwischen dem Umformer und der Sonotrode, das die Ultraschallschwingungen verstärkt. Bild A.2, Nummer 6, zeigt einen Booster

3.7

Oberfläche oder Ambossplatte

passive Wand für den Schweißhohlraum unterhalb oder neben dem Amboss und durch einen festgelegten Spalt getrennt von der Sonotrode, um eine Berührung und eine damit im Zusammenhang stehende Beschädigung der Werkzeuge/Geräte zu verhindern. Bild A.2, Nummer 3, zeigt die Ambossplatte

3.8

Ultraschall-Seitenschieber

wird vor dem Schweißen über die Sonotrode bewegt, um die Schweißbreite anzupassen. Je nach Maschinenversion kann dies auch über den Amboss erfolgen. Es handelt sich um eine passive Wand für den Schweißhohlraum. Bild A.2, Nummer 2, zeigt den Seitenschieber

3.9

Amboss

eine passive Wand für den Schweißhohlraum. Der Amboss befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite des Horns. Bild A.2 zeigt den schematischen Aufbau eines Schweißsystem, Nummer 4 zeigt den Amboss

3.10

Ultraschallschweißhohlraum

anlagenspezifischer Bereich für die Einfügung der zu schweißenden Werkstoffe/Bauteile. Bild A.2 zeigt den schematischen Aufbau eines Schweißsystem, Nummer 5 zeigt den Hohlraum

3.11

Ultraschallspleißlänge

systemspezifischer Bereich der Sonotrode, mit dem die Länge des Schweißpakets festgelegt wird. In Bild 14 ist der Teil mit dem Buchstaben A die Spleißlänge.

3.12

Ultraschallschweißbreite

definiert durch die passiven Werkzeuge/Geräte der Schweißmaschine, die den Schweißhohlraum bilden. Bild 28, Nummer 2, zeigt die Schweißbreite

3.13

Ultraschallschweißhöhe

Spleißhöhe als Ergebnis der Prozessparameter, bezogen auf die verwendeten Werkstoffe/Bauteile. Bild 27, Nummer 1, zeigt die Schweißhöhe

3.14

ultraschallkompaktiertes Litzenende

Litze, deren Einzeldrähte an einem nicht isolierten Ende zusammengeschweißt sind. Bild 2 zeigt ein kompaktiertes Litzenende

3.15

Ultraschallkompaktierungsverhältnis

Verhältnis der Querschnittsfläche der geschweißten Litzen zur Querschnittsfläche der Summe aller zu schweißenden Einzeldrähte. Bild 18 zeigt eine schematische Darstellung des Kompaktierungsverhältnisses

3.16

Ultraschallschweißpaket

Schweißverbindung von Einzeldrähten untereinander oder in Verbindung mit Bauteilen, im Zusammenhang mit Paketlänge und Paketbreite. Bild 10, Nummer 1, zeigt ein Spleißschweißpaket und Bild 31, Nummer 1, zeigt ein Schweißpaket an einem Anschluss

3.17**Ultraschallspleißverbindung**

durchgehendes Ultraschallschweißpaket in axialer Richtung mit zwei oder mehr Litzen. Bild 3, Bild 4 und Bild 5 zeigen Spleißverbindungen

3.18**ultraschallkompaktierter Endspleiß**

ultraschallgeschweißte Endverbindung mit zwei oder mehr Litzen aus einer Richtung. Bild 3 zeigt einen Endspleiß

4 Angaben zu Draht und Anschlüssen**4.1 Leiterwerkstoffe**

Für Ultraschallschweißverbindungen werden üblicherweise mehrdrähtige (Klasse 2), feindrähtige (Klasse 5) und feinstdrähtige (Klasse 6) Leiter (IEC 60228) verwendet.

Der Querschnitt der Litze muss im Bereich von 0,08 mm² bis 160 mm² liegen und darf bei Leitungsbündeln insgesamt 200 mm² nicht überschreiten.

Leiter aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen können ab einer Größe von 2,5 mm² ebenfalls verwendet werden.

Die Leiterisolierung muss einen festgelegten Abstand zur Schweißung haben, so dass die physikalischen Eigenschaften der Isolierung nicht durch die Wärme während des Schweißens geändert werden.

Die Temperatur, die die Leiterisolierung während des Ultraschallschweißens in diesem festgelegten Abstand erreicht (z. B. durch geeignete Prüfungen gemessen), muss mit der Dauerbetriebstemperatur der Leitungen kompatibel sein.

Die Eignung der Werkstoffe der zu schweißenden elektrischen Leiter und Anschlüsse muss geprüft werden (z. B. werden zwei Stücke derselben Leitung zusammengeschweißt, um eine Schälprüfung durchzuführen. Bei den Anschlüssen mit dem größten und kleinsten Querschnitt durchgeführt wird die Ausziehkraftprüfung durchgeführt).

4.2 Beschichtung der Leiteroberfläche

Üblicherweise werden blanke Leiter verwendet.

Leiter mit Oberflächenbeschichtung aus Zinn dürfen nicht verwendet werden, alle anderen Beschichtungen müssen geprüft werden.

5 Anforderungen an Ultraschallschweißen**5.1 Allgemeines**

Beispiele für in diesem Dokument behandelte Ultraschallschweißverbindungen.

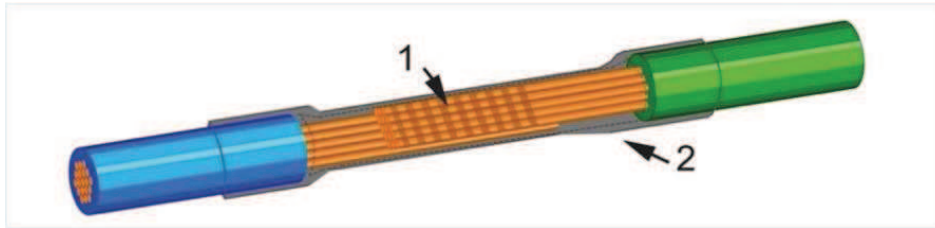


**Bild 1 – Visuelle Darstellung des Schweißbereichs (1)
von zwei abisolierten Leitern mit Schutzisolierung (2)**

Im Gegensatz zu Lötverbindungen werden Ultraschallschweißverbindungen als wiederholbare, qualitativ einheitliche, kostengünstige und zuverlässige leitfähige Verbindungen betrachtet.



Bild 2 – Kompaktiertes Ende

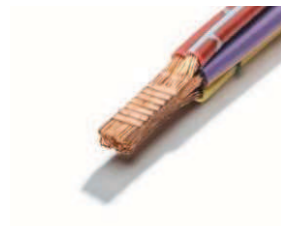


Bild 3 – Endspleiß



Bild 4 – Cu-Al-Stoßverbindung

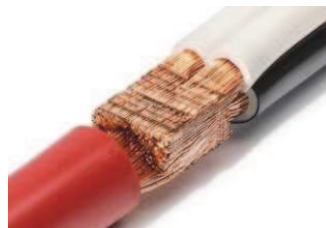


Bild 5 – Cu-Cu-Stoßverbindung



Bild 6 – Beispiel 1 für Ultraschallschweißen an Anschlüssen



Bild 7 – Beispiel 2 für Ultraschallschweißen an Anschlüssen



Bild 8 – Beispiel 3 für Ultraschallschweißen an Anschlüssen



Bild 9 – Beispiel 4 für Ultraschallschweißen an Anschlüssen

5.2 Allgemeine Anforderungen

Die Werkstoffe der zu schweißenden Leitungen müssen die Konstruktionsanforderungen erfüllen.

Es dürfen nur Leitungen verwendet werden, deren Schweißbarkeit nachgewiesen wurde.

Geschnittene oder abisolierte (vorbereitete) Leitungen müssen innerhalb von 6 Wochen verarbeitet werden.

Leitungen mit Zinnauflage können nicht geschweißt werden.

Fremdkörper (FOD) im Schweißpaket/Spleiß sind nicht zulässig.

Risse oder Brüche im Schweißpaket sind nicht zulässig.

Der Werkzeug-/Geräteabdruck muss auf der Oberfläche des Pakets klar zu sehen sein.

Fehlende, lose, eingedrückte oder hervorstehende Einzeldrähte sind nicht zulässig.

