

Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

Schweißen von Betonstahl

nach DIN EN ISO 17660:2007
und DVS RiLi 1708:2009

SCHWEIßEN VON BETONSTAHL

nach DIN EN ISO 17660:2007
und DVS RiLi 1708:2009

Herausgeber

Institut für Stahlbetonbewehrung (ISB) e.V.
Kaiserswerther Str. 137
40474 Düsseldorf
Deutschland

Verfasser

 **BLUM INGENIEUR CONSULT**

Marc Blum

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirt.-Ing. (FH), M.Sc.
Schweißfachingenieur / IWE für Bau-, Beton- & CrNi-Stahl
öbuv SV für Metall- & Stahlbau (HwK DO)

Fettweide 18
58256 Ennepetal-Altenvoerde
Deutschland

Titelbild

Adobe Stock

Alle Bücher von Ernst & Sohn werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2022 Ernst & Sohn GmbH, Rotherstraße 21,
10245 Berlin, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

Print ISBN: 978-3-433-03405-7

7	Vorwort		
9	1 HISTORISCHE ENTWICKLUNG	43	7 VORAUSSETZUNGEN UND ANFORDERUNGEN
10	2 REGELWERKE BETONSTAHL		7.1 Betriebliche Einrichtungen
	2.1 Aktuelle Regelwerke und Zulassungen		7.2 Schweißtechnisches Personal
	2.2 Frühere Regelwerke		7.3 Schweißaufsicht
15	3 SCHWEIßVERFAHREN		7.4 Erstellen und Qualifizierung von Schweißanweisungen (WPS)
	3.1 Allgemeines		7.5 Durchführung der Betriebsprüfung
	3.2 Lichtbogenhandschweißen – 111, 114 (E)		7.5.1 Erstprüfung
	3.3 Metallaktivgasschweißen – 135, 136 (MAG)		7.5.2 Wiederholungsprüfung
	3.4 Widerstandspunktschweißen – 21, 23 (RP)		7.6 Ausstellen der Bescheinigung
	3.5 Abbrennstumpfschweißen – 24 (RA)		7.7 Geltungsdauer der Bescheinigung
	3.6 Gaspressschweißen – 47 (GP)		7.8 Betonstahl-Schweißen im bauordnungsrechtlichen Kontext (MVV-TB, MHA-VO, etc.)
	3.7 Arbeitsschutz beim Schweißen		
21	4 SCHWEIßBARKEIT VON STÄHLEN	50	8 KONSTRUKTIVE AUSFÜHRUNG
	4.1 Grundlagen		8.1 Festigkeit und Bemessung
	4.2 Schweißbarkeit von Betonstahl		8.2 Konstruktive Gestaltung von Betonstahl-Schweißstößen
	4.3 Schweißbarkeit von nichtrostendem Betonstahl		8.3 Nichttragende Verbindungen
26	5 REGELWERKE		8.4 Tragende Verbindungen
	5.1 Allgemeines		8.4.1 Vorwiegend ruhend
	5.2 DVS RiLi 1708:2009-09		8.4.2 Nicht vorwiegend ruhend
	5.3 DIN EN ISO 17660-1:2007-8 (Berichtigung)		8.4.3 Abminderungsfaktoren
	5.4 DIN EN ISO 17660-2:2007-8 (Berichtigung)		8.5 Zeichnerische Darstellung
28	6 ARTEN DER SCHWEIßVERBINDUNGEN	55	8.6 Vor- und Nachteile der Stoßarten
	6.1 Allgemeines		8.7 Unregelmäßigkeiten beim Betonstahlschweißen
	6.2 Stumpfstoß		
	6.3 Überlappstoß		9 SCHWEIßBARKEIT FRÜHERER BETONSTÄHLE IN DER STAHLBETON-INSTANDSETZUNG
	6.4 Laschenstoß		
	6.5 Kreuzungsstoß		
	6.6 Flankenkehlnaht	58	Literaturhinweise und Quellen
	6.7 Stirnplattenverbindungen		
	6.8 Betonstahl an Baustahl		
	6.9 Betonstahl-Schweißen an gebogenem Betonstahl		
	6.10 Schweißen von feuerverzinktem Betonstahl		
	6.11 Heftschweißungen von Betonstahl		



Schweißen von Betonstahl spielt zunehmend eine Rolle – sowohl bei der Instandhaltung von Bestandsbauten als auch bei der modernen Fertigung. In der Instandsetzung mit Umnutzung oder Erweiterung werden neue Betonstähle an alte Stäbe „angeschlossen“, in der modernen Fertigung werden zunehmend vorgefertigte Bewehrungskörbe oder Flächenelemente eingesetzt, aber auch geplante Anschlüsse kommen zunehmend vor. In der Instandsetzung sind historische Eigenschaften zu berücksichtigen und damit muss häufig zunächst analysiert werden, ob und mit welchen Verfahren der vorliegende Betonstahl schweißbar ist. Aktuelle Betonstähle sind im Allgemeinen schweißbar und es bestehen kaum noch Einschränkungen auf der Materialseite. Gleichzeitig sind die Anforderungen an den Schweißer und den ausführenden Betrieb sehr hoch.

All diese Themen sind in diesem Buch zusammengefasst um einen umfassenden Überblick über das Thema Schweißen von Betonstahl zu geben. Neben der historischen Entwicklung werden die Schweißverfahren mit ihren Vor- und Nachteilen vorgestellt und die verschiedenen Schweißarten sowie die betrieblichen und personellen Anforderungen aufgezeigt. Das Buch richtet sich gleichermaßen an Planer, die geschweißte Elemente verwenden, wie Ausführende, die sich über die aktuell geltenden Bestimmungen informieren möchten.

Besonderer Dank gilt Herrn Dipl.-Ing., Dipl.-Wirt.-Ing. (FH), M.Sc. Marc Blum für die Ausarbeitung des Kompendiums. Allen Unterstützern, die uns sowohl mit fachlichem Rat wie mit Bildmaterial zur Seite gestanden haben, sei ebenfalls gedankt.

Mit freundlichen Grüßen



Dipl.-Ing. Sven Junge
Geschäftsführer
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.



Dr.-Ing. Michael Schwarzkopf
Vorstandsvorsitzender
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

Hinweis: Sämtliche Texte und Tabellen in diesem Buch sind nach bestem Wissen und Gewissen erstellt und geprüft worden; gleichzeitig können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Daher gilt im Zweifelsfalle immer die zugrundeliegende Norm in ihrer aktuellen Fassung.

Alle Angaben ohne Gewähr.

1 HISTORISCHE ENTWICKLUNG

Baugeschichtlich wurden bereits zur Eisenzeit ab ca. 500 v. Chr. die ersten schmiedeeisernen und feurgeschweißten Ring- und Maueranker in Bauten aus Mauerwerk und/oder dem römischen „opus caementitium“ (einem ersten Vorläufer des heutigen Betons) eingesetzt und gelten somit als erste baugeschichtliche Zeugnisse einer Verbundtechnologie zwischen unterschiedlichen Baustoffen.

Die Entwicklung des seinerzeit so genannten „Eisenbetonbaus“ setzte um 1850 ein; als die industriellen Wegbereiter dieser Bauweise gelten international die Personen Joseph Monier (F) sowie Thaddeus Hyatt (USA) und im deutschsprachigen Raum die Personen Gustav Adolf Wayss, Conrad Freytag, Wilhelm Gustav und Rudolf Dyckerhoff, Eduard Züblin und Johann Bauschinger. ⁽¹⁾

Anfangs machte man sich mit dieser neuen Bauweise eher noch keine metallurgischen Gedanken über die eingesetzten Eisen- resp. Stahlgüten, vielmehr experimentierte man mit den Verbundformen zwecks Optimierung der Haftverbundfestigkeit zwischen dem Eisen und dem Beton.

Ab ca. 1920 mit der industriellen Weiterentwicklung der Eisenerzverhüttung zur Stahlerzeugung sowie der Entwicklung der E-Schweißtechnik gab es erste Überlegungen über die metallurgischen und fertigungstechnischen Möglichkeiten der schweißtechnischen Verbindung zweier Betonstähle. Da man in diesem Zeitraum zur Festigkeitssteigerung des Betonstahls aber auch vielfach auf das Tordieren oder das Kaltrecken gesetzt hatte, war die Schweißbarkeit der früheren Betonstähle nur sehr „bedingt“ gegeben.

Erst mit Einführung der DIN 488-1 „Betonstahl“ im Jahre 1972 kann man von generell schweißgeeigneten Betonstahlsorten sprechen, da hier erstmals aussagekräftige Hinweise zum Betonstahlschweißen gemacht wurden. Die heute gültigen Fassungen DIN 488-1:2009-08 „Beton-

stahl“ oder auch DIN EN 10080:2005-08 „Stahl für die Bewehrung von Beton – Schweißgeeigneter Betonstahl“ präzisieren die Vorgaben der Schweißbarkeit der heute gängigen Betonstähle in Deutschland.

Heute ist die Schweißverbindung von Betonstählen sowohl im Neubau als auch beim Bauen im Bestand oder in der Betonstahlinstandsetzung über die DIN EN ISO 17660:2006 mit Berichtigung 1:2007 (früher DIN 4099) bauordnungsrechtlich gang und gäbe.

Anmerkung: DIN EN ISO 17660:2006 mit Berichtigung:2007 wird im nachfolgenden abgekürzt DIN EN ISO 17660:2007 genannt.

2 REGELWERKE BETONSTAHL

2.1 AKTUELLE REGELWERKE UND ZULASSUNGEN

Mit Verweis auf die im Jahr 2021 aktuelle DIBt-Fassung der „**Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) Ausgabe 2020/1**“ in der Fassung vom 19.01.2021⁽²⁾ sind nach Kap. C2 (Seite 93) nachfolgende Betonstähle nach Regelwerk in Deutschland gegenwärtig bauordnungsrechtlich zugelassen:

C2.1.3 Betonstähle

C 2.1.3.1	Betonstabstahl	DIN 488-2: 2009-08 DIN 488-6: 2010-01 zusätzlich gilt: DIN 488-1: 2009-08	ÜZ
C 2.1.3.2	Betonstahlmatten	DIN 488-4: 2009-08 DIN 488-6: 2010-01 zusätzlich gilt: DIN 488-1: 2009-08	ÜZ
C 2.1.3.3	Betonstahl in Ringen / Bewehrungsdraht	DIN 488-3: 2009-08 DIN 488-6: 2010-01 zusätzlich gilt: DIN 488-1: 2009-08	ÜZ
C 2.1.3.4	Gitterträger	DIN 488-5: 2009-08 DIN 488-6: 2010-01 zusätzlich gilt: DIN 488-1: 2009-08	ÜZ

Tabelle: Nach Regelwerk zugelassene Betonstähle in Deutschland

Die aktuelle europäische Betonstahlnormung nach DIN EN 10080: 2005-08 „Stahl für die Bewehrung von Beton – schweißgeeigneter Betonstahl“ ist in Deutschland nicht bauordnungsrechtlich eingeführt und hat nur informativen Charakter.

Weitere firmenspezifische Betonstähle zur Bewehrung von Stahlbetonbauteilen, die z. B. in ihrer Rippengeometrie, Festigkeit oder im Durchmesser von der DIN 488 abweichen, werden über bauaufsichtliche Zulassungsbescheide des DIBt geregelt und können dort auf der Homepage unter „Betonstahlverzeichnisse“⁽³⁾ eingesehen werden.

2.2 FRÜHERE REGELWERKE

Die Entwicklung der Regelwerke zur Bemessung im Betonbau in Deutschland korreliert stark mit der Geschichte des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton bzw. Stahlbeton (zuerst DAfE, später dann DAfStb genannt).

Am 16. April 1904 wurden durch einen preußischen Ministerial Runderlass für öffentliche Arbeiten die „Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton für Hochbauten“ eingeführt.

