

Schweißen
**Lichtbogenbolzenschweißen von metallischen
 Werkstoffen**

(ISO 14555 : 1998) Deutsche Fassung EN ISO 14555 : 1998

DIN
EN ISO 14555

ICS 25.160.10

Ersatz für
 DIN 8563-10 : 1984-12

Deskriptoren: Schweißen, Lichtbogenschweißen, Bolzenschweißen,
 Qualitätssicherung

Welding — Arc stud welding of metallic materials
 (ISO 14555 : 1998); German version EN ISO 14555 : 1998

Soudage — Soudage à l'arc des goujons sur les matériaux métalliques
 (ISO 14555 : 1998); Version allemande EN ISO 14555 : 1998

Die Europäische Norm EN ISO 14555 : 1998 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Die Europäische Norm EN ISO 14555 : 1998 wurde im Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen“ von der Arbeitsgruppe WG 11 „Bolzenschweißen“ erarbeitet. Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuß AA 16.1/AGV 2.2 „Bolzenschweißen“ im Normenausschuß Schweißtechnik (NAS).

Die im Abschnitt 2 zitierten Europäischen und Internationalen Normen (außer ISO 426-1) sind unter der gleichen Nummer als DIN-Normen veröffentlicht.

ISO 426-1 siehe DIN 17660

Änderungen

Gegenüber DIN 8563-10 : 1984-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Inhalt der Europäischen Norm vollständig übernommen.
- b) Umfangreiche Festlegungen von Anforderungen beim Bolzenschweißen mit Bezug auf das schweißtechnische Fachwissen, die Schweißanweisung, die Schweißverfahrensprüfung, die Prüfung von Schweißern und die Prüfung von Fertigungsschweißungen aufgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN 8563-10 : 1984-12

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN 17660

Kupfer-Knetlegierungen — Kupfer-Zink-Legierungen (Messing), (Sondermessing) — Zusammensetzung

Fortsetzung 46 Seiten EN

Normenausschuß Schweißtechnik (NAS) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

– Leerseite –

ICS 25.160.10

Deskriptoren: Schweißen, Lichtbogenschweißen, Bolzenschweißen, Qualitätssicherung

Deutsche Fassung

Schweißen

Lichtbogenbolzenschweißen von metallischen Werkstoffen
(ISO 14555 : 1998)

Welding — Arc stud welding of metallic materials
(ISO 14555 : 1998)

Soudage — Soudage à l'arc des goujons sur les
matériaux métalliques (ISO 14555 : 1998)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 26. Juni 1998 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	3	8.5 Zugprüfung	29
Einleitung	3	8.6 Makroschliff	29
1 Anwendungsbereich	4	8.7 Durchstrahlungsprüfung	29
2 Normative Verweisungen	4	8.8 Zusätzliche Prüfungen	29
3 Definitionen, Symbole und Abkürzungen	5	9 Schweißpersonal	29
3.1 Definitionen	5	9.1 Bolzenschweißer	29
3.2 Symbole	5	9.2 Schweißaufsicht	30
3.3 Abkürzungen	5	10 Fertigungsüberwachung	30
4 Schweißtechnisches Fachwissen	5	10.1 Allgemeines	30
4.1 Allgemeines	5	10.2 Normale Arbeitsprüfung	30
4.2 Prozesse	6	10.3 Vereinfachte Arbeitsprüfung	30
4.3 Grundwerkstoffe	8	10.4 Ersatzprüfung bei der normalen oder vereinfachten Arbeitsprüfung	30
4.4 Bolzen	9	10.5 Laufende Fertigungsüberwachung	30
4.5 Kombinationen von Bolzen- und Grundwerkstoff	10	10.6 Fertigungsbuch	31
4.6 Hilfsstoffe	10	10.7 Mangelnde Übereinstimmung und Korrekturmaßnahmen	31
4.7 Unregelmäßigkeiten und Korrekturmaßnahmen	10	10.8 Kalibrierung der Meß- und Prüfeinrichtungen	31
4.8 Schweißeinrichtungen	19	Anhang A (normativ) Qualitätsanforderungen beim Bolzenschweißen	32
4.9 Schweißparameter	20	Anhang B (informativ) Schweißanweisung des Herstellers (WPS)	33
5 Qualitätsanforderungen	21	Anhang C (informativ) Anerkennung eines Schweißverfahrens, Berichtsvordruck (WPAR) (für Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung)	34
5.1 Allgemeines	21	Anhang D (informativ) Anerkennung eines Schweißverfahrens, Berichtsvordruck (WPAR) (für Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung)	37
5.2 Konstruktionsüberprüfung	21	Anhang E (informativ) Prüfergebnisse — Normale Arbeitsprüfung für Schweißverfahren (für Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung)	40
5.3 Fertigungseinrichtungen	21	Anhang F (informativ) Prüfergebnisse — Normale Arbeitsprüfung für Schweißverfahren (für Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung)	42
5.4 Beschreibung der Einrichtungen	21	Anhang G (informativ) Beispiel eines Fertigungsbuches	44
5.5 Instandhaltung	21	Anhang ZA (informativ) Literaturhinweise	45
5.6 Fertigungsplan	21	Anhang ZB (informativ) Abschnitte in dieser Europäischen Norm, die grundlegende Anforderungen oder andere Vorgaben von EU-Richtlinien betreffen	46
5.7 Kalibrierung der Meß- und Prüfeinrichtungen	21		
6 Schweißanweisung (WPS)	21		
6.1 Allgemeines	21		
6.2 Bezogen auf den Hersteller	22		
6.3 Bezogen auf den Grundwerkstoff	22		
6.4 Schweißverfahren	22		
6.5 Schweißverbindung	22		
6.6 Bolzen	22		
6.7 Hilfsstoffe	22		
6.8 Stromquelle	22		
6.9 Bewegungsvorrichtungen	22		
6.10 Einflußgrößen beim Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung	22		
6.11 Einflußgrößen beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung	22		
6.12 Temperaturverhältnisse	22		
6.13 Wärmenachbehandlung	23		
6.14 Nichtthermische Nachbehandlung	23		
7 Anerkennung des Schweißverfahrens	23		
7.1 Grundsätze	23		
7.2 Schweißverfahrensprüfungen	23		
7.3 Prüfung vor Fertigungsbeginn	27		
7.4 Vorliegende Erfahrung	28		
7.5 Bericht über die Anerkennung eines Schweißverfahrens (WPAR)	28		
8 Untersuchung und Prüfung	28		
8.1 Allgemeines	28		
8.2 Sichtprüfung	28		
8.3 Biegeprüfung	28		
8.4 Biegeprüfung mit Drehmomentenschlüssel	29		