Im Prozess müssen jegliche Schmiermittel oder anderen äußeren Einflüsse vermieden werden.

Beim Einsetzen der Leitungen muss der größere Querschnitt auf Sonotrodenseite eingesetzt werden (bei den meisten Spleißschweißgeräten unten, bei Schweißmaschinen für Anschlüsse üblicherweise oben).

Die Leitungen müssen den vom Hersteller vorgesehenen Aufbau aufweisen und dürfen nicht verdreht oder anderweitig verformt oder nachbearbeitet sein.

Alle Einzeldrähte eines Leiters müssen im Schweißbereich vollständig in Längsrichtung verlaufen.

Die Leitungen sollten unsymmetrisch eingesetzt werden, da symmetrisch geschweißte Leitungen eine geringere Schälfestigkeit aufweisen.

Die Konstruktionsmaße, der mechanische Schälenschutz (bei Verbindungen mehradriger Leiter) und die Spezifikationen der Isolierung müssen beachtet werden.

Nach dem Ultraschallschweißen muss eine Sichtprüfung des Pakets durchgeführt werden.

5.3 Einfluss der Leitungslänge auf Schweißungen am anderen Ende der Anschlussverbindungen

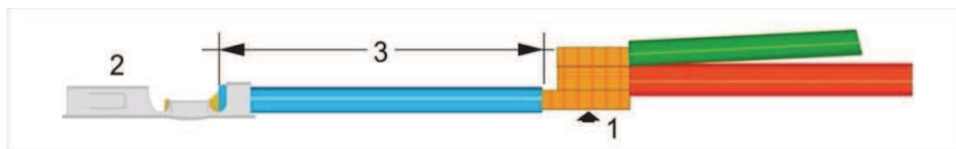


Bild 10 – Visuelle Darstellung der Leiterlänge (3) zwischen Anschluss (2) und Schweißpaket (1)

Beim Ultraschallschweißen einer Leitung, die am anderen Ende bereits über einen Endenabschluss verfügt (Bild 10), wird ein Teil der Ultraschallanregung entlang der Leitung übertragen und könnte beim vorhandenen Endenabschluss zu Funktions-/Qualitätsproblemen führen.

Die Wahrscheinlichkeit solcher Änderungen im Anschluss nimmt zu,

- je kürzer der Leiter ist,
- je größer die „Gesamtquerschnittsfläche“ des geschweißten Endenabschlusses ist.

Bei einer Leitungslänge von unter 500 mm zwischen dem ersten geschweißten Anschluss und der zweiten Schweißung müssen die Auswirkungen auf die Anschlüsse durch Experimentieren geprüft werden (siehe Bild 10).

Zur Beobachtung potentieller Mängel oder Defekte, die im vorhandenen Endenabschluss am gegenüberliegenden Ende entstehen könnten, wird eine Lupe oder ein Mikroskop verwendet.

5.4 Anforderungen an die Auslegung

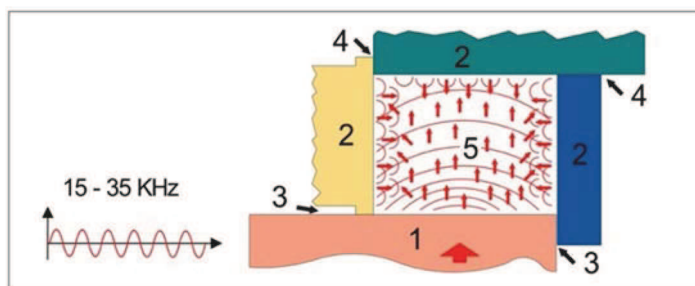


Bild 11 – Querschnittsansicht der Ultraschallausbreitung (6) durch die Sonotrode (1) im Schweißhohlraum (5), gerichtet gegen die passiven Oberflächen (2), mit Spalt (3) und ohne Spalt (4) zwischen den Werkzeugen/Geräten

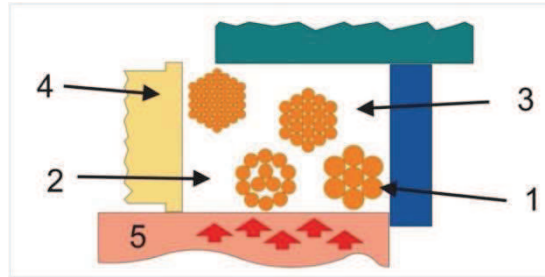


Bild 12 – Querschnittsansicht des empfohlenen unsymmetrischen Einsetzens für die einzelnen Leiter über der Sonotrode (5) im Schweißhohlraum, große Drähte (1), mittelgroße Drähte (2), feine Drähte (3), feinste Drähte (4)

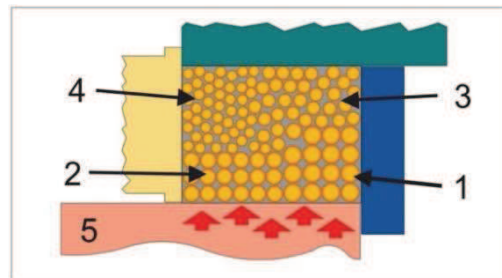


Bild 13 – alternative Querschnittsansicht des empfohlenen unsymmetrischen Einsetzens für die einzelnen Leiter über der Sonotrode (5) im Schweißhohlraum, große Drähte (1), mittelgroße Drähte (2), feine Drähte (3), feinste Drähte (4)

Alle Leitungen müssen so eingesetzt werden, dass die Maße in Tabelle 1 eingehalten werden.

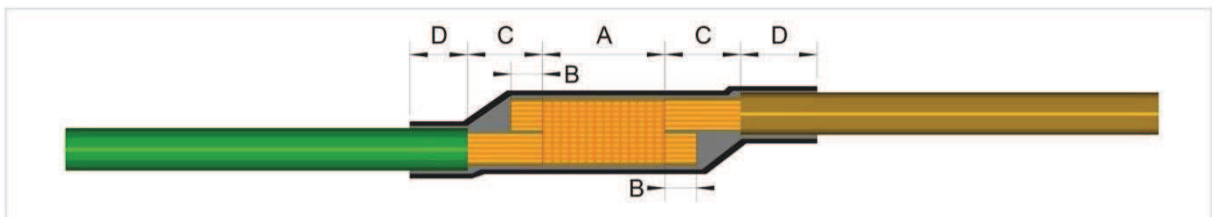


Bild 14 – Anforderungen an die Auslegungsspezifikationen eines Spleißes

Tabelle 1 – Werte für Anforderungen an den Aufbau des Schweißpakets

A	Querschnittsfläche des Spleißes, S [mm²]	$S < 1$	$1 \leq S < 4$	$4 \leq S < 10$	$10 \leq S < 25$	$S > 25$
B	Drahtüberstand an dem/den Ende(n) [mm]	> 0,5	< 1	> 1	< 1,5	< 2
C	Isolationsabstand [mm]	1	2	3	4	< 5
D	Isolationsüberlappung [mm]	3	4	> 5	> 8	> 10

5.5 Mechanischer und elektrischer Schutz des Schweißpakets

Das Schweißpaket muss mit zugelassenen Werkstoffen nach den Auslegungsspezifikationen isoliert werden.

Der Schutz gegen Abschälen sollte eine Kraft von maximal 80 N aufnehmen, damit der Schweißpunkt vor den Schälkräften am Schweißpaket geschützt bleibt.



ANMERKUNG 1: Wärmeschrumpfschlauch in mindestens 2 Lagen oder Gewebeband in mindestens 2,5 Lagen

ANMERKUNG 2: Gewebeband in mindestens 2,5 Lagen

ANMERKUNG 3: Gewebeband kann nur bei trockenen Anwendungen verwendet werden.

Bild 15 – Isolierungsmaßnahmen am durchgehenden Spleiß von einem Leiter auf mehrere Leiter

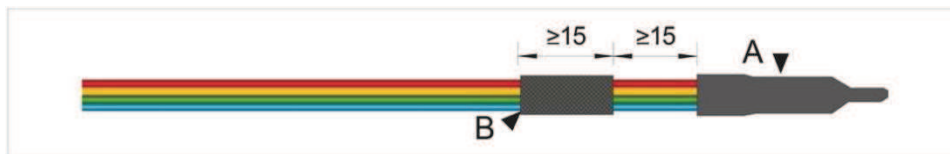


ANMERKUNG 1: Wärmeschrumpfschlauch in mindestens 2 Lagen oder Gewebeband in mindestens 2,5 Lagen

ANMERKUNG 2: Gewebeband in mindestens 2,5 Lagen

ANMERKUNG 3: Gewebeband kann nur bei trockenen Anwendungen verwendet werden.