Jahr	Regelwerk
1904	Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten
1907	Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten
1908	Allgemeine Bestimmungen für die Vorbereitung, Ausführung und Prüfung von Bauten aus Stampfbeton Bestimmungen für Druckversuche bei der Ausführung von Bauten aus Stampfbeton
1916	Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton 1. Ausgabe der DIN 1045 Anhang – Bestimmungen für Druckversuche an Würfeln bei Ausführung von Bauwerken aus Beton Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Beton
1925	Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton Teil A – DIN 1045: Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton (2. Ausgabe) Teil B – DIN 1046: Bestimmungen für Ausführung ebener Steindecken Teil C – DIN 1047: Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Beton Teil D – DIN 1048: Bestimmungen für Druckversuche an Würfeln bei Ausführung von Bauwerken aus Beton und Eisenbeton (1. Ausgabe)
1932	Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton Teil A – DIN 1045: Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton (3. Ausgabe) Teil B – DIN 1046: Bestimmungen für Ausführung von Steineisendecken Teil C – DIN 1047: Bestimmung für Ausführung von Bauwerken aus Beton Teil D – DIN 1048: Bestimmungen für Steifepfahrungen und für Druckversuche an Würfeln bei Ausführung von Bauwerken aus Beton und Eisenbeton (2. Ausgabe)
1943	Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton Teil A – DIN 1045: Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton (1. Ausgabe) Teil B – DIN 1046: Bestimmungen für Ausführung von Steineisendecken Teil E – DIN 4225: Fertigbetonteile aus Stahlbeton; Richtlinien für Herstellung und Anwendung
1944	Teil C – DIN 1047: Bestimmung für Ausführung von Bauwerken aus Beton Teil D – DIN 1048: Betonprüfungen bei Ausführung von Bauwerken aus Beton und Eisenbeton (3. Ausgabe)
1972	DIN 1045: Beton- und Stahlbetonbau, Bemessung und Ausführung (5. Ausgabe) DIN 1048, Teil 1: Prüfverfahren für Beton, Frischbeton, Festbeton gesondert hergestellter Probekörper (4. Ausgabe)
1988	DIN 1045: Beton- und Stahlbetonbau, Bemessung und Ausführung (6. Ausgabe)
2004 bis 2011	DIN EN 1992: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010 – Januar 2011, S. 14
2011 bis heute	DIN EN 1992: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2011-01 + A1-Änderung: 2015-03 Nationaler Anhang (NA) – National festgelegte Parameter: 2013-04 mit A1-Änderung: 2015-12

Tabelle: Übersicht – Bemessungsregeln für den Stahlbetonbau in Deutschland ⁽⁴⁾

12 | 2 REGELWERKE BETONSTAHL

Jahr	Regelwerk	mind. Streckgrenze [N/mm ²]	Rm [N/mm ²]	zul. Spannung [N/mm ²]	sonstiges
ZEITRAUM BIS 1925					
1904	Preußische Bestimmung	k.A.	380 - 400	120	k.A.
1907	Preußische Bestimmung	k.A.	k.A.	100	k.A.
1913	Preußische Bestimmung Ergänzung zu 1907	252 - 294 243 - 283,5 229 - 266	420 405 380	120	Ø 10 mm Ø 20 mm Ø 30 mm
1916	Deutsche Bestimmungen DAfE (Deutscher Ausschuß für Eisenbeton)	k.A.	≥ 370	75 - 120	k.A.
ZEITRAUM AB 1925					
1925	Deutsche Bestimmungen DAfE	k.A.	≥ 370 480 - 580	80 - 120 100 - 150	Ø ≥ 10 mm
1932	Deutsche Bestimmungen DAfE	360 350 340	520 - 640 520 - 620 500 - 620	150 - 200	Ø ≤ 18 mm Ø > 10 ≤ 30 Ø ≥ 30 mm
1932	DIN 1045 (Handelseisen)	k.A.	≥ 370	100 - 140	k.A.
1933	Isteg-Stahl	340 - 360	500 - 640	120 - 200	Ø ≤ 20 mm
1937	Drillwulst-Stahl	340 - 360	500 - 640	120 - 200	Ø ≤ 35 mm
1937	Nockenstahl	≥ 500	≥ 750	120 - 240	Ø > 8 ≤ 20
1938	Torstahl	k.A.	360 - 400	150 - 240	Ø > 4 ≤ 28
1941	Drillwulst-Stahl	≥ 380	≥ 500	120 - 200	Ø ≤ 35 mm
1943	DIN 1045 (naturhart)	≥ 220 ≥ 340 ≥ 360	340 - 500 500 - 620 500 - 640	120 - 240 180 - 240	Ø ≤ 26 mm Ø > 18 ≤ 26 Ø ≤ 18 mm
1943	DIN 1045 (kalt- oder hartgereckt)	340 - 360 400 - 420 500	≥ 500 ≥ 500 550 - 650	180 - 200 200 - 220 220 - 240	Ø ≤ 30 mm Ø ≤ 26 mm
1943	Glatter Rundstahl (naturhart)	220 340 - 360	340 - 500 500 - 640	120 - 140 180 - 220	Ø ≤ 30 mm Ø ≤ 26 mm
1943	Drillwulst-Stahl	400 - 420	≥ 500	200 - 220	Ø ≤ 36 mm
1943	Nockenstahl	≥ 400 ≥ 500	≥ 500 k.A.	200 - 240	Ø > 20 ≤ 26 Ø > 8 ≤ 20
1943	Torstahl	400 - 420	≥ 500	200 - 220	Ø > 5 ≤ 32
WIEDERAUFBAU - NACHKRIEGSZEIT					
1946	nachträglich gerichtete Betonstähe aus Schutt	die Streckgrenzen und zul. Spannungen wurden gegenüber den vorherigen Regelwerken um mind. 5 bis 10 % abgemindert			k.A.
ZEITRAUM AB 1950					
1952	quergerippter Betonstahl (naturhart) – auch QUERI-Stahl genannt	≥ 220 340 - 360 400 - 420 ≥ 500	340 - 500 500 - 640 ≥ 500 k.A.	140 200 240 240 - 280	Ø > 8 ≤ 26
1952	quergerippter Betonstahl (kaltverformt)	400 - 420	≥ 500	240	Ø > 8 ≤ 26
1954	schräggerippter Betonstahl (kaltverformt)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
1956	NEPTUN-Stahl 80/120 NEPTUN-Stahl 50/80	≥ 800 ≥ 500	≥ 1200 ≥ 800	240 - 400 280	Sonderform
1959	Rippen-Torstahl	400 - 420	≥ 500	180 - 240	Ø > 6 ≤ 26
1959	HI-BOND-A-Stahl	400 - 420	≥ 500	240	Ø > 8 ≤ 26

Jahr	Regelwerk	mind. Streckgrenze [N/mm ²]	Rm [N/mm ²]	zul. Spannung [N/mm ²]	sonstiges
ZEITRAUM AB 1960					
1960	NORI-Stahl (naturhart)	400 - 420	≥ 500	240	Ø > 8 ≤ 32
1960	NORECK-Stahl	400 - 420	≥ 500	240	Ø > 8 ≤ 32
1964	Einheitszulassung schrägerrippter BSt IIIa	400 - 420	≥ 500	240	Ø > 6 ≤ 26
1965	FILITON-Stahl	400 - 420	≥ 500	180 - 240	Ø > 6 ≤ 26
ZEITRAUM AB 1970					
1972	DIN 488 BSt 220/340 GU (G = glatt; U = unbehandelt)	≥ 220 ≥ 340	k.A. k.A.	k.A. k.A.	Ø > 5 ≤ 28
1972	DIN 488 BSt 220/340 RU (RU = gerippt und unbeh.)	≥ 220 ≥ 340	k.A. k.A.	k.A. k.A.	Ø > 6 ≤ 40
1972	DIN 488 BSt 420/500 RU (RU = gerippt und unbeh.)	≥ 420 ≥ 500	k.A. k.A.	k.A. k.A.	Ø > 6 ≤ 28
1972	DIN 488 BSt 420/500 RK (R = gerippt; K = kaltverformt)	≥ 420 ≥ 500	k.A. k.A.	k.A. k.A.	Ø > 6 ≤ 28
1972	DIN 488 BSt 500/550 GK (BSt-Matte geschweißt mit glatten Stäben)	≥ 500 ≥ 550	k.A. k.A.	k.A. k.A.	Ø > 4 ≤ 12
1972	DIN 488 BSt 500/550 PK (BSt-Matte ge- schweißt mit profilierten Stäben)	≥ 500 ≥ 550	k.A. k.A.	k.A. k.A.	Ø > 4 ≤ 12
1972	DIN 488 BSt 500/550 RK (BSt-Matte geschweißt mit gerippten Stäben)	≥ 500 ≥ 550	k.A. k.A.	k.A. k.A.	Ø > 4 ≤ 12
1972	DIN 488 BSt 500/550 RK (X) (BSt-Matte nicht geschweißt mit gerippten Stäben)	≥ 500 ≥ 550	k.A. k.A.	k.A. k.A.	Ø > 6 ≤ 12
1973	DIBt-Z-01.12.1973 BSt 500/550 RU (Stäbe)	(≥ 420) ≥ 500	k.A.	≤ 240	Ø > 6 ≤ 28
1973	DIBt-Z-01.12.1973 BSt 500/550 RK (Stäbe)	(≥ 420) ≥ 500	k.A.	≤ 240	Ø > 6 ≤ 28
1976	DIBt-Z-01.04.1976 BSt 500/550 RUS (S = schweißbar)	≥ 500	k.A.	k.A. k.A.	k.A.
1977	DIBt-Z-1.2-V 58 BSt 630/700 RK (BSt-Matte geschweißt mit gerippten Stäben)	≥ 630	k.A.	k.A. k.A.	k.A.
ZEITRAUM AB 1980					
1984	DIN 488 – BSt 420 S (1.0428) S = Stab	≥ 420	≥ 500	k.A.	Ø > 6 ≤ 28
1984	DIN 488 – BSt 500 S (1.0438) S = Stab	≥ 500	≥ 550	k.A.	Ø > 6 ≤ 28
1984	DIN 488 – BSt 500 M (1.0466) M = Matte	≥ 500	≥ 550	k.A.	Ø > 4 ≤ 12
1988	DIBt-Z-1.1-SK 2 – 03/1988; BSt 1'100	≥ 500 (nur bei Zug ≥ 1100)	k.A.	k.A.	Ø > 20 ≤ 28
1990	DIBt-Z-1.1-IV S-GEWI 2/9 – 01/1990 BSt 500 S-GEWI	≥ 500	≥ 550	k.A.	Ø > 12 ≤ 63
1991	DIBt-Z-1.1-K IV WRS 1/21 – 15.07.1991 BSt 500 WR	≥ 500	≥ 550	k.A.	Ø > 6 ≤ 14
1999	DIBt-Z-1.2-155 – 04.02.1999 BSt 500 WR	≥ 500	≥ 550	k.A.	Ø > 6 ≤ 14
1999	DIBt-Z-1.2-153 – 03.08.1999 BSt 500 NR	≥ 500	≥ 550	k.A.	Ø > 6 ≤ 14

Jahr	Regelwerk	mind. Streckgrenze [N/mm ²]	Rm [N/mm ²]	zul. Spannung [N/mm ²]	sonstiges
BETONSTÄHLE AUF DEM FRÜHEREN GEBIET DER DDR					
1960 – 1980	TGL 101-054 und TGL 12530/01-02 St A-0 (glatt)	≥ 220	≥ 330	k.A.	∅ > 6 ≤ 32
1960 – 1980	quergerippter Ovalstab St 60/90	≥ 590	≥ 800	k.A.	Sonderform
ab 1964	TGL 101-054 und TGL 12530/01-02 St A-I (glatt) – 1.1250	≥ 340	≥ 370	k.A.	∅ > 6 ≤ 40
ab 1964	TGL 101-054 und TGL 12530/01-02 St A-III (gerippt) – 1.1260	≥ 390	560 - 590	k.A.	∅ > 6 ≤ 32
ab 1977	TGL 12530/08-09 St T-III (gerippt)	≥ 400 - 420	540 - 550	k.A.	∅ > 6 ≤ 32
ab 1984	Vorschrift 149/84 St M-IV (gerippt) – 1.1300	≥ 490 - 500	560 - 570	k.A.	∅ > 6 ≤ 10
ab 1986	TGL 12530/08-09 St T-IV (gerippt) – 1.1290	≥ 490 - 500	560 - 570	k.A.	∅ > 6 ≤ 32
ab 1986	TGL 12530/10 St B-IV RDP (gerippt) St B-IV S RDP (gerippt)	≥ 490 - 500	540 - 550	k.A.	∅ > 4 ≤ 6

Anmerkung:

In Bauwerken aus DDR-Zeit wurden aber auch sehr häufig Betonstähle aus sowjetischer und tschechoslowakischer Provenienz verbaut; Lieferungen aus anderen früheren Ostblockstaaten waren eher sehr selten.