Vorwort

Der Text der EN ISO 14555 : 1998 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen“, dessen Sekretariat vom DS betreut wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ erarbeitet.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 1999, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 1999 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZB, der Bestandteil dieser Norm ist.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Einleitung

Das Lichtbogenbolzenschweißen dient zum Aufschweißen von vorwiegend stiftförmigen metallischen Teilen auf metallische Werkstücke. In dieser Norm wird es nachfolgend nur Bolzenschweißen genannt. Bolzenschweißen wird u. a. im Brückenbau (insbesondere im Verbundbau), Stahlbau, Schiffbau, Fassadenbau, Fahrzeugbau, Apparatebau, Dampfkesselbau und Haus-haltsgerätebau eingesetzt.

Beim Bolzenschweißen wird zwischen der Stirnfläche des Bolzens und dem Werkstück kurzzeitig ein Lichtbogen gezündet, beide Teile werden angeschmolzen und dann zusammengefügt. Nach der Art des Zündvorgangs unterscheidet man das Bolzenschweißen mit Hubzündung und das Bolzenschweißen mit Spitzenzündung. Für beide Verfahren sind geeignete Stromquellen, Bewegungsvorrichtungen, Bolzen und Hilfsmittel (z. B. Keramikringe) erforderlich. Das Bolzenschweißen ist gekennzeichnet durch eine sehr kurze Lichtbogenbrennzeit (etwa 0,5 ms bis 3,0 s) und die damit verbundene hohe Erwärmungs- und Abkühlgeschwindigkeit. Der Durchmesserbereich der Bolzen geht im allgemeinen bis 8 mm bei der Spitzenzündung und bis 25 mm bei der Hubzündung.

Die Qualität einer Bolzenschweißung ist nicht nur von dem exakten Einhalten der Vorgaben der Schweißanweisung, sondern auch von der einwandfreien Funktionsfähigkeit der Bewegungsvorrichtung (z. B. Schweißpistolen), vom Zustand der Bauteile sowie der Hilfsmittel und der Stromversorgung abhängig.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm umfaßt das Lichtbogenbolzenschweißen von metallischen Werkstoffen unter ruhender und nicht ruhender Belastung. Sie legt die besonderen Anforderungen beim Bolzenschweißen in bezug auf das schweißtechnische Fachwissen, die Qualitätsanforderungen, die Schweißanweisung, die Schweißverfahrensprüfung, die Prüfung von Schweißern und die Prüfung von Fertigungsschweißungen fest.

Diese Norm ist anzuwenden, wenn Lieferbedingungen zwischen den beteiligten Partnern, eine Anwendungsnorm oder regelsetzende Anforderungen (im folgenden „Lieferbedingungen“ genannt, siehe EN 729-1) den Nachweis des Herstellers zur Erzeugung von geschweißten Konstruktionen einer bestimmten Qualität verlangen.

Diese Norm ist als umfassendes Bezugsdokument für Verträge erarbeitet worden. Die gestellten Anforderungen können vollständig übernommen oder, sofern sie für die betreffende Konstruktion nicht relevant sind, gestrichen werden (siehe Anhang A).

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

- EN 287-1
Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle
- EN 287-2
Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 2: Aluminium und Aluminiumlegierungen
- EN 288-1 : 1992
Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 1: Allgemeine Regeln für das Schmelzschweißen
- EN 288-3
Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 3: Schweißverfahrensprüfungen für das Lichtbogenschweißen von Stählen
- EN 288-4
Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 4: Schweißverfahrensprüfungen für das Lichtbogenschweißen von Aluminium und seinen Legierungen
- EN 288-6
Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 6: Anerkennung aufgrund vorliegender Erfahrung
- EN 288-8
Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 8: Anerkennung durch eine Schweißprüfung vor Fertigungsbeginn
- EN 439
Schweißzusätze — Schutzgase zum Lichtbogenschweißen und Schneiden

- EN 573-3
Aluminium und Aluminiumlegierungen — Chemische Zusammensetzung und Form von Halbzeug — Teil 3: Chemische Zusammensetzung
- EN 719
Schweißaufsicht — Aufgaben und Verantwortung
- EN 729-1
Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe — Teil 1: Richtlinien zur Auswahl und Verwendung
- EN 729-2
Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe — Teil 2: Umfassende Qualitätsanforderungen
- EN 729-3
Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe — Teil 3: Standard-Qualitätsanforderungen
- EN 729-4
Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe — Teil 4: Elementar-Qualitätsanforderungen
- EN 1418
Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern von Schweißeinrichtungen zum Schmelzschweißen und von Einrichtern für das Widerstandsschweißen für vollmechanisches und automatisches Schweißen von metallischen Werkstoffen
- EN 1435
Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen
- EN 10025 + A1
Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen — Technische Lieferbedingungen (enthält Änderung A1 : 1993)
- EN 10028-2
Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 2: Unlegierte und legierte warmfeste Stähle
- EN 10088-1
Nichtrostende Stähle — Teil 1: Verzeichnis der nichtrostenden Stähle
- EN 10204
Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen
- EN 20898-1
Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen — Teil 1: Nieten, Schrauben und Bolzen (ISO 898-1 : 1988)
- EN 24063
Schweißen, Hartlöten, Weichlöten, Fugnlöten von Metallen — Liste der Verfahren und Ordnungsnummern für zeichnerische Darstellung (ISO 4063 : 1990)
- EN 60974-1
Sicherheitsanforderungen für Einrichtungen zum Lichtbogenschweißen — Teil 1: Schweißstromquellen (IEC 974-1 : 1989, modifiziert)
- EN ISO 6947
Schweißnähte — Arbeitspositionen — Definitionen der Winkel von Neigung und Drehung (ISO 6947 : 1993)