Bild 16 – Isolierungsmaßnahmen an der Stoßverbindung mit mehreren Leitern auf beiden Seiten



ANMERKUNG 1: Wärmeschrumpfschlauch in mindestens 2 Lagen oder Gewebeband in mindestens 2,5 Lagen

ANMERKUNG 2: Gewebeband in mindestens 2,5 Lagen

ANMERKUNG 3: Gewebeband kann nur bei trockenen Anwendungen verwendet werden.

Bild 17 – Isolierungsmaßnahmen am Endspleiß mit mehreren Leitern (versiegeltes Ende)

5.6 Leiterkombinationen – Anforderungen

In einem durchgehenden oder Endspleiß dürfen maximal 20 Leitungen vorhanden sein.

Die Zuordnung der kleinsten Leiter-Querschnittsfläche zur Spleiß-Querschnittsfläche ist in Tabelle 2 angegeben. Das Fehlen einer Leitung mit der kleinsten Querschnittsfläche muss zuverlässig möglich sein. Üblicherweise werden > 9 % zuverlässig festgestellt. Bis zu > 5 % sind jedoch auch möglich.

Tabelle 2 – Leiterkombinationen

Kleinste mögliche Leitung im geschweißten Spleiß / zulässige Anzahl Leiter						
Spleiß-Querschnitt [mm²]	1 bis 5	> 5 bis 10	> 10 bis 15	> 15 bis 20	> 20 bis 30	> 30 bis 50
Querschnitt der kleinsten Leitung [mm²]	0,35	0,5	0,75	1	1,5	2,5
Anzahl Leiter: maximal 20 Leiter sind im durchgehenden oder Endspleiß zulässig						

Wenn ein Spleiß die obigen Bedingungen nicht erfüllt, muss eine Aufteilung in mehrere Spleiße erfolgen.

Beim Verbinden von Leitungen der Maximalquerschnitt, der die Leiterkombinationen der Spleiße unter Berücksichtigung der zulässigen Strombelastung dieser Leitung erfüllt.

Spleiße dürfen sich in einer Leitung nicht nebeneinander befinden. Stattdessen müssen sie in einem Abstand von > 50 mm versetzt angeordnet werden.

5.7 Kompaktierungsverhältnis von Ultraschallschweißverbindungen

Alle Einzeldrähte der einzelnen Adern müssen umgeformt und miteinander verbunden sein.

Benachbarte Hohlräume zwischen Einzeldrähten dürfen nicht miteinander verbunden sein.

Der Grad des Kompaktierungsverhältnisses (V) sollte zwischen 95 % und 120 % sowie bei Aluminiumdrähten zwischen 60 % und 115 % liegen.

Bei ordnungsgemäß geschweißten Spleißverbindungen (Draht an Draht) beträgt die Festigkeit bei Querschnitten unter 50 mm² etwa 90 % der Festigkeit der Leitung mit dem kleinsten Querschnitt.

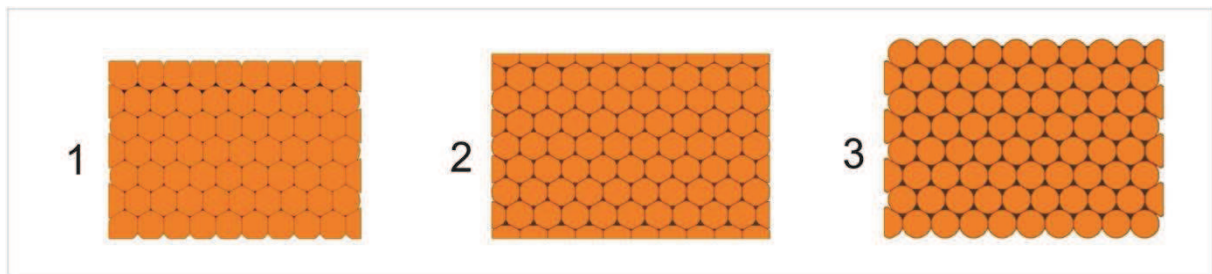
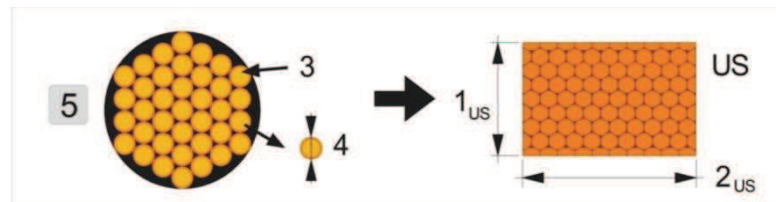


Bild 18 – Beispiele für Mikroschnitte für das Kompaktierungsverhältnis: 105 % (1), 110 % (2), 125 % (3)



US

Bild 19 – Spezifikationen für die Berechnung des Kompaktierungsverhältnisses des Schweißpakets mit Höhe (1), Paketbreite (2), Einzeldraht (3), Einzeldrahtdurchmesser (4), Gesamtfläche aller Einzeldrähte A₅ (5)

Berechnung der Leiterfläche nach (1) oder Berechnung mit dem Wägeverfahren nach ISO 6722-1 oder ISO 6722-2.

$$A_5 = \frac{n_3 \cdot d_4^2 \cdot \pi}{4} \quad (1)$$

A₅ = Leiterfläche

n₃ = Anzahl der Einzeldrähte

d₄ = Durchmesser jedes Einzeldrahts

Berechnung der Spleißfläche nach (2).

$$A_{US} = l_{US} \cdot 2_{US} \quad (2)$$

A_{US} = Spleißfläche

l_{US} = Pakethöhe

2_{US} = Paketbreite

Berechnung des Kompaktierungsverhältnisses nach (3).

$$V_{US} = \frac{A_5}{A_{US}} \cdot 100\% \quad (3)$$

V_{US} = Kompaktierungsverhältnis (%)

A_{US} = Spleißfläche

A_5 = Leiterfläche

6 Prüflinge

Wenn bei einer Prüfung Montage gefordert wird, müssen die Prüflinge, sofern nicht anders in der Produkt-Bauartspezifikation vorgeschrieben, unter Anwendung der üblichen Montagetechnik befestigt werden.

Vor der Prüfung muss die festgelegte Anzahl der erforderlichen Typen von Prüflingen vorbereitet werden.

6.1 Prüfling vom Typ A1 oder Typ A2

Ein Prüfling vom Typ A1 oder Typ A2 besteht aus Referenzleitungen zur Verwendung bei elektrischen Messungen für den folgenden Prüfling (siehe unten) mit einer Länge von 200 mm.

Es müssen identische Prüfgegenstände (Leitertypen) wie bei den zugehörigen Proben vorbereitet werden.



Bild 20 – Prüfling vom Typ A1 (nur 1 Leitungstyp)



Bild 21 – Prüfling von Typ A2 (mehrere verschiedene Leitertypen), z. B. (1), (2), (3) und (4)

Länge der einzelnen Leitungen: 200 mm

Ein Prüfling vom Typ A1 oder Typ A2 besteht aus jeweils mindestens einem Leitertyp (entsprechend der Leitungen der zugehörigen Prüflinge) mit abisolierten und kompaktierten Drahtenden, um eine optimale elektrische Verbindung zwischen den Messpunkten zu erhalten.

6.2 Prüfling vom Typ B1 oder Typ B2

Ein Prüfling vom Typ B1 oder Typ B2 besteht aus mindestens zwei Leitungen (Typ 1 und Typ 2, maximal 20, siehe 6.6) an einem Spleiß.