FRÜHERE BETONSTÄHLE IN SONDERFORM IM DEUTSCHSPRACHIGEN RAUM

Anmerkung:

Seit ca. 1900 wurden eine Vielzahl von Sonderprofilen wie z. B. Bulbeisen, gelochte Betoneisen, Kahneisen, NEG-Träger, DUCAS- oder Welleisen, Faconeisen, Streckmetall, Rippenstreckmetall u. a. als Bewehrung verwendet.

FRÜHERE AUSLÄNDISCHE BETONSTÄHLE IN SONDERFORM IM DEUTSCHSPRACHIGEN RAUM

Anmerkung:

Seit ca. 1900 sind auch eine Vielzahl von ausländischen Sonderformen wie z. B. Thacher-Eisen, Mueser-Eisen, Diamond-Eisen, Johnson-Eisen, Ransome-Eisen, Lug-Eisen, Cup-Eisen, Golding-Eisen, Havemeyer-Eisen, Columbian-Rippeneisen, T-Eisen mit wellenförmigem Steg u. a. als Bewehrung verwendet worden.

Tabelle: Historische Regelwerke für Betoneisen und Betonstahl ⁽⁵⁾

3 SCHWEIßVERFAHREN

3.1 ALLGEMEINES

Das Schweißen von Betoneisen resp. Betonstahl war früher ein sehr seltenes Verfahren, gewinnt aber heute insbesondere beim Bauen im Bestand und bei der Instandsetzung von Stahlbeton sowie in der Verbindung mit anderen Stählen und beim Schweißen in Biegebetrieben zunehmend an Bedeutung.

Die Gründe für das Schweißen von Betonstahl können daher sehr unterschiedlich und vielfältig sein:

- wirtschaftliche Schweißfertigung von Betonstahlmatten im Werk,
- wirtschaftliche Schweißfertigung von Betonstahlkörben im Werk,
- Anbringen von Verankerungsplatten oder anderer Profilstahlquerschnitte an die Betonstahlbewehrung im Werk oder auf der Baustelle,
- bauseitige Schweißverbindungen zwischen den Betonstahlbewehrungen verschiedener Betonfertigteile oder mit anderen Stahlbau-tragwerken,
- bauseitige Schweißverbindungen von Betonstählen untereinander um diese für große Spannweiten und/oder Bauhöhen zu koppeln, welche die handelsüblichen Lieferlängen von Betonstahl überschreiten,
- bauseitige Schweißarbeiten beim Bestands-umbau zur Verstärkung der Bauteiltrag-fähigkeiten,
- notwendige bauseitige Schweißarbeiten in der Betonstahlinstandsetzung (i. d. R. ist Schmelzschweißen das einzige Fügever-fahren mit der vorhandenen Bestands-bewehrung),
- in Sonderanwendungsfällen das bauseitige Einschweißen von CrNi-Betonstahlbewehrungen in korrosionsgefährdeter Umgebung.

Daher haben sich im geschichtlichen Ablauf der Entwicklung der Schweißtechnik auch die unterschiedlichsten Schweißverfahren entwickelt: ⁽⁶⁾

- 1925 – Widerstandspunktschweißversuche an Matten,
- 1932 – E-Handschweißen von schweißbaren Betonstählen untereinander,
- 1935 – erste Zulassung von geschweißter Betonstahlmatte,
- 1937 – Abbrennstumpfschweißen für naturharte Betonstähle,
- 1984 – mit der DIN 488 werden nur noch schweißgeeignete Betonstähle in Deutschland zugelassen.

Bei den unterschiedlichsten Schweißverfahren werden nach DIN 1910-100:2008-02 „Schweißen und verwandte Prozesse – Begriffe“ i. V. m. der DIN EN ISO 17660-1 und -2:2007, jeweils Tab. 1, im Wesentlichen zwei Hauptgruppen, mit den für das Betonstahlschweißen gängigsten Verfahren unterschieden:

Schmelzschweißverfahren

- Lichtbogenhandschweißen
- Metallaktivgasschweißen

Pressschweißverfahren

- Widerstandspunktschweißen
- Abbrennstumpfschweißen
- Pressschweißen

3.4 WIDERSTANDSPUNKTSCHWEIßEN – 21, 23 (RP)

Das Widerstandspressschweißverfahren und das Buckelschweißen nach DIN EN ISO 17677-1:2019-06 „Widerstandsschweißen – Begriffe – Teil 1: Punkt-, Buckel- und Rollennahtschweißen“ sind quasi gleiche Verfahren und unterscheiden sich nur durch die Form der zu verbindenden Bauteile. Durch die aufwendige Schweißanlagenbeschaffenheit sind diese rein stationäre Werkverfahren und werden beim Betonstahlschweißen bspw. zum Herstellen von Betonstahlmatten im Werk verwendet. Das Prinzip bei diesem Widerstandspressschweißverfahren besteht darin, dass den zu verschweißenden Betonstahlstäben im Mattenkreuzungspunkt über stationäre Elektroden unter der Wirkung von Kraft der Schweißstrom zugeführt wird. Durch diese Widerstandserwärmung wird die Schweißstelle beidseitig bis zum Erreichen der erforderlichen

Schweißtemperatur erhitzt. Die sich kreuzenden Betonstahlstäbe werden an ihrer Berührungsstelle zwischen den Elektroden unter der Wirkung einer Elektrodenkraft punktförmig durch Erstarren von Schmelze, durch Diffusion oder in fester Phase verschweißt. Innerhalb einer relativ kurzen Zeit wird eine hohe Energie in Form von „joulescher Stromwärme“⁽¹⁰⁾ auf eine kleine Fläche in dem Mattenkreuzungspunkt konzentriert, wobei unter Zuführung von hohem Druck die unlösbare Schweißverbindung entsteht.

Mit Verweis auf die DIN EN ISO 4063:2011-03 gibt es beim Betonstahlschweißen folgende Verfahren:

- 21 Widerstandspunktschweißen
- 23 Buckelschweißen

3.5 ABBRENNSTUMPFSCHWEIßEN – 24 (RA)

Abbrennstumpfschweißen nach Merkblatt DVS 2901-1:2012-03 „Abbrennstumpfschweißen – Schweißen von Stahl“ ist ein Verfahren, bei dem die Prozessvorgänge durch die Zeit, die Stromstärke des Lichtbogens und den Stauchweg sowie die Stauchkraft bestimmt werden. Beim Betonstahlschweißen ist es ein Verfahren, bei dem die zu fügenden Werkstückteile durch Spanneinrichtungen fest gespannt und an ihren Stirnflächen durch Einwirkung des elektrischen Stromes erwärmt und dann durch anschließendes Stauchen miteinander verschweißt werden. Es ist bezogen auf den gleichförmigen Schweißquerschnitt zweier Betonstahlstäbe ein hocheffektives und kostengünstiges Verfahren, gerade auch um dickere Querschnitte schnell miteinander zu verschweißen.

Mit Verweis auf die DIN EN ISO 4063:2011-03 gibt es beim Abbrennstumpfschweißen von Betonstahl folgende Verfahren:

- 241 für das Schweißen mit Vorwärmung und
- 242 für das Schweißen ohne Vorwärmung.

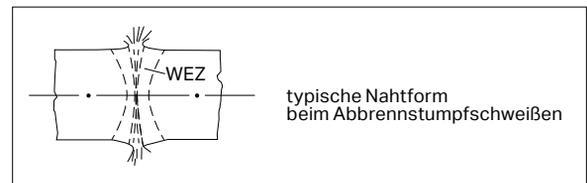


Bild 4: Typische Nahtform⁽¹¹⁾

In den Merkblättern DVS 2901-1:2012-03 „Abbrennstumpfschweißen – Schweißen von Stahl“ sind die idealen Bedingungen für einwandfreie Abbrennstumpfschweißverbindungen von Stahl zusammengestellt und DVS 2922:2019-07 „Prüfen von Abbrennstumpf-, Pressstumpf- und MBP-Schweißverbindungen“ werden die Sichtkontrolle sowie die zerstörungsfreien und zerstörenden Prüfverfahren der allgemeinen Werkstoffprüfung für dieses Verfahren beschrieben.

Betriebs- und Prüfbedingungen zum Abbrennstumpfschweißen finden sich in der DIN EN ISO 669:2016-07 „Widerstandsschweißen – Wider-

standsschweißeinrichtungen – Mechanische und elektrische Anforderungen“.

Weitere Bedingungen für dieses Verfahren sind in der DIN EN ISO 15614-13:2012-10

„Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – Teil 13: Pressstumpf- und Abbrennstumpfschweißen“ geregelt.

3.6 GASPRESSSCHWEIßEN – 47 (GP)

Diese Schweißverfahren ähneln zwar vom Prinzip her dem Abbrennstumpfschweißen und sind mit Verweis auf die DIN EN ISO 4063:2011-03 mit folgenden Ordnungsnummern geregelt:

- 25 Press-Stumpfschweißen
- 42 Reibschweißen
- 47 Gaspressschweißen

Das Gaspressschweißen (früher GP) arbeitet nicht mit einer elektrischen Stromquelle, sondern mit einer Azetylen-Sauerstoffflamme. Diese Flamme bringt über einen Ringbrenner die Schweißfuge auf Temperaturen, die ca. 100 bis 150 °C unter dem Schmelzpunkt der Betonstähle liegen. Je nach Festigkeit des Grundwerkstoffs wird dann die Höhe der aufzubringenden Stauchkraft gewählt und die beiden Betonstabstähle werden miteinander verschweißt.

Das Press-Stumpfschweißen ist ein Verfahren, bei dem Strom und Kraft über Spannbacken übertragen werden. Zunächst wird die Stoßstelle bei einer niedrigen Vorstauchkraft und einem höheren Übergangswiderstand stärker erwärmt. Nach Erreichen der werkstoffabhängigen Schweißtemperatur wird unter einer Wulstbildung die Verbindung endgestaucht.