EN ISO 13918
Schweißen — Bolzen und Keramikringe zum Lichtbogenbolzenschweißen (ISO 13918 : 1998)

ISO 426-1
Knetkupfer-Zink-Legierungen — Chemische Zusammensetzung und Formen von Knetzeugnissen — Teil 1: Nichtbleihaltige und Sonder-Kupfer-Zink-Legierungen

ISO 857-1
Schweißen und verwandte Verfahren — Begriffe — Schweißverfahren

ISO 5828
Sekundär-Anschlußleitungen mit wassergekühlten Kabelschuhen für Widerstandsschweißeinrichtungen — Maße und Kennwerte

3 Definitionen, Symbole und Abkürzungen

3.1 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die Definitionen für Bolzenschweißen in ISO 857-1, EN 719, EN 729-1, EN 1418 und EN 288-1 sowie folgende:

3.1.1 Schweißzusätze

Im Sinne dieser Norm sind Bolzen, Stifte und andere Teile, die aufgeschweißt werden, Schweißzusätze.

3.1.2 Hilfsstoffe

Keramikringe und Schutzgase.

3.1.3 Bolzenschweißer

Bediener der Bolzenschweißeinrichtung, die mit den Bedingungen beim Bolzenschweißen vertraut sind. Sie besitzen Fachwissen zur Bedienung, zur ordnungsgemäßen Einstellung der Einrichtung und zur richtigen Ausführung der Schweißung. Dabei achten sie auf guten Kontakt und symmetrische Anbringung der Massekabel und auf gleichmäßige Verteilung ferromagnetischer Massen. In besonderen Fällen (z. B. in der Massenproduktion im Herstellerwerk) kann das Schweißen auch von geeignetem Hilfspersonal, das angemessen geschult und beaufsichtigt wird, ausgeführt werden.

3.1.4 Bolzendurchmesser

Beim Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas ist es der Durchmesser an der Schweißspitze. Bei allen anderen Schweißverfahren ist es der Durchmesser oberhalb des Flansches.

3.1.5 Stromstärke

Ist der Mittelwert des Schweißstromes im stationären Zustand während der Lichtbogenbrennzeit (gilt nicht bei Kondensator-Entladung).

3.1.6 Schweißzeit

Ist die Zeit zwischen der Zündung und dem endgültigen Erlöschen des Hauptlichtbogens.

3.1.7 Hub

(L in Bild 2): Ist der Abstand zwischen der Bolzenspitze und der Werkstückoberfläche bei aufgesetzter und

aktivierter Bewegungsvorrichtung. Bei Spitzenzündung gilt dieser Begriff für den Zündspalt.

3.1.8 Eintauchmaß

Ist der Betrag der axialen Bewegung des Bolzens in Richtung auf die Werkstückoberfläche.

3.1.9 Überstand

(P in Bild 2): Ist bei unregelmäßigen, z. B. federbelasteten Bewegungsvorrichtungen, der Abstand der Bolzenspitze vom werkstückseitigen Rand der Abstützeinrichtung in der Ruhestellung.

3.1.10 Blaswirkung

Ist die magnetische Ablenkung des Lichtbogens von der Bolzenachse.

3.1.11 Flußmittel

Ist ein Aluminiumzusatz an der Schweißspitze des Bolzens. Es dient zur besseren Zündung und zur Desoxidation des Schweißbades.

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Symbole:

C (Millifarad)	Kapazität;
d (Millimeter)	Bolzendurchmesser;
I (Ampere)	Stromstärke;
t _w (Millisekunden oder Sekunden)	Schweißzeit;
U (Volt)	Ladespannung;
W (Wattsekunde)	Ladeenergie.

3.3 Abkürzungen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Abkürzungen:

CF	Keramikring;
DS	Bolzenschweißen mit Hubzündung;
HAZ	Wärmeeinflußzone;
L	Hub;
NP	ohne Schweißbadschutz;
P	Überstand;
PA	Wannenlage;
PC	Querposition;
PE	Überkopfposition;
SG	Schutzgas;
TS	Bolzenschweißen mit Spitzenzündung;
WPS	Schweißanweisung;
WPAP	Bericht über die Anerkennung des Schweißverfahrens;
pWPS	vorläufige Schweißanweisung.

4 Schweißtechnisches Fachwissen

4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt gibt allgemeine Hinweise zur einwandfreien Fertigung und Prüfung beim Bolzenschweißen.