Bild 22 – Prüfling vom Typ B1, Stoßverbindung mit zwei Leitungen vom Typ 1 und Typ 2

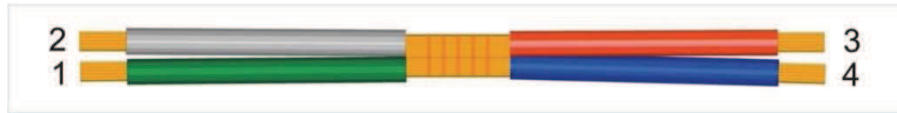


Bild 23 – Prüfling vom Typ B2, Stoßverbindung mit vier Leitungen vom Typ 1, Typ 2, Typ 3 und Typ 4

Prüfling vom Typ B1 oder B2, Güteklasse 1, 2, 3, 4 (und folgende, maximal 20 Adern), Länge: 200 mm.

Ein Prüfling vom Typ B1 oder Typ B2 besteht aus einer Stoßverbindung mit mindestens zwei Leitertypen mit abisolierten und kompaktierten Drahtenden, um eine optimale elektrische Verbindung zwischen den Messpunkten zu erhalten.

6.3 Prüfling vom Typ C

Ein Prüfling vom Typ C besteht aus mindestens zwei Leitungen (Typ 1 und Typ 2, maximal 20, siehe 6.6) an einer kompaktierten Endspleißverbindung.



Bild 24 – Prüfling vom Typ C, Endspleißverbindung mit Leitungen vom Typ 3 und Typ 4

Prüfling vom Typ C am Endspleiß (X), Güteklasse: 1, 2, 3, 4 (und folgende, maximal 20 Adern), Länge: 200 mm.

Ein Prüfling vom Typ C besteht aus einem Endspleiß mit mindestens zwei Leitertypen mit abisolierten und kompaktierten Drahtenden, um eine optimale elektrische Verbindung zwischen den Messpunkten zu erhalten.

6.4 Prüfling vom Typ D

Ein Prüfling vom Typ D besteht aus einer geschweißten Verbindung von Leitung und Anschluss.



Bild 25 – Prüfling vom Typ D an der Verbindung von Leitung und Anschluss, Drahtlänge: 200 mm

Ein Prüfling vom Typ D besteht aus einer geschweißten Anschlussverbindung mit einem Leitertyp mit abisolierten und durch Schweißen kompaktierten Drahtenden, um eine optimale elektrische Verbindung zwischen den Messpunkten zu erhalten. Dies gilt für alle Drahtrichtungen am Anschluss.

7 Ultraschallschweißprüfungen

7.1 Allgemeine Anmerkungen zu Prüfungen

7.1.1 Allgemeine Prüfbedingungen

Sofern nicht anders festgelegt, müssen alle Prüfungen unter den allgemeinen Prüfbedingungen nach IEC 60512-1 durchgeführt werden.

Alle Schweißpakete müssen unter optimalen klimatischen Bedingungen durchgeführt werden (sofern nicht anders festgelegt).

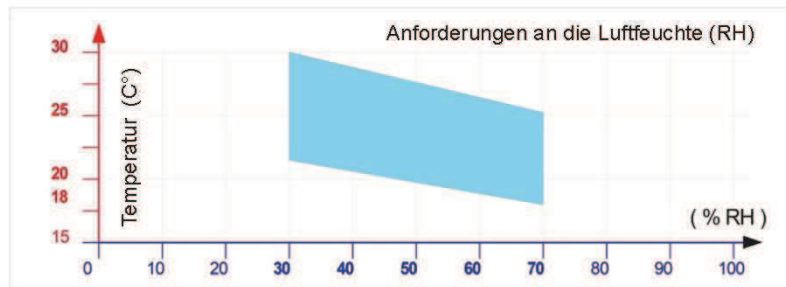


Bild 26 – Klimatische Anforderungen

Relative Luftfeuchte: 30 % bis 70 %.

Temperatur: 18 °C bis 30 °C.

Die Umgebungstemperatur und die relative Luftfeuchte, bei denen die Messungen durchgeführt werden, müssen im Prüfbericht angegeben werden.

Im Falle einer Meinungsverschiedenheit über die Prüfergebnisse muss die Prüfung zu Schiedsmessungen in einem Normklima nach IEC 60068-1 wiederholt werden.

Mit einer korrekt ausgeführten Schweißung wird Integrität sichergestellt und die elektrischen Anforderungen der Anwendung werden erfüllt.

Um die Qualitätsanforderungen und die Wechselbeziehungen für den Schweißprozess vollständig zu verstehen, sollten die Anforderungen und Anweisungen der Schweißgerätehersteller zurate gezogen werden.

7.1.2 Vorbehandlung

Sofern vorgeschrieben, müssen die Schweißpakete nach IEC 60512-1 für 24 h unter den allgemeinen Prüfbedingungen vorbehandelt werden.

7.1.3 Nachbehandlung

Sofern vorgeschrieben, dürfen die Prüflinge anschließend vor weiteren Prüfungen oder der Anwendung für 1 h bis 2 h unter den allgemeinen Prüfbedingungen nachbehandelt werden.

7.2 Sichtprüfung mit Maßprüfungen

Diese Prüfungen müssen in Übereinstimmung mit IEC 60512-1-1, Prüfung 1a, und IEC 60512-1-2, Prüfung 1b, durchgeführt werden.

In diesem Dokument wird das internationale Einheitensystem (SI-Einheiten) nach ISO/IEC 80000 oder IEEE/ASTM SI 10 verwendet.

7.2.1 Maße und Grenzabmaße

Bei Ultraschallschweißpaketen müssen alle Maße der Produkt-Bauartspezifikation geprüft werden.

Falls in der Auslegungsspezifikation keine praxisbezogenen Angaben zu geeigneten Grenzabmaßen für Längen angegeben wurden, müssen die Werte aus Tabelle 3 verwendet werden.

Tabelle 3 – Maße und Grenzabmaße bei Leitungssätzen

Nennmaßbereich und Grenzabmaße für Abisolierlängen			
Abisolierlänge l [mm]	$l \leq 4$	$4 < l \leq 16$	$16 < l \leq 120$
Grenzabmaß [mm]	+0,5 / -0	$\pm 0,5$	± 1

7.2.2 Vergrößerungshilfsmittel (Sichtprüfung)

Die Sichtprüfung (en: visual optical inspection, VOI) muss mindestens mit der in Tabelle 4 festgelegten optischen Vergrößerung durchgeführt werden.

Die Anforderung an den Vergrößerungsfaktor basiert auf dem Durchmesser des elektrischen Leiters (ohne Isolierung).

Bei Sätzen mit unterschiedlichen Leiterdurchmessern kann für den gesamten Satz die höhere Vergrößerung verwendet werden.

Wenn bei entsprechender Prüfvergrößerung kein Mangel oder Defekt erkannt werden kann, muss die Einheit als zulässig (annehmbar) klassifiziert werden.

Die Grenzabweichung für Vergrößerungshilfsmittel beträgt ± 15 % der ausgewählten Vergrößerung. Vergrößerungshilfsmittel sollten in geeigneten Intervallen geprüft, gewartet und kalibriert werden.

ANMERKUNG: Die Referenzvergrößerung sollte nur verwendet werden, wenn ein Mangel oder Defekt erkannt wurde, der mit der vorhandenen Prüfvergrößerung nicht vollständig identifiziert werden kann.

Tabelle 4 – Verwendung von Vergrößerungshilfsmitteln bei Sichtprüfungen

Vergrößerungshilfsmittel (Dioptr) bei Sichtprüfungen		
Leiterdurchmesser d [mm]	Prüfvergrößerung	Referenzvergrößerung ¹⁾
$d > 1,5$ (> 16 AWG)	–	1,75fach
$0,75 < d \leq 1,5$	1,5fach bis 3fach	4fach
$0,3 < d \leq 0,75$	3fach bis 7,5fach	10fach
$d \leq 0,3$ (≤ 30 AWG)	10fach	20fach
¹⁾ Darf nur verwendet werden, wenn ein Mangel oder Defekt erkannt wurde, der mit der vorhandenen Prüfvergrößerung nicht vollständig identifiziert werden kann.		

7.2.3 Sichtprüfung von ultraschallgeschweißten Spleißverbindungen

Alle Prüflinge müssen einer Sichtprüfung nach IEC 60512-1-1, Prüfung 1a, unterzogen werden.

Maße müssen nach IEC 60512-1-2, Prüfung 1b, geprüft werden.

Es müssen Prüflinge vom Typ B1, Typ B2 oder Typ C verwendet werden.