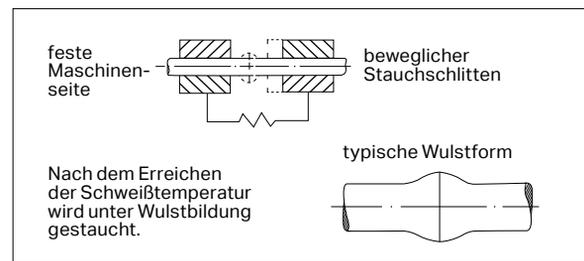


Bild 6: Prinzip des Press-Stumpfschweißens ⁽¹³⁾

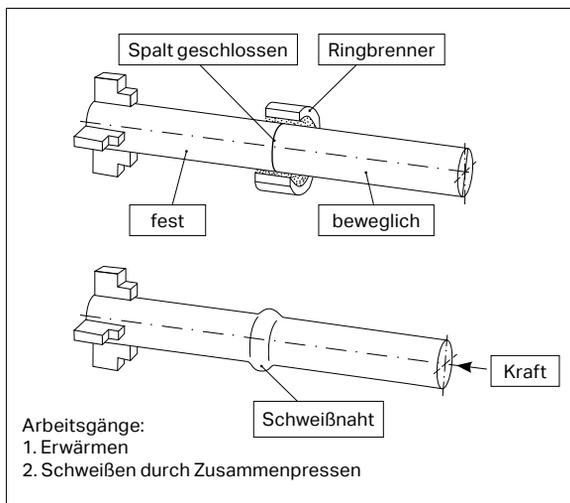
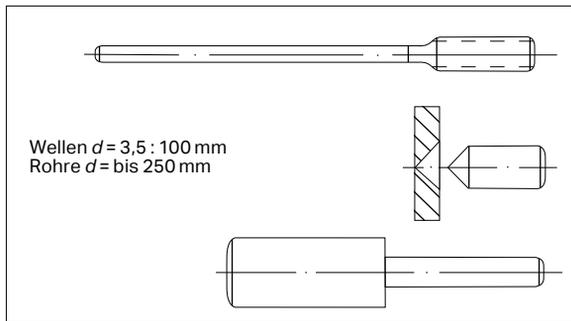


Bild 5: Prinzip des Gaspressschweißens ⁽¹²⁾

Die Anwendung beschränkt sich auf kleine runde oder quadratische Durchmesser mit $A < 150 \text{ mm}^2$.

In dem Merkblatt DVS 2931:2008-12 „Pressstumpfschweißen von Stahl“ sind die Bedingungen und der Geltungsbereich geregelt.

Das Reibschweißen nach DIN EN ISO 15620:2019-09 „Schweißen – Reibschweißen von metallischen Werkstoffen“ gehört ebenfalls zu der Gruppe der Pressschweißverfahren und funktioniert vom Prinzip so, dass sich zwei Bauteile unter Druck gegenläufig rotierend zueinander bewegen. Durch die entstehende Reibung an den sich berührenden Kontaktflächen kommt es zu einer Erwärmung und nach Aufbringen der Stauchkraft zu einer Plastifizierung der beiden Werkstoffe. Dieses Verfahren ist eher aufwen-

Bild 7: Prinzip des Press-Stumpfschweißens ⁽¹⁴⁾

dig und von der Schweißanlage auch kostenintensiv und daher für eine stationäre Fertigung in der Serienfertigung eher geeignet.

3.7 ARBEITSSCHUTZ BEIM SCHWEIßEN

Arbeitsschutz, Umweltschutz und Prävention beim Schweißen sind durch die unterschiedlichsten Emissionen (Schweißrauch und Strahlung) sowie die Gefahren mit stromgeführten Geräten, denen das Schweißpersonal bei den unterschiedlichen Schweißverfahren ausgesetzt sind, ebenfalls ein wichtiges Thema, um das Risiko für Unfälle und Erkrankungen von den Mitarbeitern beim Schweißen nachhaltig zu vermindern.

Hierzu gibt es zahlreiche Richtlinien und Merkblätter:

- Richtlinie DVS 1203:2001-11 „Arbeitsschutz beim Schweißen – Einrichtung von Schweißwerkstätten unter Arbeitsschutzaspekten“
- Merkblatt DVS 1204:2021-03 „Hilfestellung für Anwender zur Informationsermittlung nach GefStoffV – Sicherheits-/Informationsdatenblätter – Allgemeine Informationen“
- Merkblatt DVS 1208:2021-04 „Brennerintegrierte Schweißrauchabsaugung – Technische und normative Anforderungen“
- Richtlinie VDI/DVS 6005:2018-02 „Gefahrstoffe und Lüftungstechnik beim Schweißen“
- DGUV Regel 100-500:2021-05 „Betreiben von Arbeitsmitteln“
- DGUV Information 203-004: 2018-04 „Einsatz elektrischer Betriebsmittel bei erhöhter elektrischer Gefährdung“
- DGUV Information 209-010: 2017-04 „Lichtbogenschweißen“
- DGUV Information 209-011: 2018-10 „Gasschweißen“
- DGUV Information 209-047: 2017-02 „Nitrose Gase beim Schweißen und verwandte Verfahren“
- DGUV Information 209-077: 2018-10 „Schweißrauch – geeignete Lüftungsmaßnahmen“
- TRGS 528: 2020-02 „Schweißtechnische Arbeiten“
- BG Bau – Baustein C 424 „Elektroschweißen/Schutzgasschweißen“

4 SCHWEIßBARKEIT VON STÄHLEN

4.1 GRUNDLAGEN

Die DIN EN ISO 17660 spricht in ihren beiden Teilen unter Kap. 7 zunächst von „schweißgeeigneten Betonstählen und nichtrostenden Betonstählen“. Die Schweißbeignung alleine handelt allerdings nur die metallurgische und chemische Seite des Schweißprozesses ab. Vielmehr muss aber das zu verschweißende Bauteil in der Gesamtheit seiner Komponentenzusammensetzung gesehen werden.

Daher muss interdisziplinär gesehen vielmehr von der ganzheitlichen **„Schweißbarkeit“ eines Bauteils** gesprochen werden; diese Begrifflichkeit ist auch in Anlehnung an DIN-Fachbericht ISO/TR 581: 2007-04 „Schweißbarkeit – Metallische Werkstoffe – Allgemeine Grundlagen“ (früher DIN 8528) und ISO/TR 581: 2005-02 „Schweißbarkeit – Metallische Werkstoffe – Allgemeine Grundlagen“ eindeutiger geregelt.

Die Schweißbarkeit eines Bauteils setzt sich daher immer zusammen aus:

- Schweißbeignung des Werkstoffes i. A.,
- Schweißmöglichkeit durch fertigungstechnische Möglichkeiten,
- Schweißsicherheit der Bauteilkonstruktion.

Dieses Zusammenspiel spiegelt die Komplexität des Schweißens metallischer Werkstoffe wider und von daher sind eine Vielzahl an Parametern in der Auslegung einer Schweißverbindung zu berücksichtigen.

Neben den fertigungs- und konstruktionsbedingten Schweißsicherheiten nimmt aber die metallurgische und chemische Schweißbeignung einen besonderen Stellenwert ein.

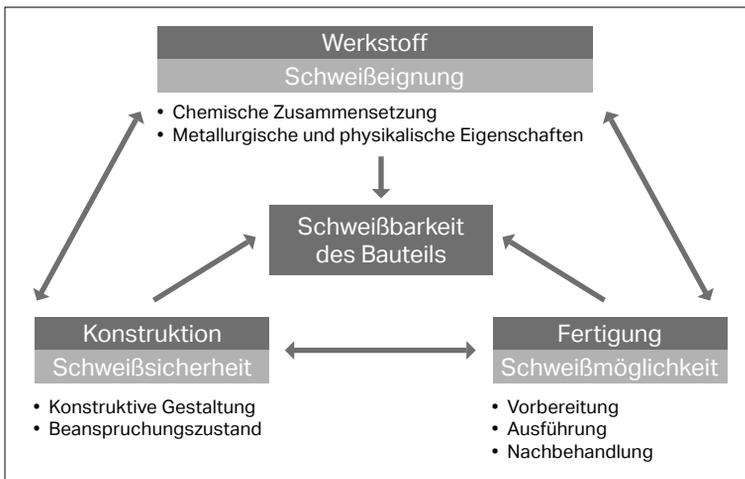


Bild 8: Schweißbarkeit von Metallen ⁽¹⁵⁾

Die Schweißbeignung von Stählen ergibt sich grundsätzlich durch drei Haupteinflußgrößen:

- chemische Zusammensetzung (Alterungsanfälligkeit, Spröbruchneigung etc.),
- metallurgische Eigenschaften (Lieferzustand des Stahls, innere Fehlstellen wie Einschlüsse, Poren, Seigerungen etc.)
- physikalische Eigenschaften (Ausdehnungsverhalten, Wärmeleitfähigkeit).

PRINZIPIELLE ABSCHÄTZUNG DER SCHWEIßBEIGNUNG

über den C-Gehalt (C = Kohlenstoff)	über das Kohlenstoffäquivalent CEV	über das ZTU-Diagramm Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild
für unlegierte C-Stähle	für un- und niedriglegierte Baustähle	für un- und niedriglegierte Stähle
C < 0,22 %	CEV < 0,4 %	chem. Zusammensetzung
normal bzw. generell schweißgeeignet		Zusammensetzung der Legierungselemente
0,22 % ≤ C < 0,4 %	0,4 % ≤ CEV < 0,6 %	Austenitisierungstemperatur T_A
bedingt schweißgeeignet (T _{Vorwärm} > 100 °C)		Informationen aus ZTU über zu erwartende Gefügebestandteile
C ≥ 0,4 %	CEV ≥ 0,6 %	Abkühlzeit t_{8/5}
nicht schweißgeeignet (T _{Vorwärm} führt zur Stahlschädigung)		bei Neigung zur Martensitbildung besteht Härterissgefahr

Tabelle: Prinzipielle Abschätzung der Schweißbeignung ⁽¹⁶⁾

BEWERTUNG DER SCHWEIßBEIGNUNG

normal	prinzipiell	bedingt	nicht geeignet
Bei diesen Werkstoffen gewährleisten die Stahlhersteller die Schweißbeignung, wenn die Bedingungen der DIN EN 1011-2: 2001-05 eingehalten werden.	Bei diesen Stählen gewährleisten die Stahlhersteller die Schweißbeignung unter Beachtung ihrer Vorgaben in den Werksblättern oder Zulassungsbescheiden.	Bei diesen Stählen ist eine Schweißbeignung nur dann vorhanden, wenn die Schweißaufsichtsperson oder ein anderer Sachverständiger die Stahlsammensetzung geprüft und die Schweißbarkeit abgeglichen hat.	Bei diesen Stählen ist eine Schweißbeignung nicht gewährleistet und die schweißtechnische Verarbeitung ist zu unterlassen, da eine hohe Werkstoffschädigung bei erhöhter Rissgefahr besteht.
Dies sind bspw. alle Betonstähle nach DIN 488: 2009 (vgl. auch Tab. 1).	Dies sind bspw. die schweißgeeigneten Betonstähle oder CrNi-Betonstähle nach DIBt-Zulassungsbescheid.	Dies sind bspw. Betonaltstähle nach vorheriger Schweißbeignungsprüfung (vgl. auch Kap. 9).	Dies sind bspw. historische Betonstähle vor 1925 und alle formspeziellen Betonstähle (vgl. auch Kap. 9).

Tabelle: Bewertung der Schweißbeignung ^(angelehnt an 17)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
Zugfestigkeit	+	+	+	+	(-)	+	+	+
Härte	+	+	+	+		+	+	+
Streckgrenze	+	+	+	+		+	+	+
Dehnung	-	(-)	(-)	-		+	(-)	-
Kerbschlagzähigkeit	-	-	+	-	-	(-)	++	-
Schmelzschweißbarkeit	-	-	+	-	-	-		+
Härtbarkeit	++	+	+			+	+	(+)
Warmfestigkeit	+	(+)		(+)	(-)	+	(+)	+
Korrosionsbeständigkeit		+		(+)	-	++	(+)	(+)

(+) geringfügige Eigenschaftsverbesserung (-) geringfügige Eigenschaftsverschlechterung
+ Eigenschaftsverbesserung - Eigenschaftsverschlechterung
++ erhebliche Eigenschaftsverbesserung -- erhebliche Eigenschaftsverschlechterung

Tabelle: Einfluss der Legierungselemente und Eisenbegleiter⁽¹⁸⁾

Der chemische und metallurgische Einfluss der Legierungselemente und der Eisenbegleiter des jeweiligen Stahls beeinflussen in besonderem Maße auch deutlich die Schweißbeignung eines Stahls.