4.2 Prozesse

4.2.1 Bolzenschweißen mit Hubzündung (DS)

4.2.1.1 Allgemeines

Bolzenschweißen mit Hubzündung kann unter Verwendung von Schweißpistolen oder Schweißköpfen mechanisch oder automatisch ausgeführt werden. Die Arbeitsphasen des Bolzenschweißens mit Hubzündung sind in Bild 1 dargestellt. Der Bolzen wird in den Bolzenhalter eingeschoben und — wenn nötig, versehen mit einem Keramikring — auf das Werkstück aufgesetzt (siehe Bild 1a)). Zu Beginn des Schweißvorganges wird der Bolzen durch den Hubmechanismus angehoben, und im allgemeinen wird zuerst ein Hilfslichtbogen, dann der Hauptlichtbogen zwischen Bolzenspitze und Werkstück gezündet (siehe Bild 1b)). Die Bolzenstirnfläche und der Grundwerkstoff schmelzen dabei an. Nach Ablauf der Schweißzeit taucht der Bolzen mit geringer Kraft ($< 100 \text{ N}$) in das Schmelzbad ein, und die Stromquelle schaltet ab (siehe Bild 1c)). Anschließend wird der Keramikring entfernt (siehe Bild 1d)). Den Bewegungsablauf bei Verwendung eines Keramikringes zeigt Bild 2.

Es werden Bolzenschweißgeräte für verschiedene Arbeitsbereiche, mit unterschiedlicher Schweißzeit und unterschiedlichem Schweißbadschutz angeboten.

4.2.1.2 Verfahren

Drei Verfahrensvarianten werden unterschieden (siehe Tabelle 1):

- Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas (siehe 4.2.1.2 a));
- Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung (siehe 4.2.1.2 b));
- Kondensator-Entladungsbolzenschweißen mit Hubzündung (siehe 4.2.1.2 c)).

Die Bolzenspitzen müssen bei den Verfahren mit hoher elektrischer Leistung (schmale Schmelzzone), beim Kurzzeitbolzenschweißen oder beim Kondensatorentladungsbolzenschweißen der Einbrandform im Werkstück angepaßt und flacher ausgeführt werden (z.B. 166° Kegelswinkel).

- a) Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas:

Dieses Verfahren wird meist im Durchmesserbereich von 3 mm bis 25 mm mit Schweißzeiten von etwa 100 ms bis 3 000 ms eingesetzt. Es wird überwiegend mit Keramikring ausgeführt und nur in Ausnahmefällen mit Schutzgas oder ohne Schweißbadschutz. Der größte Teil aller Anwendungsfälle bezieht sich auf dieses Verfahren. Die Mindestblechdicke beträgt $\frac{1}{4}$ für CF und $\frac{1}{8}$ für SG des Bolzendurchmessers, aber mindestens 1 mm.

- b) Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung:

Mit besonderen Geräten kann auch eine sehr kurze Schweißzeit von $\leq 100 \text{ ms}$ erreicht werden. Diese Variante eignet sich für Bolzen bis 12 mm Durchmesser, sollte aber bei etwa 8 mm bis 12 mm Durchmesser mit Schutzgas ausgeführt werden, um eine verstärkte Porenbildung zu vermeiden. Die Schmelzzone ist schmal, die Wärmeeinbringung gering, so daß auch Bolzen bis 12 mm Durchmesser auf dünne Bleche geschweißt werden können. Bei 10 mm bis 12 mm Bolzendurchmesser verbessert ein Keramikring die Ausbildung des Schweißwulstes. Da das Verfahren bis 8 mm Durchmesser häufig ohne Schweißbadschutz ausgeführt wird, werden dabei in der Regel Bolzen mit angestauchtem Flansch verwendet, die eine größere Schweißfläche als der Bolzenschaftdurchmesser bilden und damit trotz Poren in der Schweißzone eine höhere Zugkraft erreichen als der Bolzenschaft. Die Mindestblechdicke ist $\frac{1}{8} d$, aber mindestens 0,6 mm.

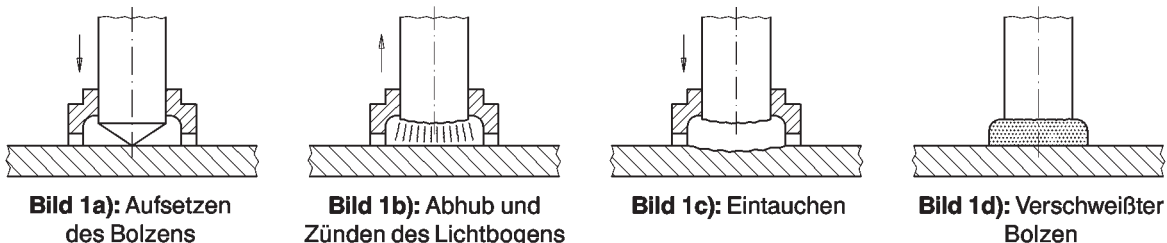


Bild 1: Bolzenschweißen mit Hubzündung — Arbeitsablauf

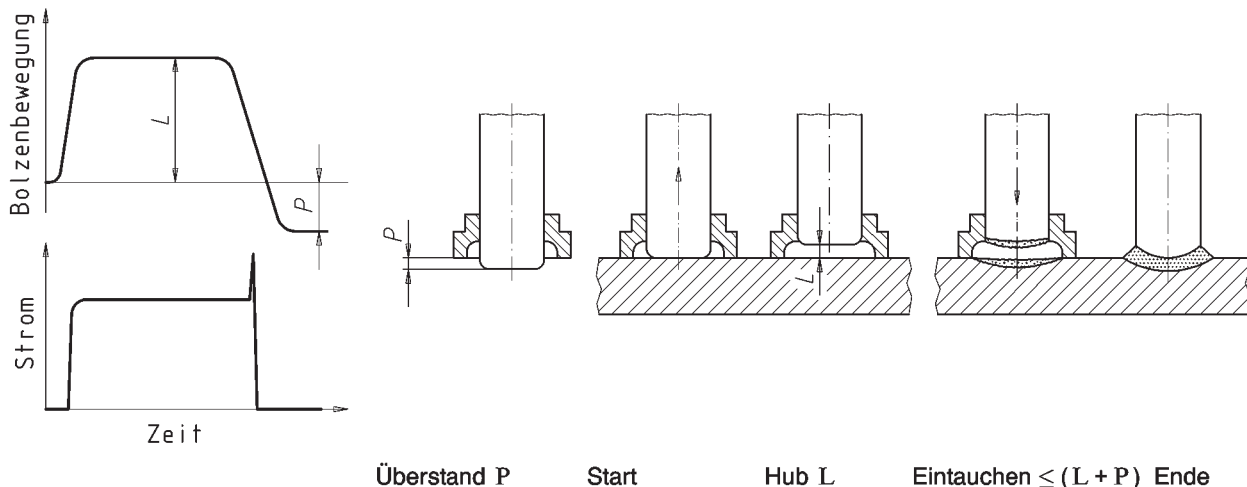


Bild 2: Die Bolzenbewegung beim Bolzenschweißen mit Hubzündung

Tabelle 1: Arbeitsbereiche der verschiedenen Verfahren beim Bolzenschweißen mit Hubzündung