Die Sichtprüfung umfasst die Messung der festgelegten Maße (siehe 7.2.1 und 7.2.2) und die Berechnung des Kompaktierungsverhältnisses der Ultraschallschweißung nach 5.7, Bild 18 bis Bild 19 und Gleichung (1), Gleichung (2) und Gleichung (3).

Die Sichtprüfung jeder ultraschallgeschweißten Spleißverbindung (durchgehender oder Endspleiß) wird in Übereinstimmung mit den Anweisungen aus Tabelle 5 und Tabelle 6 durchgeführt.

Tabelle 5 – Beispiele für gute Schweißungen für Endspleiße und durchgehende Spleiße

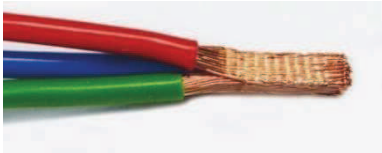
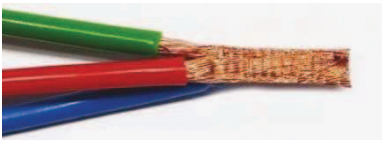
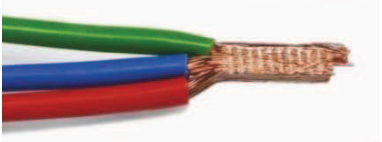
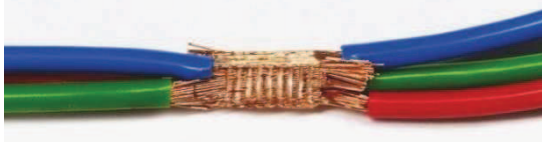
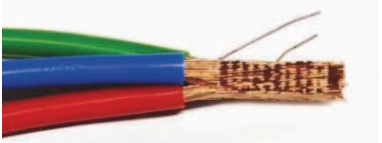
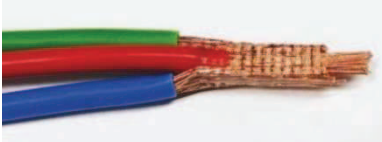
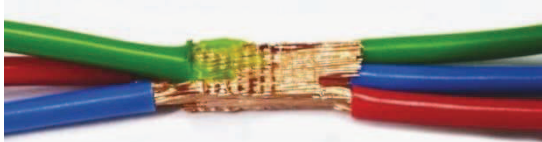
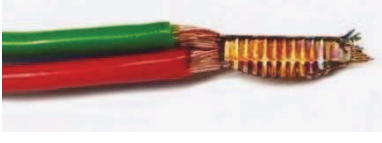
Endspleiß	Durchgehender Spleiß	Hinweis
		richtig gute Schweißung

Tabelle 6 – Darstellung von Fehlereigenschaften für Endspleiße und durchgehende Spleiße

Endspleiß	Durchgehender Spleiß	Hinweis
		Litze zu weit außen
		Litze zu weit innen
		einzelne lose Einzeldrähte
		Isolierung im geschweißten Spleiß
		geschweißter Spleiß zu stark geschweißt

7.2.4 Sichtprüfung von ultraschallgeschweißten Verbindungen von Leitung und Anschluss

Alle Prüflinge müssen einer Sichtprüfung nach IEC 60512-1-1, Prüfung 1a, unterzogen werden.

Die Maße müssen nach IEC 60512-1-2, Prüfung 1b, geprüft werden.

Es müssen Prüflinge vom Typ D verwendet werden.

Alle Anforderungen müssen nach den Spezifikationen des Herstellers geprüft werden.

Die Sichtprüfung umfasst die Messung der festgelegten Maße (siehe 7.2.1 und 7.2.2) und die Berechnung des Kompaktierungsverhältnisses der Ultraschallschweißung nach 5.7, Bild 18 bis Bild 19 und Gleichung (1), Gleichung (2) und Gleichung (3).

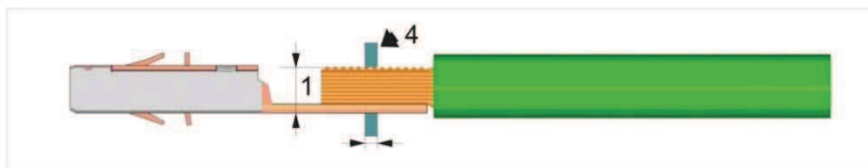


Bild 27 – Messung der Schweißhöhe (1) mit einer Messsensorbreite (4) > 2 mm



Bild 28 – Messung der Schweißbreite (2)



ANMERKUNG: Drahtüberstand $2 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

Bild 29 – Anforderungen an den Drahtüberstand (3) des Schweißpakets am Anschluss

Zusätzlich müssen die Anforderungen und Anmerkungen in Tabelle 7 und Tabelle 8 berücksichtigt werden.

Tabelle 7 – Anmerkungen zu zulässigen Merkmalen beim Ultraschallschweißen zwischen Anschluss und Leitung

Bild	Anmerkung	Hinweis
	Anforderungen an Maße erfüllt	richtig gute Schweißung
	Versatz: Kante auf beiden Seiten vollständig sichtbar Maße eingehalten	gute Schweißung
	Schräglage: Kante auf beiden Seiten vollständig sichtbar und Maße eingehalten	gute Schweißung

Bild	Anmerkung	Hinweis
	Ambossabdruck auf dem Bauteil sichtbar	gute Schweißung
	Farbveränderungen sind kein Qualitätskriterium	gute Schweißung

**Tabelle 8 – Anmerkungen zu nicht zulässigen Merkmalen
beim Ultraschallschweißen zwischen Anschluss und Leitung**

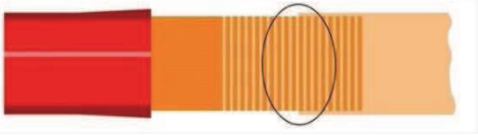
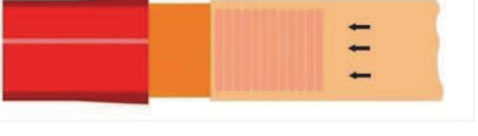
Bild	Anmerkung	Hinweis
	Schräglage: Kante ist nur auf einer Seite sichtbar	mangelhaft – Teil
	falsche Werkzeug-/Geräteausrichtung: Schweißung am Anschluss nicht mehr vollständig	mangelhaft – Teil
	Einsetztiefe der Leitung zu gering	mangelhaft – Teil
	Abgenutztes Werkzeug/Gerät: keine eindeutiger Abdruck des Ambossprofils auf dem Bauteil	mangelhaft – Teil
	Mehr als 3 % der Einzeldrähte sind nach dem Schweißen oder Abisolieren abgeschnitten	mangelhaft – Teil
	Überstand: zu lange Leitungen dürfen nicht über den Schweißbereich hinausragen	mangelhaft – Teil

Bild	Anmerkung	Hinweis
	Überstehende Leitungen am Unterteil des Schweißpakets sind nicht zulässig	mangelhaft – Teil
	Überstehende, zu lange Leitungen dürfen nicht über den Schweißbereich hinausragen	mangelhaft – Teil

7.3 Mechanische Prüfungen an Ultraschallschweißungen

7.3.1 Biegeprüfung an durchgehenden Spleißverbindungen

Es müssen Prüflinge vom Typ B1 oder Typ B2 verwendet werden.

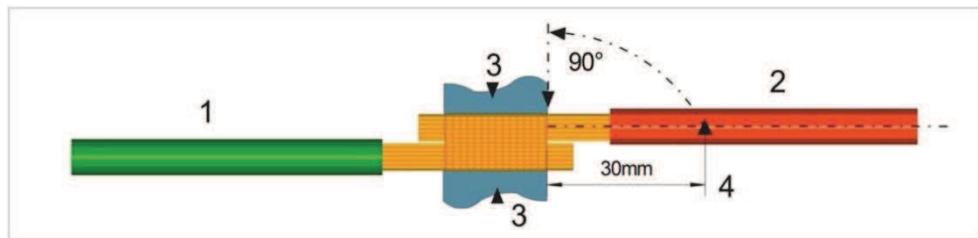


Bild 30 – Anforderungen an 90°-Biegeprüfung, Leitertyp (1), Leitertyp (2) mit Befestigung (3) im Abstand von 30 mm zur Biegehalterung (4)

Die im Spleiß oberliegenden Drähte werden zweimal um 90° nach oben und zurück in die Ausgangslage gebogen. Der Spleiß ist befestigt und die Kraft wird in einem Abstand von 30 mm zum Spleiß auf die zu prüfenden Drähte ausgeübt.