Um die Schweißbeignung zu bestimmen, muss zunächst das Kohlenstoffäquivalent des jeweiligen Stahls ermittelt werden; in der DIN EN 10025-1: 2005-02 „Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustahl – Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen“ wird in **Kap. 7.2.3** die international anerkannte CEV-Formel des IIW (International Welding Institute) eingeführt. Diese Formel ist identisch in die DIN EN ISO 17660:2007 Teile 1 und 2, jeweils in Kap. 7 übernommen worden:

$$\text{CEV} = \text{C} + \text{Mn}/6 + (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V})/5 + (\text{Ni} + \text{Cu})/15$$

Anmerkung:

Die CEV-Formel ist nicht zu verwechseln mit einer ähnlich lautenden CET-Formel; beide sagen zwar das gleiche aus, aber die Einzelwerte differieren geringfügig.

4.2 SCHWEIßBARKEIT VON BETONSTAHL

Werden „schweißgeeignete Betonstähle“ im europäischen Kontext nach DIN EN 10080:2005-08 und/oder im nationalen Kontext nach DIN 488:2009 (vgl. auch Tab. 1) sowie nach den DIBt-Zulassungsbescheiden (vgl. auch Tab. 2) eingesetzt und die schweißtechnologischen Bedingungen nach DIN EN ISO 17660:2007 in beiden Teilen eingehalten, dann ist von einer Schweißbarkeit von Betonstahl auszugehen.

Für das Schweißen von Betonstahlmatten und/oder Betonstahlgitterträgern im Herstellerwerk sind zusätzlich auch nachfolgende Bedingungen mit einzuhalten:

- DIN 488-4: 2009-08 „Betonstahl – Betonstahlmatten“
Kap. 6.1.2
- DIN 488-5: 2009-08 „Betonstahl – Gitterträger“
Kap. 6.1.3
- DIN 488-6: 2010-01 „Betonstahl – Teil 6: Übereinstimmungsnachweis“
Kap. 5.1 – Tab. 2, Kap. 5.2.2.3, Kap. 5.2.2.4, Kap. 5.3.2.3, Kap. 5.3.2.4,
Kap. 5.3.3.3, Kap. 5.3.3.4, Kap. 5.4 – Fremdüberwachung,
Kap. 6 – Prüfverfahren, Kap. 7 – Zertifizierung

Demnach können nachfolgende Betonstahlsorten als schweißgeeignet angesehen werden:

Werkstoff-Nummer	DIN 488-1: 1984 (zurückgezogen)	DIN 488-1: 2009-08 (aktuell)	DIN EN 10080-x: 1999 (nur informativ)
1.0428	BSt 420 S	gestrichen	B420N
---	---	---	B450C*
1.0438	BSt 500 S	B500A	B500A* (B500N)
1.0439	---	B500B	B500B* (B500H)
1.0466	BSt 500 M	gestrichen	B500N
---	---	---	B500C*

Anmerkung: *, „A, B, C“ = Duktilitätsklassen

zu DIN EN 10080:1999 oder :2005 – gemäß nationalem Vorwort kann nach dieser Norm in D nicht bestellt werden; es gelten die DIN 488:2009 oder die DIBt-Zulassungen

Tabelle: Übersicht schweißgeeigneter Betonstähle (angelehnt an 19)

4.3 SCHWEIßBARKEIT VON NICHTROSTENDEM BETONSTAHL

Die nichtrostenden Stähle nach DIN EN 10088-1:2014-12 (gemäß der Definition nach DIN EN 10020:2000-07 „Begriffsbestimmung für die Einteilung der Stähle“) stellen eine besondere Form der korrosionsbeständigen Stähle dar; umgangssprachlich aber fälschlich als Edelmehle benannt.

Die DIN EN ISO 17660:2007 spricht zwar in ihren beiden Teilen unter Kap. 7 u. a. von „schweißgeeigneten nichtrostenden Betonstählen“, aber infolge ihrer chemischen Zusammensetzung mit hohen Cr-Anteilen (Chrom) und Ni-Anteilen (Nickel) sind diese von der Schweißbeignung her gesehen wesentlich komplexer zu bewerten als die unlegierten Betonstähle.

Die nichtrostenden Betonstähle sind wie folgt eingeteilt:

- F = ferritische,
- A = austenitische,
- FA = ferritisch-austenitische (Duplex).

Werkstoff- Nummer	Kurzname	Gefüge	C-Gehalt	Cr-Gehalt	Ni-Gehalt
1.4003	X2CrNi12	F, kv	< 0,03 %	10,5 – 12,5 %	0,3 – 1,0 %
1.4301	X5CrNi18-10 (früher auch V2A)	A, kv	< 0,07 %	17,5 – 19,5 %	8,0 – 10,5 %
1.4311	X2CrNiN18-10	A	< 0,03 %	17,5 – 19,5 %	8,5 – 11,5 %
1.4401	X5CrNiMo17-12-2	A, kv	< 0,07 %	16,5 – 18,5 %	10,0 – 13,0 %
1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2 (früher auch V4A)		< 0,08 %	16,5 – 18,5 %	10,0 – 13,5 %
1.4406	X2CrNiMoN17-11-2	A	< 0,03 %	16,5 – 18,5 %	10,0 – 12,5 %
1.4436	X3CrNiMo17-13-3	A, kv	< 0,05 %	16,5 – 18,5 %	10,5 – 13,0 %
1.4429	X2CrNiMoN17-13-3	A, wgw	< 0,03 %	16,5 – 18,5 %	11,0 – 14,0 %
1.4529	X1NiCrMo- CuN25-20-7		< 0,02 %	19,0 – 21,0 %	24,0 – 26,0 %
1.4362	X2CrNiN23-4	FA, kv	< 0,03 %	22,0 – 24,0 %	3,5 – 5,5 %
1.4462	X2CrNiMoN22-5-3	FA, wgw	< 0,03 %	21,0 – 23,0 %	4,5 – 6,5 %

Anmerkung: – Tab. gibt die Hauptlegierungselemente wieder, weitere Elemente nach DIN EN 10088-1
 – kv = kaltverformt
 – wgw = warmgewalzt

Tabelle: In D gängige nichtrostende Betonstähle im Betonbau ⁽²⁰⁾

Die o. g. nichtrostenden Betonstähle können sowohl auf der Baustelle als auch in den Herstellerwerken geschweißt werden, wenn die für das Schweißen geltenden Bestimmungen nach DIN EN ISO 17660:2007 als auch die Stahlherstellerbedingungen in den einschlägigen DIBt-Zulassungsbescheiden eingehalten werden. Auf die Schweißtemperaturführung sollte hier noch genauer geachtet werden als bei den unlegierten Betonstählen.

5 REGELWERKE

5.1 ALLGEMEINES

Das Schweißen von Stahl und Metall im bauordnungsrechtlichen Bereich ist zunächst i. A. über die europäisch harmonisierte DIN EN 1090 geregelt. Die Hersteller bzw. Inverkehrbringer von metallischen Tragwerken müssen für Bauprodukte, die in Verkehr gebracht werden, ihre Betriebe und insbesondere ihre werkseigene Produktionskontrolle nach DIN EN 1090-1 durch eine notifizierte Zertifizierungsstelle zertifizieren lassen, um die Produkte mit dem CE-Kennzeichen versehen und die Leistungserklärung abgeben zu können.

Das Schweißen von Betonstahl ist mit Verweis auf die „**MVV TB – Ausgabe 2020/1**“⁽²¹⁾ ein eigenständiger Bereich und unter „**A 1.2.3 Bauliche Anlagen im Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau**“ mit der lfd. Nr. „**A 1.2.3.4 Schweißen von Betonstahl**“ (Seite 12) eigenständig geregelt und führt hier die DIN EN ISO 17660:2007 in den Teilen 1 und 2 ein.

Mit der DIBt-Veröffentlichung der „**Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) Ausgabe 2020/1**“⁽²¹⁾ mit Stand vom 19.01.2021 werden unter „A 1.2.4 Bauliche Anlagen im Metall- und Verbundbau“ (Seite 14) zum Schweißen folgende europäisch harmonisierte Normen eingeführt:

- DIN EN 1090-1:2012-02 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile“
- DIN EN 1090-2:2018-09 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken“
- DIN EN 1090-3:2019-07 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 3: Technische Regeln für die Ausführung von Aluminiumtragwerken“

Deshalb dürfen Herstellerbetriebe, die nur nach DIN EN 1090 für das Schweißen im bauordnungsrechtlichen Bereich klassifiziert und zertifiziert sind, definitiv **keine** Schweißarbeiten an Betonstahlkonstruktionen ausführen.

5.2 DVS RILI 1708:2009-09

Der DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren hat mit der DVS RiLi 1708:2009-09 ein Merkblatt veröffentlicht, welches ergänzende Hinweise für die Durchführung der Betriebsprüfung (Audit) durch eine anerkannte Prüfstelle zur Erlangung der Herstellerqualifikation für das Schweißen von Betonstahl nach DIN EN ISO 17660:2007 macht.

Hierin erfolgt auch der deutliche Hinweis, dass in D die Anwendung des informativen „Anhang D“ der DIN EN ISO 17660-1:2007 für sich alleine stehend

nicht die bauaufsichtlichen Anforderungen für eine Bewertung des Herstellerbetriebes erfüllt. Die Erlangung und Erteilung einer Herstellerqualifikation nach DIN EN ISO 17660:2007 Teile 1 und 2 ist nach **„Kap. 8 – Qualitätsanforderungen“** geregelt und darf nur durch eine anerkannte Prüfstelle erfolgen.

Das Merkblatt „DVS RiLi 1708“ dient den anerkannten Prüfstellen gleichzeitig auch als Verfahrensanweisung und Checkliste für die Erteilung von Herstellerqualifikationen für das „Schweißen von Betonstahl“.

5.3 DIN EN ISO 17660-1:2007-8 (BERICHTIGUNG)

Die DIN EN ISO 17660-1 **„Schweißen – Schweißen von Betonstahl – Teil 1: Tragende Schweißverbindungen“** regelt in ihrem Anwendungsbereich ausschließlich die tragenden Schweißverbindungen von schweißgeeigneten Betonstählen und/oder nichtrostenden Betonstählen.

In diesem Teil der europäisch harmonisierten Norm werden tragende Verbindungen von Betonstählen untereinander oder mit anderen Stahlteilen, wie bspw. Verbindungseinheiten, Verankerungen, vorgefertigte Einbauteile u. a., durch unterschiedlich zulässige Schweißverfahren in den Herstellerbetrieben oder auf der Baustelle eindeutig festgelegt.

Nicht geregelt ist mit diesem Teil der Norm die fabrikmäßige Serienherstellung von Betonstahlmatten oder Betonstahl-Gitterträgern auf Widerstandsschweißautomaten (Punkt- oder Buckelschweißen); hier wird auf die spezifischen Regelungen in den jeweiligen Produktnormen verwiesen:

- DIN 488-4: 2009-08 „Betonstahl – Betonstahlmatten“, siehe Kap. 6.1.2
- DIN 488-5: 2009-08 „Betonstahl – Gitterträger“, siehe 6.1.3

5.4 DIN EN ISO 17660-2:2007-8 (BERICHTIGUNG)

Die DIN EN ISO 17660-2 **„Schweißen – Schweißen von Betonstahl – Teil 2: Nichttragende Schweißverbindungen“** regelt in ihrem Anwendungsbereich ausschließlich nur die **nichttragenden** Schweißverbindungen von schweißgeeigneten Betonstählen und/oder nichtrostenden Betonstählen.

Nichttragende Schweißverbindungen haben üblicherweise als Heftschweißungen nur den Zweck der Lagesicherung der Betonstahlschweißteile bei der Fertigung, dem Transport und/oder dem Betonieren zu erfüllen. Allerdings bedingt dies auch eine Erlangung und Erteilung einer Herstellerqualifikation nach DIN EN ISO 17660-2:2007.