Variante	Schweißzeit, t_w ms	Bolzendurch- messer, d mm	Stromstärke, I A	Schweißbad- schutz	Mindestblechdicke
Hubzündungs-Bolzen- schweißen mit Keramik- ring oder Schutzgas	> 100	3 bis 25	300 bis 3 000	CF	$\frac{1}{4}$ d, aber mindestens 1 mm ¹⁾
	> 100	3 bis 16	300 bis 3 000	SG	$\frac{1}{8}$ d, aber mindestens 1 mm
Kurzzeit-Bolzenschwei- ßen mit Hubzündung	≤ 100	3 bis 12	bis 1 500	NP, SG, (CF)	$\frac{1}{8}$ d, aber mindestens 0,6 mm
Kondensatorentladungs- Bolzenschweißen mit Hubzündung	< 10	3 bis 10	bis 3 000 (Spitze)	NP, (SG)	$\frac{1}{10}$ d, aber mindestens 0,5 mm
1) Die Mindestblechdicke vermeidet das Durchbrennen. Andere Anwendungsnormen können größere Blechdicken erfor- dern.					

- c) Kondensator-Entladungsbolzenschweißen mit Hubzündung:
Eine sehr kurze (< 10 ms) Schweißzeit kann durch Verwendung einer Kondensatorentladungsstromquelle erreicht werden. Der Durchmesserbereich geht von 3 mm bis 10 mm. Die Mindestblechdicke beträgt $\frac{1}{10}$ d, aber mindestens 0,5 mm. Der Vorgang ähnelt dem Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung, der Spitzenstrom kann aber bis 3 000 A erreichen.

4.2.1.3 Schweißbadschutz

Nach der Art des Schweißbadschutzes werden verschiedene Arbeitsweisen unterschieden:

- mit Keramikring (CF) (siehe 4.2.1.3 a));
- mit Schutzgas (SG) (siehe 4.2.1.3 b));
- Kein Schweißbadschutz (NP) (siehe 4.2.1.3 c)).

a) Keramikring (CF):

Der Keramikring bildet um die Schweißstelle eine Brennkammer, die den Schweißer vor dem Lichtbogen und vor Spritzern schützt. Er konzentriert den Lichtbogen auf einen kleinen Bereich und verringert die Wärmeabfuhr und Abkühlgeschwindigkeit. Die Atmosphäre wird durch den Keramikring nur wenig abgehalten. Beim Eintauchen des Bolzens in das Schmelzbad wird die seitlich weggedrückte Schmelze ringförmig um den Bolzen zu einem Wulst geformt. Dadurch werden Schweißungen auch in Zwangslagen möglich. Der Keramikring wird nur für eine Schweißung verwendet und nach dem Erstarren der Schmelze entfernt.

b) Schutzgas (SG):

Beim Bolzenschweißen mit Schutzgas wird die Atmosphäre durch ein von außen zugeführtes Schutzgas aus dem Lichtbogenbereich verdrängt. Dadurch wird die Porenbildung wesentlich verringert. Bei Stahl und den meisten anderen Metallen wird ein Mischgas aus 82 % Argon und 18 % Kohlendioxid (EN 439 — M21) verwendet. Bei Aluminium wird Reinargon Ar 99,99 (EN 439 — I1) eingesetzt.

Das Schutzgas beeinflusst den Lichtbogen und wirkt auf das Anschmelzverhalten des Bolzens und des Werkstückes und über die Oberflächenspannung auf die Formung des Schweißwulstes und die Einbrand-

form ein. Grundsätzlich ist die Schweißposition PA nach EN ISO 6947 vorzuziehen. Soll der Schweißwulst besser geformt und der Lichtbogen am Werkstück auf einen kleinen Bereich beschränkt werden, kann auch zusätzlich ein Keramikring verwendet werden.

c) Kein Schweißbadschutz (NP):

Ohne Schweißbadschutz kann das Bolzenschweißen nur im Bereich kleiner Durchmesser (kleiner als 10 mm) mit kurzen Schweißzeiten (weniger als 100 ms) ausgeführt werden. Nachteilig dabei sind die starke Oxidation der Schweißzone, die verstärkte Porenbildung und der ungleichmäßige Schweißwulst.

4.2.2 Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung (TS)

Es gibt zwei Varianten für das Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung:

- mit Kontakt;
- mit Spalt.

Beim Schweißen mit Kontakt wird der Bolzen in den Bolzenhalter der Bewegungsvorrichtung eingeschoben (siehe Bild 3a)) und mit seiner Zündspitze direkt auf die Bauteiloberfläche aufgesetzt (siehe Bild 3b)). Durch eine Feder, die sich in der Schweißpistole befindet, wird der Bolzen auf das Blech gedrückt. Nach dem Zuschalten der Kondensatorenergie, dem schlagartigen Explodieren und teilweisen Verdampfen der Zündspitze und dem Entstehen des Lichtbogens (siehe Bild 3c)) wird der Bolzen noch weiter auf das Blech zubewegt und bleibt schließlich in der erstarrten Schmelze stehen (siehe Bild 3d)). Die Schweißzeit beträgt ≤ 3 ms.