Anforderungen:

- Einzeldrähte dürfen im Übergang zum Schweißbereich nicht brechen;
- Einzeldrähte im Paket dürfen sich nicht vollständig oder teilweise lösen.

7.3.2 Biegeprüfung an geschweißten Verbindungen von Leitung und Anschluss

Es müssen Prüflinge vom Typ D verwendet werden. Die Prüfung muss bei Querschnitten von unter 35 mm² durchgeführt werden.

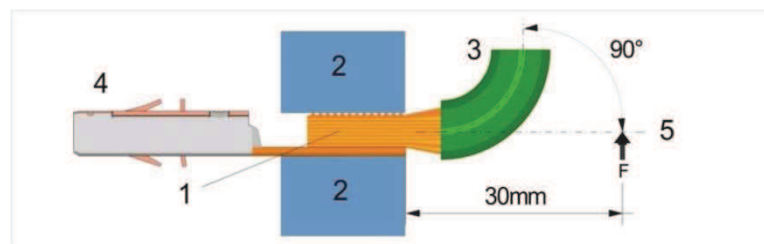


Bild 31 – Anforderungen an Biegeprüfung (3), Befestigungen (2), Schweißpaket (1), Anschluss (4), Paketachse (5)

Der Draht bzw. die Drähte werden zweimal um 90° nach oben und zurück in die Ausgangslage gebogen.

Die Lage der Biegung befindet sich 30 mm hinter der Schweißung.

Anforderungen:

- Einzeldrähte dürfen im Übergang zum Schweißbereich nicht brechen;
- Einzeldrähte im Schweißpaket dürfen sich nicht lösen.

7.3.3 Schälprüfung an Spleiß-Schweißpaketen

Die Schälprüfung muss nach ISO 10447 durchgeführt werden.

Es müssen Prüflinge vom Typ C verwendet werden.

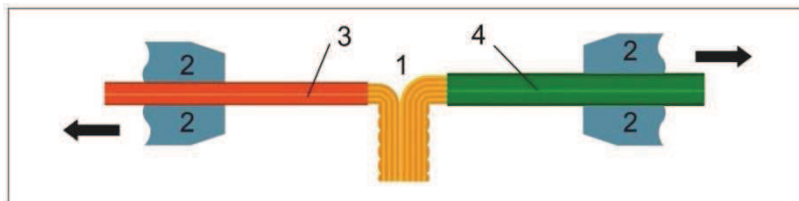


Bild 32 – Prüfaufbau für Schälprüfungen für Zugkraftwerte, Spleiß (1), Befestigungen (2), Leitertyp 1 (3), Leitertyp 2 (4)

Bei jedem Spleißtyp muss jeder Leiterquerschnitt geprüft werden (siehe auch Tabelle 5 und Tabelle 6).

Ausziehgeschwindigkeit: 50 mm/min $\pm$ 5 mm/min.

Es werden Litzen am Spleiß gewählt, deren Einzeldrähte auf der Ambosseite der Paketfläche liegen.

Der Querschnitt des zweiten Leiters muss größer sein als der des zu prüfenden Leiters. Sofern erforderlich, werden mehrere Leiter kombiniert und befestigt.

Tabelle 9 – Schälkraftwerte bei Kupfer-Ultraschallschweißpaketen

Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm²]	0,15	0,35	0,5	0,6	0,75	1
Minimale Schälkraft [N]	5	12	15	18	23	35
Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm²]	1,5	2	2,5	4	6	10
Minimale Schälkraft [N]	45	58	70	100	130	150

Tabelle 10 – Schälkraftwerte bei Aluminium-Ultraschallschweißpaketen

Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm²]	0,15	0,35	0,5	0,6	0,75	1
Minimale Schälkraft [N]	X	X	10	13	17	24
Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm²]	1,5	2	2,5	3	4	5
Minimale Schälkraft [N]	30	36	40	48	52	56

Fehlende Werte (X) müssen entsprechend den Werkstoffen untersucht und zwischen Kunden und Hersteller vereinbart werden.

Schälprüfwerte für Querschnitte größer als die in Tabelle 7-1 und Tabelle 7-2 angegebenen Werte müssen durch Prüfungen bestimmt werden, da festgelegte Schälungen aufgrund der größeren Querschnittsflächen nicht immer erreicht werden können. Abruptes Reißen/Brechen könnte ohne sichtbares Schälen auftreten.

7.3.4 Schälprüfungen an Anschluss-Schweißpaketen

Die Schälprüfungen nach ISO 10447 werden durchgeführt.

Es müssen Prüflinge vom Typ D verwendet werden.

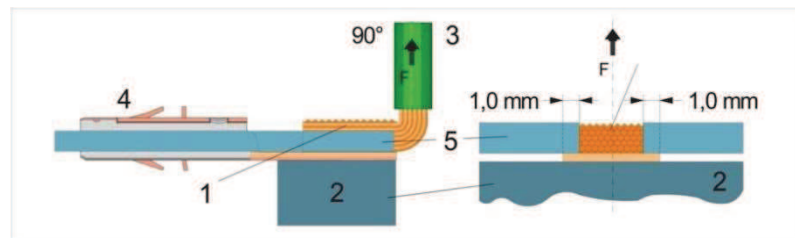


Bild 33 – Prüfaufbau für die Schälprüfung (3), Befestigungen (2), seitliche Befestigungen mit einem Überstand von jeweils 1,0 mm auf der Anschlussoberfläche (5), Schweißpaket (1), Anschluss (4)

Tabelle 11 – Schälkraftwerte von Kupfer-Ultraschallschweißpaketen von Anschlüssen bei einer Geschwindigkeit von 50 mm/min $\pm$ 5 mm/min

Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm ²]	0,22	0,35	0,50	0,6	0,75	1
Minimale Schälkraft [N]	10	11	17	18	24	34
Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm ²]	1,5	2	2,5	3	4	5
Minimale Schälkraft [N]	45	50	55	70	75	80

Tabelle 12 – Schälkraftwerte von Aluminium-Ultraschallschweißpaketen von Anschlüssen bei einer Geschwindigkeit von 50 mm/min $\pm$ 5 mm/min

Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm ²]	0,22	0,35	0,5	0,75	1,0	1,5
Minimale Schälkraft [N]	–	–	10	17	24	30
Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm ²]	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
Minimale Schälkraft [N]	36	40	48	52	56	–

7.3.5 Ausziehungskraftprüfungen an geschweißten Spleißverbindungen

Die Prüfung muss in Übereinstimmung mit IEC 60512-16-4, Prüfung 16d, durchgeführt werden.

Für diese Prüfung müssen Prüflinge vom Typ B1 oder Typ B2 verwendet werden.

Die Ausziehungskraftprüfung sollte eingesetzt werden, um die Verbindungsfestigkeit eines ultraschallgeschweißten durchgehenden Spleißes zu prüfen (siehe auch Tabelle).

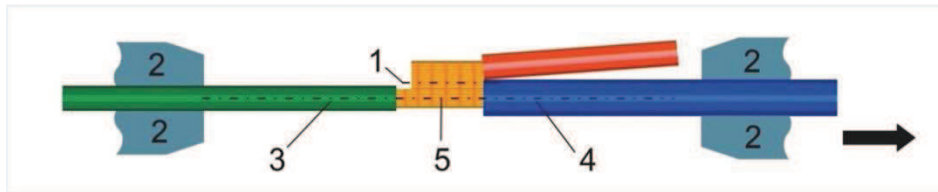


Bild 34 – Prüfaufbau für Ausziehungsprüfung, Spleiß (1), Befestigungen (2), Leitertyp 1 (3), Leitertyp 2 (4), Zugachse (5)

Beim Festklemmen der Leitungen wird darauf geachtet, dass die festgeklemmten Leitungen so ausgerichtet sind, dass sich keine Biegemomente auf das Messergebnis auswirken.

Ebenso sollte die axiale Symmetrieachse des Spleißes parallel zu den festgeklemmten Leitungen verlaufen. Bei jedem Spleißtyp muss jede Leiterquerschnittfläche geprüft werden.