6 ARTEN DER SCHWEIßVERBINDUNGEN

6.1 ALLGEMEINES

Während im Stahl- und Metallbau nach EUROCODE 3, 4 und 9 die Möglichkeiten an konstruktiven Schweißverbindungen nahezu unendlich erscheinen, so regeln die beiden Teile der DIN EN ISO 17660: 2007 sehr eindeutig die Schweißstoßverbindungen in Abhängigkeit des Schweißverfahrens und des jeweiligen Anwendungsfalls.

Wenn diese konstruktiven Vorgabekriterien der Norm 1:1 eingehalten werden, dann ist auch die statisch ruhende Tragfähigkeit der Schweißverbindung wie die des Betonstahleinstabes gewährleistet; die Kraft kann zu 100 % übertragen werden. Nachfolgend werden die verschiedenen Schweißverbindungen mit den jeweiligen Anwendungsbedingungen sowie dem Bezug zur aktuellen DIN EN ISO 17760 aufgeführt.

6.2 STUMPFSTOß

Der Stumpfstoß kommt als manuelles Verfahren eher selten vor, da die Ausführungsqualität schwierig zu überprüfen ist. Als vollautomatisches Verfahren z. B. zur Erstellung von „Endlos-Stäben“ wird es deutlich häufiger angewendet.

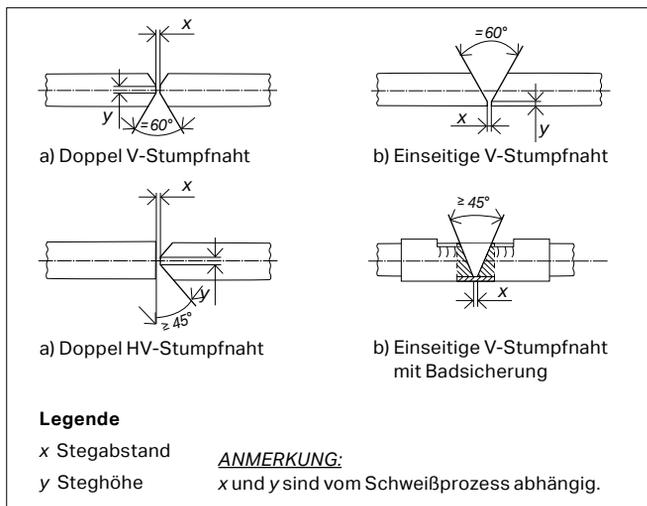


Bild 9: Geschweißter Stumpfstoß nach Kap. 6.2.1 – Bild 1

ANWENDUNGSBEDINGUNGEN FÜR DEN GESCHWEIßTEN STUMPFSTOß

Schweißprozess	Schweißverfahren	übliche Stabdurchmesser für tragende Verbindungen	sonstige Bemerkung
111	Lichtbogenhandschweißen	≥ 16 mm	# ohne Badsicherung
		≥ 12 mm	# mit verbleibender Badsicherung
114	Metall-Lichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode ohne Schutzgas	≥ 16 mm	# ohne Badsicherung
		≥ 12 mm	# mit verbleibender Badsicherung
135	Metall-Aktivgasschweißen; MAG-Schweißen	≥ 16 mm	# ohne Badsicherung
		≥ 12 mm	# mit verbleibender Badsicherung
136	Metall-Lichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode	≥ 16 mm	# ohne Badsicherung
		≥ 12 mm	# mit verbleibender Badsicherung
24	Abtrennstumpfschweißen	5 bis 50 mm	# nur gleiche Stabdurchmesser # Stabexzentrizität bei $\varnothing \leq 10$ mm = max. 1 mm; ansonsten 10 % des Stabdurchmessers
25	Pressstumpfschweißen	5 bis 25 mm	# nur gleiche Stabdurchmesser # Stabexzentrizität bei $\varnothing \leq 10$ mm = max. 1 mm; ansonsten 10 % des Stabdurchmessers
42	Reibschweißen	6 bis 50 mm	# maximale Exzentrizität muss im Vorfeld festgelegt werden
47	Gaspressschweißen	6 bis 50 mm	# nur gleiche Stabdurchmesser # Stabexzentrizität bei $\varnothing \leq 10$ mm = max. 1 mm; ansonsten 10 % des Stabdurchmessers

Tabelle: Übersicht über die Anwendungsbedingungen – Stumpfstoß nach Eurocode 2: DIN EN 1992-1-1 mit Nationalem Anhang (2. Auflage) – Tabelle 3.4 – zulässige Schweißverfahren

6.3 ÜBERLAPPSTOß

Der Überlappstoß ist ein einfach herzustellender Stoß. Jedoch muss die Exzentrizität bei der Kraftübertragung berücksichtigt werden.

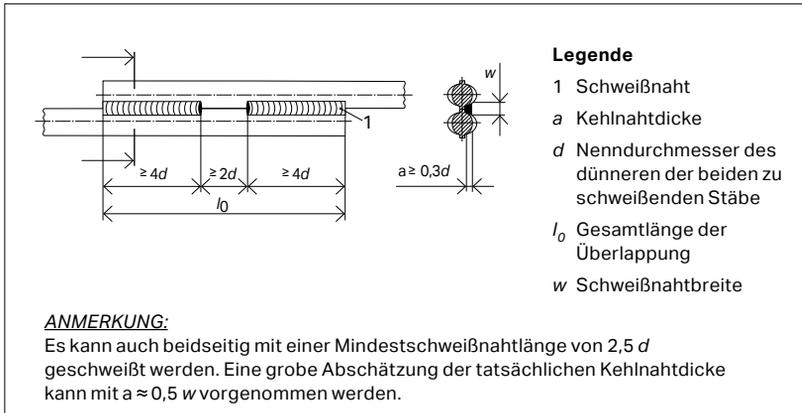


Bild 10: Geschweißter Überlappstoß nach Kap. 6.3 – Bild 2



Foto: Stütze Stahlpartner GmbH

Bild 11: Beispiel für einen geschweißten Überlappstoß

ANWENDUNGSBEDINGUNGEN FÜR DEN GESCHWEIßTEN ÜBERLAPPSTOß

Schweißprozess	Schweißverfahren	übliche Stabdurchmesser für tragende Verbindungen	sonstige Bemerkung
111	Lichtbogenhandschweißen	6 bis 32 mm	# lässt die Schweißposition ein beidseitiges Schweißen zu, dann darf die Mindestschweißnahtlänge von $\geq 4 \cdot d$ auf $\geq 2,5 \cdot d$ verkürzt werden
114	Metall-Lichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode ohne Schutzgas		
135	Metall-Aktivgasschweißen; MAG-Schweißen		
136	Metall-Lichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode		

Tabelle: Übersicht über die Anwendungsbedingungen – Stumpfstoß nach Eurocode 2: DIN EN 1992-1-1 mit Nationalem Anhang (2. Auflage) – Tabelle 3.4 – zulässige Schweißverfahren

6.4 LASCHENSTOß

Der Laschenstoß ist zur Übertragung hoher Kräfte gut geeignet, da die Kräfte symmetrisch übertragen werden und keine Exzentrizitäten entstehen.

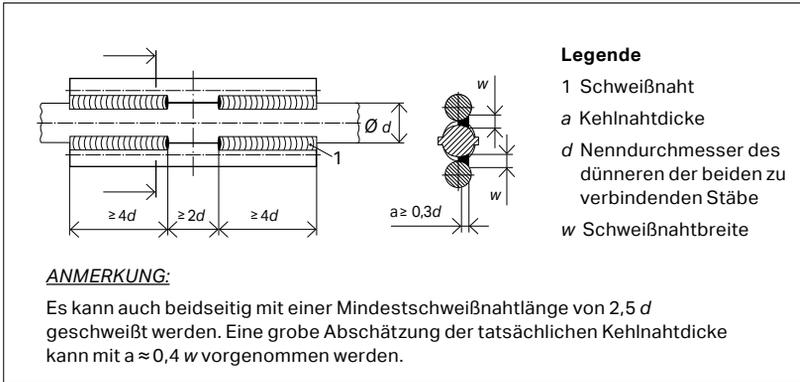


Bild 12: Geschweißter Laschenstoß nach Kap. 6.4 – Bild 3



Foto: Stütze Stahlpartner GmbH

Bild 13: Beispiel für einen geschweißten Laschenstoß

ANWENDBINGEBEDINGUNGEN FÜR DEN GESCHWEIßTEN LASCHENSTOß

Schweißprozess	Schweißverfahren	übliche Stabdurchmesser für tragende Verbindungen	sonstige Bemerkung
111	Lichtbogenhandschweißen	6 bis 50 mm	# lässt die Schweißposition ein beidseitiges Schweißen zu, dann darf die Mindestschweißnahtlänge von $\geq 4 \cdot d$ auf $\geq 2,5 \cdot d$ verkürzt werden
114	Metall-Lichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode ohne Schutzgas		
135	Metall-Aktivgasschweißen; MAG-Schweißen		
136	Metall-Lichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode		

Tabelle: Übersicht über die Anwendungsbedingungen – Laschenstoß nach Eurocode 2: DIN EN 1992-1-1 mit Nationalen Anhang (2. Auflage) – Tabelle 3.4 – zulässige Schweißverfahren

6.5 KREUZUNGSSTOß

Beim Kreuzungsstoß muss zwischen manuellen und automatischen Schweißungen unterschieden werden. Die manuellen Schweißungen erfolgen häufig bei vorgefertigten Bewehrungskörben. Ein Beispiel für die automatisierten Schweißungen sind Mattenstöße oder Gitterträger.

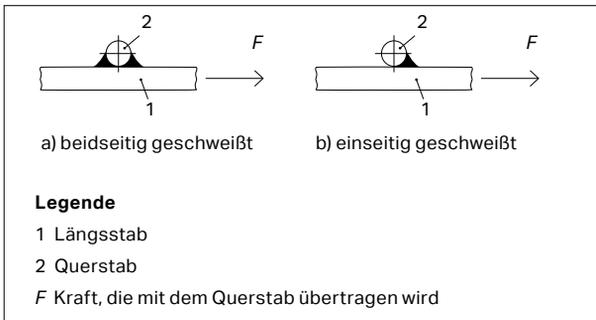


Bild 14: Geschweißter Kreuzungsstoß nach Kap. 6.5.2 – Bild 4



Bild 15: Beispiel für einen manuell geschweißten Kreuzungsstoß

ANWENDUNGSBEDINGUNGEN FÜR DEN GESCHWEIßTEN KREUZUNGSSTOß

Schweißprozess	Schweißverfahren	übliche Stabdurchmesser für tragende Verbindungen	sonstige Bemerkung
111	Lichtbogenhandschweißen	6 bis 50 mm	# d_{\min} / d_{\max} sollte $\geq 0,4$ sein
114	Metall-Lichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode ohne Schutzgas		
135	Metall-Aktivgasschweißen; MAG-Schweißen		
136	Metall-Lichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode		
21	Widerstandspunktschweißen	4 bis 20 mm	
23	Buckelschweißen		

Tabelle: Übersicht über die Anwendungsbedingungen – Laschenstoß nach Eurocode 2: DIN EN 1992-1-1 mit Nationalem Anhang (2. Auflage) – Tabelle 3.4 – zulässige Schweißverfahren

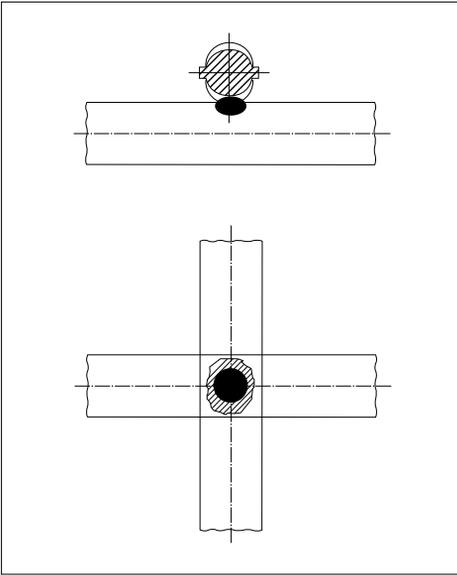


Bild 16: Geschweißter Kreuzungsstoß nach
Kap. 6.5.3 – Bild 5



Bild 17: Beispiel für einen maschinell geschweißten Kreuzungsstoß

Foto: BDW, Simon Hofmann

6.6 FLANKENKEHLNAHT

Flankenkehlnähte erlauben die flächige Verbindung von Betonstählen mit Flach-/Formstählen. Sie kommen häufig im Fertigteilterbau oder Verbundbau zum Einsatz.