Das Schweißen mit Spalt unterscheidet sich vom oben beschriebenen Verfahren dadurch, daß der Bolzen vor Schweißbeginn in einem definierten, einstellbaren Abstand vom Werkstück gehalten wird (siehe Bild 3a)).

Nach dem Zuschalten der Kondensatorbatterie wird der Bolzen auf die Blechoberfläche hin beschleunigt, und der Vorgang läuft wie oben beschrieben ab (siehe Bilder 3b) bis d)). Die Schweißzeit beträgt etwa 1 ms; dadurch wird unter anderem das Schweißen von Aluminium ohne Schutzgasatmosphäre möglich.

Die empfohlene Blechdicke sollte $\geq \frac{1}{10}$ d, aber nicht weniger als 0,5 mm betragen.

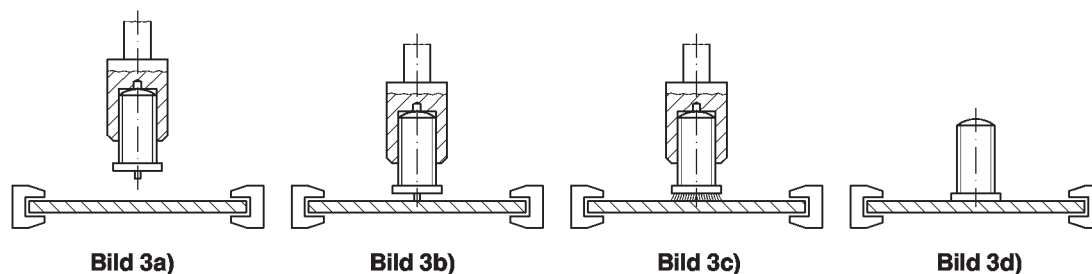


Bild 3: Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung — Hauptphasen des Schweißvorganges

4.3 Grundwerkstoffe

4.3.1 Allgemeines

Durch die kurzzeitige Lichtbogeneinwirkung schmelzen Bolzen und Grundwerkstoff an, und die Schmelzbäder vermischen sich beim Zusammenfügen. Auch die Wärmeinflußzone wird in ihren Eigenschaften verändert. Dieser Vorgang verläuft bei den verschiedenen Verfahrensvarianten des Bolzenschweißens unterschiedlich. Im allgemeinen wird mehr Bolzenwerkstoff als Grundwerkstoff aufgeschmolzen. Die Schweißfläche ist am Grundwerkstoff meistens größer als am Bolzenquerschnitt. Die Festigkeits- und Verformungseigenschaften im Übergang von der Naht zum Bolzen sind daher genauer zu untersuchen. Bei Stahl ist besonders die Versprödung durch Aufhärtung zu beachten.

Die Oberfläche des Grundwerkstoffes muß blank und sauber sein. Schichten von Farbe, Rost, Zunder, Fett sowie

schweißungeeignete metallische Schichten sollten von der Schweißstelle entfernt werden. Dies kann mechanisch oder chemisch durchgeführt werden. Grundwerkstoffe mit Zunder und Rostschichten müssen gründlich abgeschliffen werden. Die Reinigungsmethode ist in der WPS festzulegen. Bei sehr kurzen Schweißzeiten (kleiner als 50 ms) ist die Oberfläche besonders sorgfältig zu reinigen.

4.3.2 Grundwerkstoff für Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung

Grundwerkstoffe für diese Bolzenschweißverfahren sind in Tabelle 2 genannt. Als Grundwerkstoffe nach EN 288-3 Gruppe 2 sind Stähle mit einer maximalen Streckgrenze von 460 N/mm² und nach EN 288-3 Gruppe 9 sind Stähle, die nicht heißrißanfällig sind, zu verwenden.

Tabelle 2: Schweißbeignung von gängigen Grundwerkstoff/Bolzen-Kombinationen beim Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung

Bolzenwerkstoff	Grundwerkstoff			
	EN 288-3/ Gruppen 1 und 2 ¹⁾	EN 288-3/ Gruppen 4 und 5	EN 288-3/ Gruppe 9	EN 288-4/ Gruppen 21 und 22.1
S 235 4.8 (schweißgeeignet) 16 Mo 3	a	b	b ²⁾	—
X 10 CrAl18 X 10 CrAl24 X 20 CrNiSi25–4	c	c	c	—
1.4301 1.4303 1.4401 1.4541 1.4571	b/a ³⁾	b	a	—
EN AW-AlMg3 EM AW-AlMg5	—	—	—	b

Erläuterung der Buchstaben bezüglich der Schweißbeignung:

—: nicht schweißbar

a: gut geeignet für jede Anwendung, z. B. Kraftübertragung.

b: geeignet mit Einschränkungen für Kraftübertragung.

c: geeignet mit Einschränkungen nur für Wärmeübertragung.

¹⁾ Maximale Streckgrenze $R_{eH} \leq 460 \text{ N/mm}^2$.

²⁾ Nur beim Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung.

³⁾ Bis 10 mm Durchmesser und Schutzgas in Position PA.

Tabelle 3: Schweißbeignung von gängigen Grundwerkstoff/Bolzen-Kombinationen beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung

Bolzenwerkstoff	Grundwerkstoff				
	EN 288-3/ Gruppen 1, 2, 3, 4 und Kohlenstoffstahl bis 0,30 % C-Gehalt	EN 288-3/ Gruppen 1, 2, 3, 4 und verzinkte und metall- beschichtete Stahlbleche, max. Beschichtungsdicke 25 µm	EN 288-3/ Gruppe 9	Kupfer und bleifreie Kupfer- legierungen, z. B. CuZn37	EN 288-4/ Gruppen 21 und 22.1
S 235	a	b	a	b	—
1.4301 1.4303	a	b	a	b	—
CuZn37	b	b	b	a	—
EN AW-Al99,5	—	—	—	—	b
EN AW-AlMg3	—	—	—	—	a

Erläuterung der Buchstaben bezüglich der Schweißbeignung:
 —: nicht schweißbar
 a: gut geeignet für jede Anwendung, z. B. Kraftübertragung.
 b: geeignet mit Einschränkungen für Kraftübertragung.