Tabelle 13 – Ausziehungskraftwerte von ultraschallgeschweißten Kupfer-Spleißen bei einer Geschwindigkeit von 50 mm/min $\pm$ 5 mm/min

Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm ²]	0,35	0,50	0,60	0,75	1	1,50
Mindestausziehungskraft [N]	60	80	100	120	160	225
Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm ²]	2	2,50	3	4	5	6
Mindestausziehungskraft [N]	250	275	350	375	400	435
Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm ²]	8	10	12	14	16	18
Mindestausziehungskraft [N]	500	800	1 000	1 025	1 050	1 100
Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm ²]	20	25	30	35	40	50
Mindestausziehungskraft [N]	1 200	1 350	1 500	1 700	1 850	2 200

Tabelle 14 – Ausziehungskraftwerte von ultraschallgeschweißten Aluminium-Spleißen bei einer Geschwindigkeit von 50 mm/min $\pm$ 5 mm/min

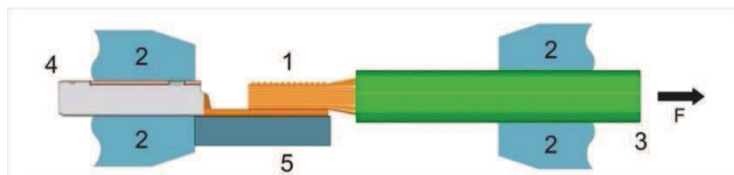
Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm ²]	0,35	0,50	0,60	0,75	1	1,5
Mindestausziehungskraft [N]	35	50	60	75	100	150
Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm ²]	2	2,5	3	4	5	6
Mindestausziehungskraft [N]	180	200	240	260	280	300
Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm ²]	8	10	12	14	16	18
Mindestausziehungskraft [N]	350	400	450	500	550	600

Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm²]	20	25	30	35	40	50
Mindestausziehkraft [N]	667	833	1 000	1 155	1 330	1 650

7.3.6 Ausziehkraftprüfungen an einer Verbindung von Leitung und Anschluss

Die Prüfung muss in Übereinstimmung mit IEC 60512-16-4, Prüfung 16d, durchgeführt werden.

Für diese Prüfung müssen Prüflinge vom Typ D verwendet werden.



F

Bild 35 – Prüfaufbau für die Ausziehkraftprüfung bei Schweißverbindungen von elektrischen Leitern und Anschlüssen (3), Schweißpaket (1), Befestigungen (2), Anschluss (4), Anschlussträger (5)

Tabelle 15 – Ausziehkraftwerte von Kupfer-Ultraschallschweißpaketen bei einer Geschwindigkeit von 50 mm/min ± 5 mm/min

Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm²]	0,35	0,50	0,60	0,75	1	1,5
Mindestausziehkraft [N]	60	85	102	128	170	225
Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm²]	2	2,5	3	4	5	6
Mindestausziehkraft [N]	250,0	275	330	375	400	480
Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm²]	8	10	12	14	16	18
Mindestausziehkraft [N]	640	800	1 000	1 025	1 050	1 100
Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm²]	20	25	30	35	40	50
Mindestausziehkraft [N]	1 200	1 350	1 500	1 700	1 850	2 200
Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm²]	70	85	95	110	120	
Mindestausziehkraft [N]	3 080	3 740	4 180	4 500	4 800	

Tabelle 16 – Abhängigkeit der Paketbreite vom Leiterquerschnitt (Empfehlung)

Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm²]	8	10	12	14	16	18
Mindestpaketbreite [mm]	4	4	7	7	8	8
Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm²]	20	25	30	35	40	50
Mindestpaketbreite [mm]	9	9	10	11	13	15

Querschnittsfläche des Kupferdrahts [mm ²]	70	85	95	110	120	
Mindestpaketbreite [mm]	17	17	17	18	19	

**Tabelle 17 – Auszugskraftwerte von Aluminium-Ultraschallschweißverbindungen
bei einer Geschwindigkeit von 50 mm/min ± 5 mm/min**

Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm ²]	0,15	0,22	0,35	0,5	0,75	1
Mindestauszugskraft [N]	15 ^{*)}	22 ^{*)}	35 ^{*)}	50	75	100
Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm ²]	1,5	2	2,5	3	4	5
Mindestauszugskraft [N]	150	180	200	240	260	280
Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm ²]	6,0	8	10	12	14	16
Mindestauszugskraft [N]	300	350	400	450	500	550
Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm ²]	18	20	25	30	35	40
Mindestauszugskraft [N]	600	667	833	1 000	1 167	1 333
Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm ²]	50	60	70	85	95	110
Mindestauszugskraft [N]	1 650	1 800	1 880	2 000	2 050	2 150

^{*)} Diese Werte sind vorläufig und müssen durch Prüfung bestätigt werden.

Tabelle 18 – Abhängigkeit der Paketbreite vom Leiterquerschnitt (Empfehlung)

Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm ²]	6	8	10	12	14	16
Mindestpaketbreite [mm]	2	2	3	3	3	4
Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm ²]	18	20	25	30	35	40
Mindestpaketbreite [mm]	5	7	7	7	7	10
Querschnittsfläche des Aluminiumdrahts [mm ²]	50	60	70	85	95	110
Mindestpaketbreite [mm]	12	14	17	20	21	25

7.3.7 Schwingprüfungen an Spleißverbindungen

Die Prüfung muss zusammen mit IEC 60512-6-4, Prüfung 6d, und IEC 60068-2-6, Prüfung Fc, durchgeführt werden.

Es müssen Prüflinge vom Typ B1 oder Typ B2 verwendet werden, siehe Bild 36.

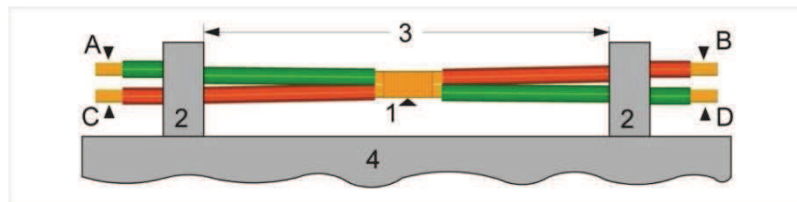


Bild 36 – Prüfaufbau für Schwingprüfungen am Spleiß (1), Befestigungen (2), 200 mm Abstand der Befestigungen (3), Schwingtisch (4)

Während der Schwingprüfung muss eine Prüfung auf Kontaktstörungen nach IEC 60512-2-5, Prüfung 2e, durchgeführt werden. Sofern es in der Produkt-Bauartspezifikation nicht anders festgelegt ist, beträgt die Höchstdauer einer Kontaktunterbrechung 1 µs. Die Dauer der Schwingprüfung beträgt 2 h, 4 h oder 8 h. Sie wird je nach Typ festgelegt.

Tabelle 19 – Schärfegrade der Schwingprüfung (sinusförmig) an ultraschallgeschweißten Spleißverbindungen

Frequenzbereich [Hz]	10 bis 55	10 bis 500	10 bis 2 000
Übergangsfrequenz [Hz]	–	57 bis 62	57 bis 62
Ablenkamplitude unterhalb der Transitfrequenz [mm]	0,35	0,35	1,5
Beschleunigungsamplitude oberhalb der Transitfrequenz [m/s ²]	–	50 (5 g)	200 (20 g)
Prüfachsen	3	3	3
Anzahl der Frequenzdurchläufe	5	5	5

Der anzuwendende Prüfschweregrad und die Anzahl der Prüfteile müssen in der Produktspezifikation angegeben sein.

7.3.8 Schwingprüfungen an einer Verbindung von Leitung und Anschluss

Die Prüfung muss zusammen mit IEC 60512-6-4, Prüfung 6d, und IEC 60068-2-6, Prüfung Fc, durchgeführt werden.

Es müssen Prüflinge vom Typ D verwendet werden.

Während des Schwingens muss eine Prüfung auf Kontaktstörungen bei der Verbindung von Leitung und Anschluss nach IEC 60512-2-5, Prüfung 2e, durchgeführt werden.