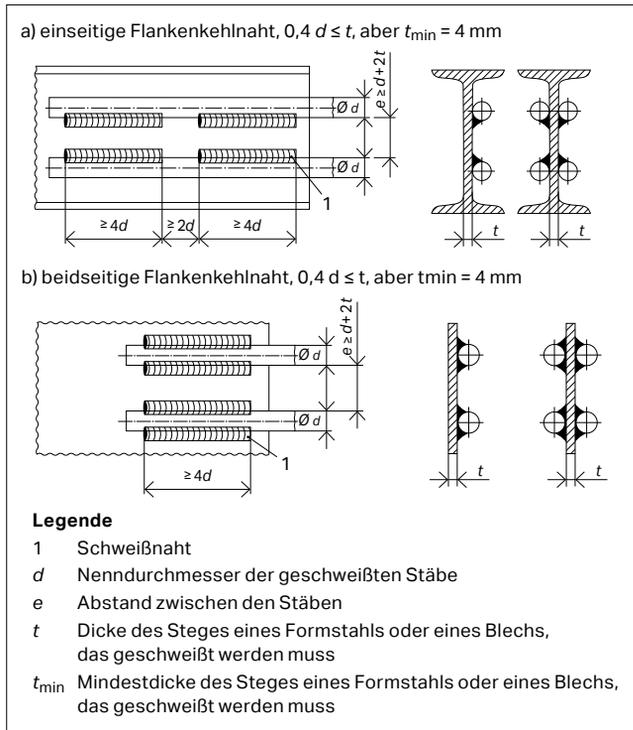


Bild 18: Geschweißte Flankenkehlnaht nach Kap. 6.6.2.1 – Bild 6



Bild 19: Beispiel für eine geschweißte Flankenkehlnaht

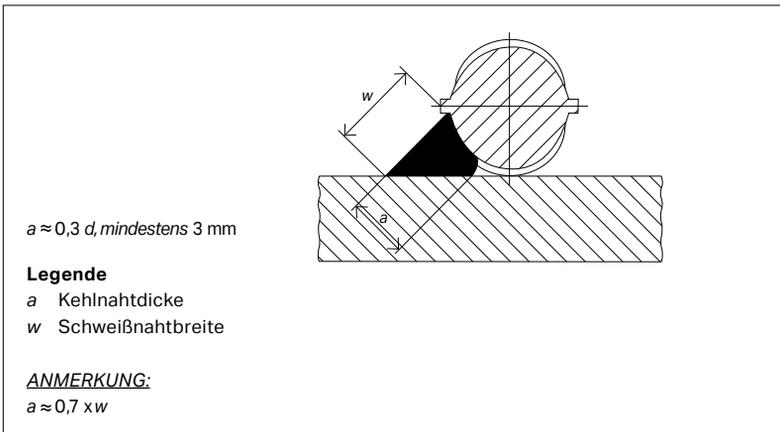
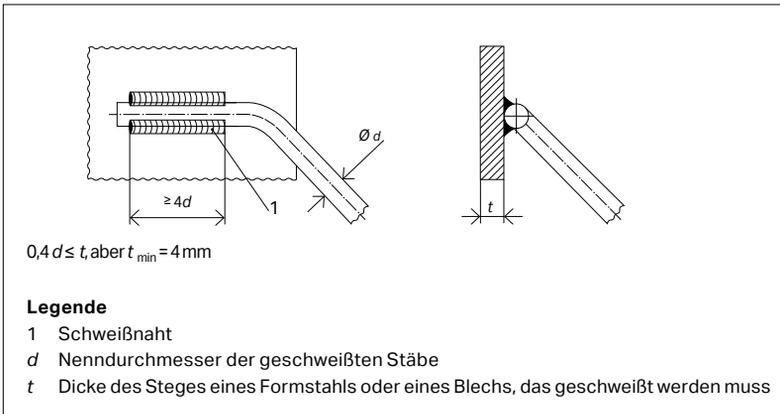


Bild 20: Geschweißte Flankenkehlnaht nach Kap. 6.6.2.1 – Bild 7 und 8

ANWENDUNGSBEDINGUNGEN FÜR GESCHWEIßTE FLANKENKEHLNÄHTE

Schweißprozess	Schweißverfahren	übliche Stabdurchmesser für tragende Verbindungen	sonstige Bemerkung
111	Lichtbogenhandschweißen	6 bis 50 mm	# die Maße sind zwingend einzuhalten # beim Schweißen an gebogenen Betonstählen sind zusätzlich die Anforderungen nach Kap. 13.2 zu beachten
114	Metall-Lichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode ohne Schutzgas		
135	Metall-Aktivgasschweißen; MAG-Schweißen		
136	Metall-Lichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode		

Tabelle: Übersicht über die Anwendungsbedingungen – Flankenkehlnähte nach Eurocode 2: DIN EN 1992-1-1 mit Nationalem Anhang (2. Auflage) – Tabelle 3.4 – zulässige Schweißverfahren

6.7 STIRNPLATTENVERBINDUNGEN

Stirnplattenverbindungen werden z. B. für die Rückverankerung der in Ankerplatten eingeleiteten Kräfte in den Beton verwendet. Hierbei sind durchgesteckte Stäbe bzw. versenkte Stäbe gegenüber den aufgesetzten Stäben vorzuziehen.

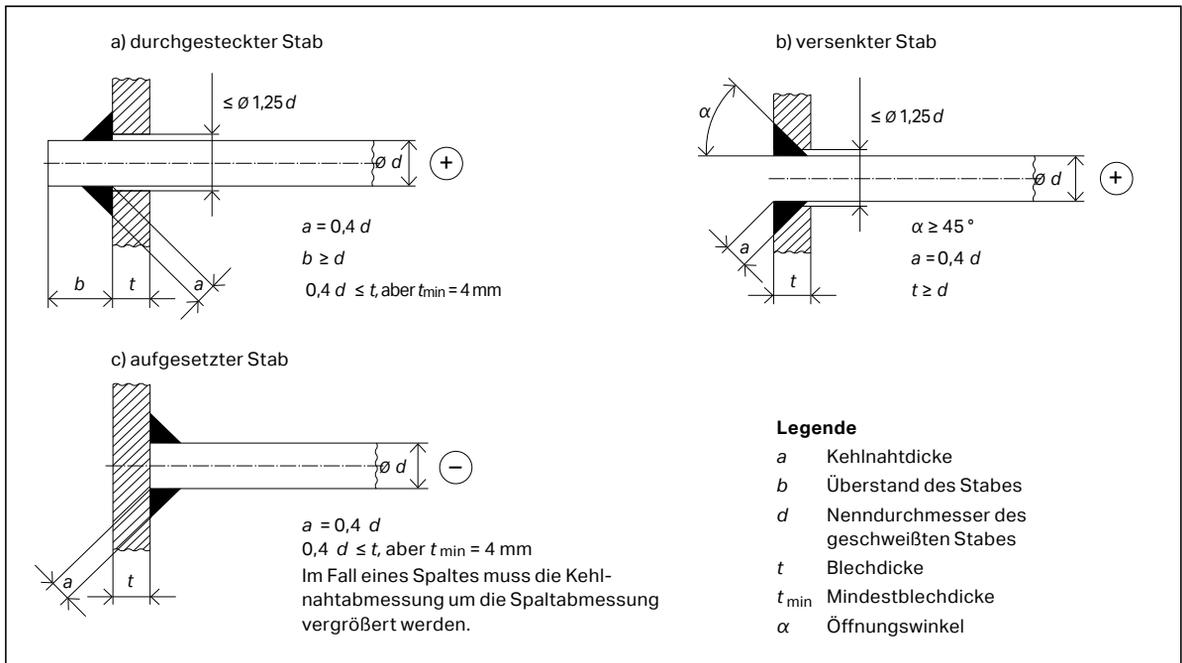


Bild 21: Geschweißte Stirnplattennähte nach Kap. 6.6.2.2 – Bild 9



Foto: Sützie Stahlpartner GmbH

Bild 22: Beispiel für eine geschweißte Stirnplattennah

ANWENDUNGSBEDINGUNGEN FÜR GESCHWEIßTE STIRNPLATTENNÄHTE

Schweißprozess	Schweißverfahren	übliche Stabdurchmesser für tragende Verbindungen	sonstige Bemerkung
111	Lichtbogenhandschweißen	6 bis 50 mm	# die Maße sind zwingend einzuhalten
114	Metall-Lichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode ohne Schutzgas		# werden mehrere Betonstähle an eine Stirnplatte geschweißt, beträgt der Mindestabstand der Stäbe $\geq 3 \cdot d$
135	Metall-Aktivgasschweißen; MAG-Schweißen		# beim Einsatz der Stirnplatten mit aufgesetztem Stab sind u. U. Blechüberprüfungen in Dickenrichtung, d. h. „Z-Güten“ nach DIN EN 10164:2018-12 erforderlich, bevor geschweißt wird
136	Metall-Lichtbogenschweißen mit Fülldrahtelektrode		

Tabelle: Übersicht über die Anwendungsbedingungen – Stirnplattennähte nach Eurocode 2: DIN EN 1992-1-1 mit Nationalem Anhang, (2. Auflage) – Tabelle 3.4 – zulässige Schweißverfahren

Vor-/Nachteile von Stirnplattenverbindungen

Bei den Stirnplattenverbindungen (vgl. Bild 21) werden drei Möglichkeiten angeboten:

1. durchgesteckter Betonstahlstab,
2. versenkter Betonstahlstab,
3. aufgesetzter Betonstahlstab.

Letztere ist zwar fertigungsbedingt relativ einfach wie kostengünstig herzustellen, aber hierbei ist aus statischer Sicht in der Tragwerksplanung auch zu berücksichtigen, dass die Stirnplatte in Dickenrichtungen beansprucht wird.

Für die Stahlbleche der Stirnplatten, die in Dickenrichtung beansprucht werden, gilt DIN EN 1993-1-1:2010-12: Eurocode 3. Hier muss ein gesonderter Materialnachweis nach DIN EN 10164:2018-12 „Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche – Technische Lieferbedingungen“ erbracht werden – die sogenannten „Z-Güten“, um einem evtl. möglichen „Terrassenbruch“ vorzubeugen.

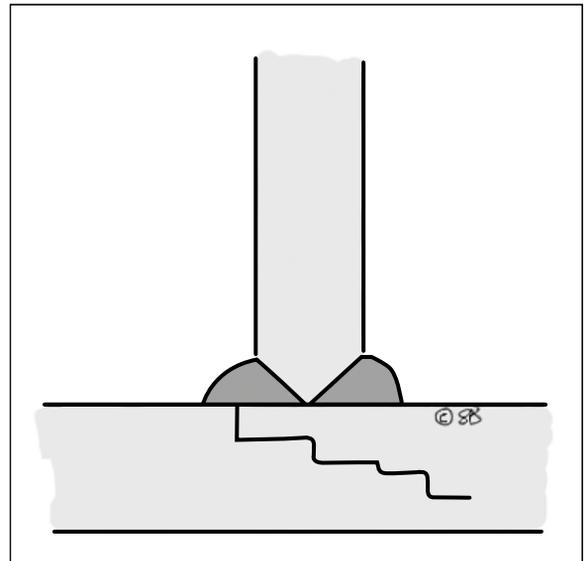


Bild 23: Schematische Darstellung eines Terrassenbruchs ⁽²²⁾

Nach EN 1993-1-1: Eurocode 3, Tabelle 3.2 ergeben sich demnach für die Stirnplatten nachfolgende erforderliche Güteklassen:

Güteklasse	Brucheinschnürung [%] Mittelwert aus drei Versuchen min.
Z15	15
Z25	25
Z35	35

Tabelle: Z-Güteklassen nach EC 3 und DIN EN 10164

Bei der konstruktiven Ausführung und Bemessung von Stirnplattenanschlüssen mit Betonstahl ist zu beachten, dass die Materialanforderung an die „**Z-Güte**“ immer gesondert betrachtet werden muss.