Tabelle 4: Bolzenwerkstoff zum Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung

Norm	Art	Desoxidationsart
EN 10025	S 235 ¹⁾	FF
EN 10025	S 235 + C450 ¹⁾	FF
EN 10028-2	16Mo3	—
EN 20898-1	4.8 (schweißgeeignet)	mindestens FN
	X 10 CrAl18 X 10 CrAl24 X 20 CrNiSi25–4	—
EN 10088-1	1.4301 1.4303 1.4401 1.4541 1.4571	—
ISO 426-1	CuZn37	—
EN 573-3	EN AW-AlMg3 EN AW-AlMg5	—

¹⁾ Der Kerbschlagversuch darf nicht an kaltverformtem Material durchgeführt werden.

Oberflächen, auf denen geschweißt werden soll, müssen trocken und kondenswasserfrei sein. Bei Temperaturen unter 5 °C kann geeignete Vorwärmung erforderlich sein. Wegen der Schweißbarkeit sollte der Kohlenstoffgehalt der Stähle $\leq 0,2\%$ betragen.

Liefervereinbarungen oder Anwendungsnormen können auch den Einsatz anderer Metalle wie bleifreies Kupfer und Aluminiumlegierungen für das Bolzenschweißen mit Hubzündung zulassen. In diesen Fällen können zusätzliche oder andere Prüfungen als die in Abschnitt 7 beschriebenen gefordert werden.

4.3.3 Grundwerkstoff beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung und beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung

Grundwerkstoffe für diese Bolzenschweißverfahren sind in Tabelle 3 genannt.

Liefervereinbarungen und Anwendungsnormen können auch den Einsatz anderer Werkstoffe zulassen. In diesen Fällen können zusätzliche oder andere Prüfungen als die in Abschnitt 7 beschriebenen gefordert werden.

4.4 Bolzen

4.4.1 Bolzenwerkstoff zum Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung

Die in Tabelle 4 genannten Bolzenwerkstoffe müssen schweißgeeignet sein.

Bolzen aus unlegiertem Stahl sind schweißgeeignet, wenn die Aufhärtung gering ist. Dies trifft im allgemeinen zu, wenn der Kohlenstoffgehalt $\leq 0,18\%$ ist. Automatenstähle sind im allgemeinen nicht geeignet.

4.4.2 Bolzenwerkstoffe zum Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung

Die in Tabelle 5 genannten Bolzenwerkstoffe müssen schweißgeeignet sein.

4.4.3 Bolzenformen

Die Spitzenform unterscheidet sich je nach Verfahrensvariante und Werkstoff. Bolzenformen, Abmessungen, Werkstoffe und Keramikringe müssen mit EN ISO 13918 übereinstimmen.

4.5 Kombinationen von Bolzen- und Grundwerkstoff

Die Schweißbeignung der verschiedenen Metalle und die empfohlenen Kombinationen von Bolzen- und Grundwerkstoff hängen vom Schweißverfahren ab. Die Kombinationen sind in Tabelle 2 und Tabelle 3 dargestellt:

- Kombinationen beim Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas und Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung (siehe Tabelle 2);
- Kombinationen beim Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung (siehe Tabelle 3).

Andere Kombinationen können schweißgeeignet sein; die Schweißbeignung muß aber in erweiterten Verfahrensprüfungen nachgewiesen werden.

4.6 Hilfsstoffe

Je nach Verfahren werden Keramikringe und/oder Schutzgase zum Schutz oder zur Konzentration des Lichtbogens verwendet. Die Keramikringe müssen zum Bolzendurchmesser und zum Bolzentyp passen. Folgende Punkte sind zu beachten:

- der Keramikring muß auf das Grundmaterial gedrückt werden;
- der Keramikring muß in bezug auf den Bolzen zentriert sein. Schiefstellungen oder ungleichmäßiger Kontakt des Keramikringes am Bolzen führt zu ungleich-

Tabelle 5: Bolzenwerkstoffe zum Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Hubzündung und Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung

Norm	Art
EN 20898-1	4.8 (schweißgeeignet)
EN 10088-1	1.4301 1.4303
ISO 426-1	CuZn37 (bleifrei)
EN 573-3	EN AW-AlMg3 EN AW-Al99,5

mäßigem Schweißwulst und kann das Eintauchen behindern;

- die Keramikringe müssen trocken gelagert werden;
- bei wasserstoffinduzierten Rissen müssen die Keramikringe bei hoher Temperatur getrocknet werden (1 h über 900 °C).

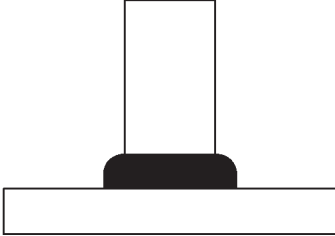
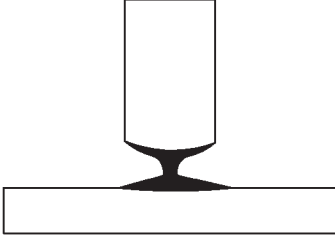
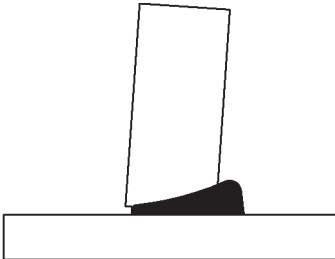
In Sonderfällen (Bolzenschweißen mit Hubzündung von Aluminium und seinen Legierungen oder CrNi-Stähle) kann die Verwendung von Schutzgasen erforderlich sein. Das Gas wird einer Einrichtung zugeführt, die eine gleichmäßige Abschirmung ohne Turbulenz sicherstellen muß. Folgende Punkte sind zu beachten:

- auf der Bolzen- und der Gasstrom abgedichtet werden;
- das Gas muß die Atmosphäre vor Schweißbeginn verdrängen, deshalb ist eine definierte Vorströmzeit erforderlich;
- beim Schweißen von Aluminium ist eine besonders gute Gasabschirmung notwendig.