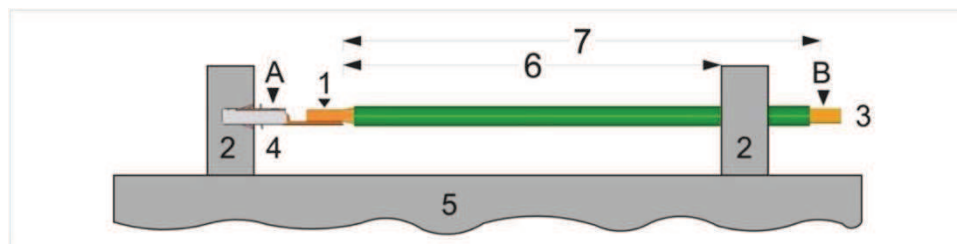


Bild 37 – Aufbau für die Schwingprüfung (3) des Schweißpakets (1), Schwingtisch (5), Befestigungen (2), Anschluss (4), Referenzleitung mit Gegenkontakt-Steckverbinder (6)

Die Dauer der Schwingprüfung muss entsprechend der Produkt-Bauartspezifikation 2 h, 4 h oder 8 h betragen.

**Tabelle 20 – Schärfegrade der Schwingprüfung (sinusförmig)
an ultraschallgeschweißten Spleißverbindungen**

Frequenzbereich [Hz]	10 bis 55	10 bis 500	10 bis 2 000
Übergangsfrequenz [Hz]	–	57 bis 62	57 bis 62
Ablenkamplitude unterhalb der Transitfrequenz [mm]	0,35	0,35	1,5
Beschleunigungsamplitude oberhalb der Transitfrequenz [m/s ²]	–	50 (5 g)	200 (20 g)
Prüfachsen	3	3	3
Anzahl der Frequenzdurchläufe	5	5	5

Der anzuwendende Prüfschweregrad und die Anzahl der Prüfteile müssen in der Produktspezifikation angegeben sein.

7.3.9 Kompaktierungskraftprüfungen an Endspleißen

Die Prüfung muss zusammen mit IEC 60512-6-4 und IEC 60947-1 durchgeführt werden.

Für die Prüfung der Druckfestigkeit bei Anschlüssen müssen die Prüfanforderungen der jeweiligen Normen angewendet werden.

Endspleiße einer einzelnen Litze (d. h. die Einzeldrähte sind miteinander verschweißt) werden im Allgemeinen bei der Konstruktion von Schaltschränken an Anschlusspunkten als Ersatz für die Drahtendenvorbehandlung, z. B. Crimphülsen, verwendet.

Es müssen Prüflinge vom Typ A1 oder Typ A2 verwendet werden.



Bild 38 – Endspleiß einer einzelnen Litze (kompaktiertes Litzenende)



Bild 39 – Endspleiß einer einzelnen Litze (kompaktiertes Litzenende)



Bild 40 – Endspleiß einer einzelnen Litze (kompaktiertes Litzenende)



Bild 41 – Endspieß einer einzelnen Litze (kompaktiertes Litzenende)

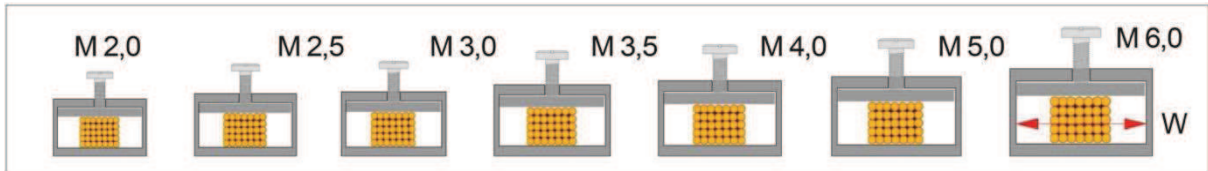


Bild 42 – Beispiel für Prüfklemmen verschiedener Größen

Tabelle 21 – Anforderungen an die Prüfung einzelner kompaktierter Enden

Prüfwerte für Auszieh- und Spleißprüfungen an durch Schweißen kompaktierten Enden einzelner Litzen						
Querschnittsfläche des Spleißes [mm²]	0,35	0,5	0,75	1	1,5	2,5
Ausziehenkraft [N]	15	20	30	35	40	50
Prüfanschluss	M 2	M 2	M 2,5	M 2,5	M 2,5	M 3
Nennmoment [Nm]	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5
Querschnittsfläche des Spleißes [mm²]	4	6	10	16	25	35
Ausziehenkraft [N]	60	80	90	100	135	190
Prüfanschluss	M 3,5	M 4	M 4	M 5	M 6	M 6
Nennmoment [Nm]	0,8	1,2	1,2	2	2,5	2,5

Die Prüfanforderungen für Querschnitte, die nicht in der Tabelle angegeben sind, müssen entsprechend den Werkstoffen bestimmt und zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden.

Prüfwerte für Anschlüsse sind IEC 60947-1, Tabelle 4, 5 und 7a, zu entnehmen.

Die Ausziehenkraft muss mindestens eine Minute ohne Erschütterungen in Richtung der Achse wirken.

Der Leiter muss zweimal verbunden und getrennt werden (ohne die Schrauben wieder anzuziehen!).

Die metallischen Prüfanschlüsse sind mindestens 1,5- bis 2-mal breiter sein als der Spleiß der zu prüfenden Probe.

Die Schweißung darf weder während der Prüfung noch danach brechen.

7.4 Mikroschliffbild-Untersuchungen

Zur Qualifizierung eines geschweißten Spleißes ist eine Mikroschliffbildanalyse nach den entsprechenden Anforderungen erforderlich.

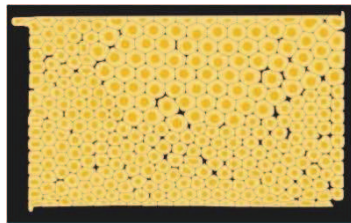


Bild 43 – Beispiel 1 für ein zulässiges Mikroschliffbild von ultraschallgeschweißten Einzeldrähten aus Kupfer

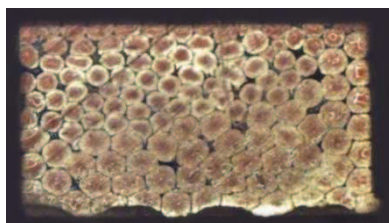


Bild 44 – Beispiel 2 für ein zulässiges Mikroschliffbild von ultraschallgeschweißten Einzeldrähten aus Kupfer

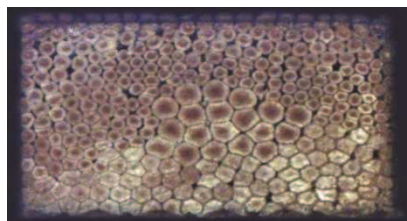


Bild 45 – Beispiel 3 für ein zulässiges Mikroschliffbild von ultraschallgeschweißten Einzeldrähten aus Kupfer

Der Schnitt sollte etwa in der Mitte des Pakets vorgenommen werden.

Die Bewertung muss nach den Anforderungen aus 5.7, Kompaktierungsverhältnis von Ultraschallschweißverbindungen, durchgeführt werden.

Es dürfen keine zusammenhängenden Hohlräume sichtbar sein.

Alle Einzeldrähte müssen mechanisch mit anderen umgebenden Drähten verbunden sein.

7.5 Elektrische Prüfungen an Ultraschallschweißverbindungen

7.5.1 Spannungsfall an der durchgehenden oder Endspleißverbindung (Durchgangswiderstand)

Für diese Prüfung müssen Prüflinge vom Typ B1, Typ B2 oder Typ C und Prüflinge vom Typ A1 oder Typ A2 verwendet werden.

Die Prüfung des Durchgangswiderstands muss nach IEC 60512-2-1, Prüfung 2a, oder IEC 60512-2-2, Prüfung 2b, durchgeführt werden. Die Mindestanforderungen müssen in der Produkt-Bauartspezifikation angegeben werden.

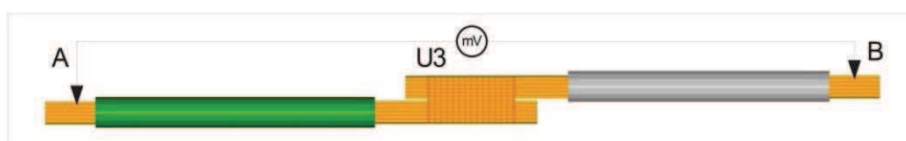


Bild 46 – Messaufbau für Messung am Spleiß (2 bis 20 Drähte)