4.7 Unregelmäßigkeiten und Korrekturmaßnahmen

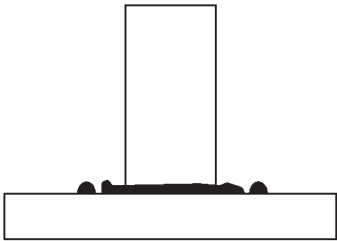
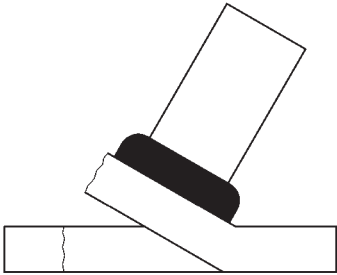
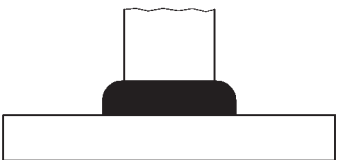
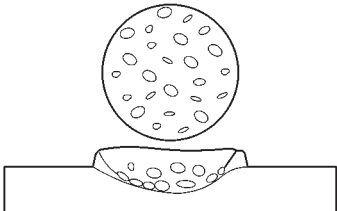
Die Unregelmäßigkeiten und Korrekturmaßnahmen sind in Tabelle 6 bis Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 6: Unregelmäßigkeiten und Korrekturmaßnahmen beim Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas

Sichtprüfung			
Nr	Äußere Beschaffenheit	Mögliche Ursache	Korrekturmaßnahmen
1	Schweißwulst gleichmäßig, glänzend und geschlossen Bolzenlänge nach dem Schweißen innerhalb der Toleranz 	– richtige Parameter	– keine
2	Einschnürung an der Schweißung Bolzen zu lang 	– Eintauchmaß oder Hub zu gering – Schweißenergie zu hoch	– Eintauchmaß vergrößern, Hub und Zentrierung des Keramikringes überprüfen – Strom und/oder Zeit verringern
3	Schwach ausgebildeter, ungleichmäßiger Schweißwulst mit matter Oberfläche Bolzen zu lang 	– Schweißenergie zu niedrig – Keramikring ist feucht	– Strom und/oder Zeit erhöhen – Keramikringe im Ofen trocknen
4	Schweißwulst einseitig Unterschneidung 	– Blaswirkung – Keramikring nicht zentriert	– siehe Tabelle 9 – Zentrierung überprüfen

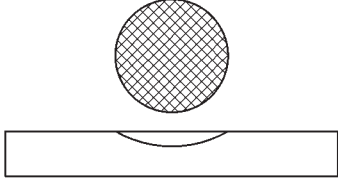
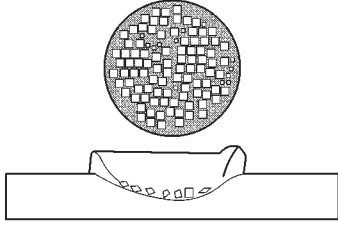
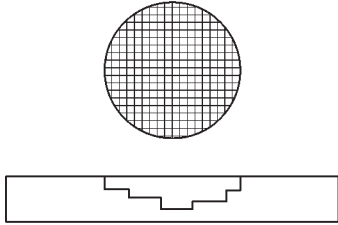
(fortgesetzt)

Tabelle 6 (fortgesetzt)

Sichtprüfung			
Nr	Äußere Beschaffenheit	Mögliche Ursache	Korrekturmaßnahmen
5	Schweißwulst niedrig, Oberfläche glänzend mit starken Spritzern Bolzen zu kurz 	– Schweißenergie zu hoch – Eintauchgeschwindigkeit zu groß	– Strom und/oder Zeit verringern – Eintauchmaß und/oder Dämpfung justieren
Bruchprüfung			
Nr	Beschaffenheit des Bruches	Mögliche Ursache	Korrekturmaßnahmen
6	Ausknöpfen des Grundwerkstoffes 	– richtige Parameter	– keine
7	Bruch oberhalb des Wulstes nach ausreichender Verformung 	– richtige Parameter	– keine
8	Bruch in der Schweißung zahlreiche Poren 	– Schweißenergie zu niedrig – Werkstoff nicht bolzen-schweißgeeignet	– Strom und/oder Zeit erhöhen – chemische Zusammensetzung prüfen

(fortgesetzt)

Tabelle 6 (abgeschlossen)

Sichtprüfung			
Nr	Beschaffenheit des Bruches	Mögliche Ursache	Korrekturmaßnahmen
9	Bruch in der HAZ Matte Bruchfläche nach ungenügender Verformung 	– Kohlenstoffgehalt des Grundwerkstoffes zu hoch – Grundwerkstoff ungeeignet	– Grundwerkstoff prüfen – Schweißzeit erhöhen – evtl. Vorwärmung erforderlich
10	Bruch in der Schweißzone Glänzende Bruchfläche 	– Flußmittelgehalt zu hoch – Schweißzeit zu kurz	– Flußmittelmenge prüfen – Schweißzeit verlängern
11	Terrassenbruch im Grundwerkstoff 	– nichtmetallische Einschlüsse im Grundwerkstoff – Grundwerkstoff ungeeignet	