Es kann von einem Tragwerksplaner (qTWP) nicht automatisch davon ausgegangen werden, dass für alle Projekte automatisch „**Z-Güten**“ vom Stahllieferant (zunächst i. d. R. vom Händlerlager) geliefert werden:

- Blechlieferungen vom Händlerlager müssen hinsichtlich einer gesonderten „Z-Güten“-Anforderung durch externe, akkreditierte Prüflabors nachgewiesen werden
(Anmerkung: die Bestätigung dieser Anforderung durch das liefernde Stahlwerk des Blechs ist damit noch nicht gegeben);
- bei Großprojekten empfiehlt es sich daher, zuvor mit einem Stahlwerk die Lieferung aus der sogenannten „Werksstrecke“ zu erörtern;
- bei kleineren und mittleren Projekten mit geringem Mengenaufkommen an Stirnplatten und Bezug vom Händlerlager sollte man grundsätzlich die beiden Varianten mit dem durchgesteckten oder versenkten Betonstahlstab bevorzugt einsetzen, um auf der sicheren Seite zu sein, da hier die „**Z-Güten**“-Anforderung nicht erforderlich ist.

6.8 BETONSTAHL AN BAUSTAHL

Mit Verweis auf DIN EN ISO 17660:2007 – Kap. 7.1.2 dürfen schweißgeeignete Betonstähle mit anderen schweißgeeigneten Baustählen oder zugelassenen nichtrostenden Stählen verschweißt werden.

Allerdings müssen für diese anderen Stähle die Lieferzustände des Stahls ab Herstellerwerk über ein Abnahmeprüfzeugnis APZ 3.1. nach DIN EN 10204: 2005-01 „Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen“ nachgewiesen werden.

EXKURS: ARTEN VON PRÜFBESCHEINIGUNGEN NACH DIN EN 10204: 2005

Prüfbescheinigungen	Kurzbezeichnung	Prüfungsinhalt; Aussteller	Brauchbarkeit nach DIN EN ISO 17660
Werksbescheinigung	„2.1“	nicht spezifisch; Werk	nein
Werkszeugnis	„WZ 2.2“	nicht spezifisch; Werk	bedingt, allenfalls zum Vorabcheck
Abnahmeprüfzeugnis	„APZ 3.1“	Chargen spezifisch, Werk	ja
Abnahmeprüfzeugnis	„APZ 3.2“	Stück spezifisch, Werk i.V.m. akkreditiertem Fremdprüfer	ja

Anmerkung: Mit Verweis auf DIN EN 10204: 2005 – Kap. 6 „Weitergabe von Prüfbescheinigungen durch einen Händler“ dürfen diese nur Originale oder Kopien der vom Hersteller gelieferten Prüfbescheinigungen ohne irgendwelche Veränderungen weitergeben

Tabelle: Arten von Prüfbescheinigungen für die Stähle

Grundsätzlich gilt hier, dass alle im betrachteten Bauteil eingesetzten Stähle ein niedrigeres oder max. gleiches Kohlenstoffäquivalent aufweisen müssen, wie sich aus den zulässigen Werten nach den jeweiligen produktspezifischen Normen und den Schweißverfahrensprüfungen nach DIN EN ISO 17660-1: 2007 – Kap. 11.5.1 ergeben.

Betonstahlschweißen im Bestand ist eine Besonderheit. Hier empfiehlt es sich grundsätzlich, Proben zu entnehmen und extern prüfen zu lassen.

6.9 BETONSTAHLSCHWEIßEN AN GEBOGENEM BETONSTAHL

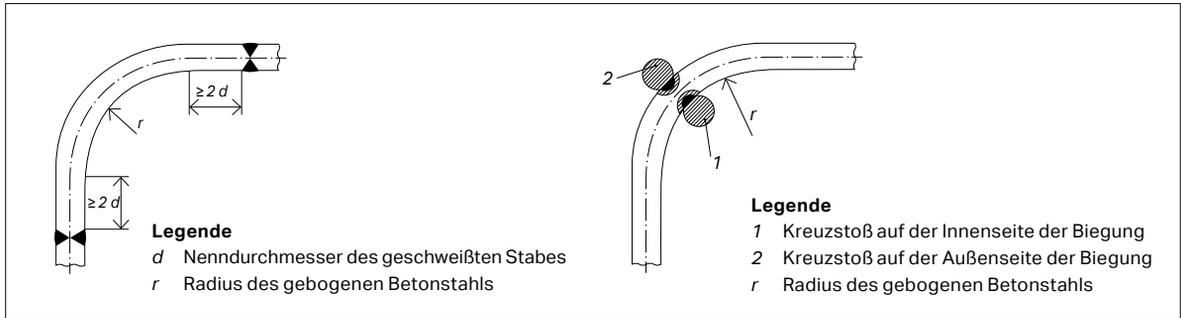


Bild 24: Schweißstöße in gebogenen Betonstahlstäben nach Kap. 13.2

In der Fertigung von Betonstahlbewehrungen zählen die Fertigungsprozesse des Kaltumformens des Betonstahls auf Biegemaschinen und das anschließende Verschweißen oder das Hefen zu den typischen Fertigungsverfahren.

Bei dem Prozess des Kaltumformens wird der Betonstahl im Bereich des Biegeradius auf der Innenseite gestaucht und auf der Außenseite gestreckt, wodurch zeitgleich eine plastische Materialdehnung bei gleichzeitigem Fließen des Werkstoffes im Bereich des Biegeradius entsteht. Diese Materialverformungen im atomaren Metallgitter verursachen eine Gefügeveränderung im Betonstahl.

Allgemein empfehlen hier die aktuellen Regelwerke, dass beim Schweißen von Stahl im kaltumgeformten Bereich im Allgemeinen durch Mindestabstände oder durch einzuhaltende Verhältnisse Biegeradius zu Stabdicke (r/d) die Schweißbedingungen eingeschränkt werden. ⁽²³⁾

Mit Verweis auf die DIN EN ISO 17660:2007 in Teile 1 und 2 werden diesbzgl. in Kap. 13.2 folgende Bedingungen zum Schweißen festgelegt:

- das Biegen muss i. d. R. vor dem Schweißen durchgeführt werden (andernfalls sind spezielle Konstruktionsanforderungen an den Biegedorndurchmesser mit zu berücksichtigen),
- da die Wärmeeinbringung des Schweißens die Materialeigenschaften im kaltverformten Bereich deutlich beeinflussen kann, sind gewisse Randbedingungen bzgl. der Schweißstoßlage in Abhängigkeit des Stabdurchmessers ($d = \emptyset$ des Betonstahlstabes) einzuhalten,
- bei Stumpfstößen muss die Schweißnaht mind. $\geq 2 \cdot d$ entfernt liegen,
- bei Überlapp- oder Laschenstößen muss die Schweißnaht mind. $\geq 1 \cdot d$ entfernt liegen,
- bei Kreuzungsstößen dürfen die Schweißnähte sowohl innen wie außen nur wie in Bild 16 (unten dargestellt) liegend ausgeführt werden.

Aktuelle IGF-Forschungsergebnisse (2017-01) ⁽²⁴⁾ zeigten aber auch im Hinblick auf das Biegen geschweißter Betonstahlmatten deutliche Reserven auf. Es konnte gezeigt werden, dass ein Biegen unmittelbar an der Schweißstelle, wie es z. B. bei der Herstellung von Mattenkörben vorkommt, sowohl bei verzinkten wie unverzinkten Betonstählen mit einem Biege-
rollendurchmesser von mind. $4 \cdot d_{st}$ (bei Betonstahlmatten der Duktilitätsklasse A und einem Stabdurchmesser von 10 mm) grundsätzlich ohne Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit möglich ist.

Die IGF-Forschungsergebnisse zeigten ebenfalls auch im Hinblick auf das Rückbiegen unter Baustellenbedingungen bei den untersuchten Werkstoffen bestehende Reserven auf und sprechen folgende Empfehlungen aus:

- vor dem Biegen verzinkte Betonstähle (Verfahrensweg A – Verzinken – Biegen) können wie unverzinkte zurückgebogen werden,
- ein Rückbiegen von vor dem Verzinken gebogenen Betonstählen (Verfahrensweg B – Biegen – Verzinken) kann nicht empfohlen werden.

6.10 SCHWEIßEN VON FEUERVERZINKTEM BETONSTAHL

Schweißen von feuerverzinkten Betonstählen ist nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung „DIBt – Z-1.4-165 (bis 01.01.2025) – Kap. 3.3 – Seite 8“ unter Einhaltung einiger Randparameter möglich. Die Zinkschicht ist im Bereich der Schweißnaht zuvor mechanisch komplett zu entfernen. Nach der erfolgten Schweißung gelten für die Schweißnahtstelle die Bedingungen nach DIBt – Z-1.4-165 – Kap. 2.2.1.2 „Ausbessern von Fehlstellen und Beschädigungen“.

Die IGF-Forschungsergebnisse zeigten zudem in karbonatisiertem Beton deutliche Vorteile des feuerverzinkten Betonstahls gegenüber unver-

zinkten Betonstählen. In den Expositionsklassen XC ist eine Reduktion der Betonüberdeckung um 10 mm bei der Verwendung von feuerverzinktem Betonstahl mit einer Mindestzinkschichtdicke von 85 µm unter Aufrechterhaltung einer typischen Nutzungsdauer von 45 – 55 Jahren möglich. Bei aggressiverer Beanspruchung der Bauteile durch die Expositionsklassen XS oder XD bietet die Feuerverzinkung ebenfalls einen zusätzlich besseren Schutz. Anders als bei der Verwendung von unverzinktem Betonstahl treten bei den verzinkten Betonstählen keine Lochkorrosionserscheinungen infolge Chlorid-Einwirkung auf.

6.11 HEFTSCHWEIßUNGEN VON BETONSTAHL

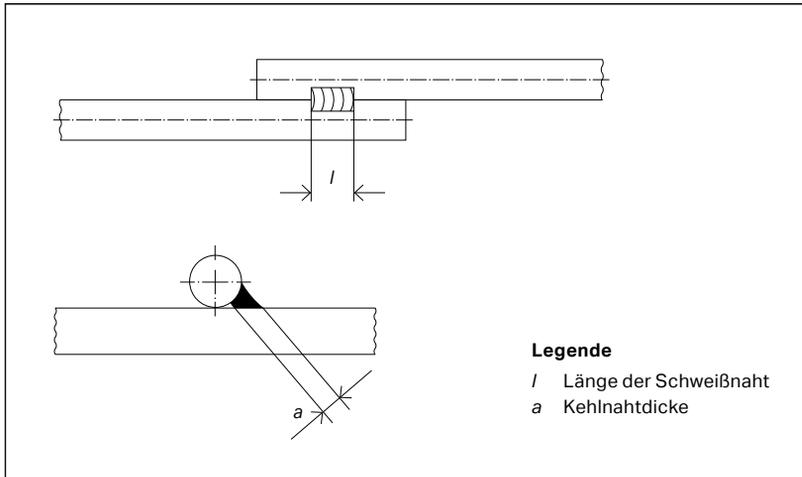


Bild 25: Heftstöße für nichttragende Verbindungen

Der Zweck von Heftschweißungen ist üblicherweise nur die Lagesicherung der Betonstahlbauteile hinsichtlich Fertigung, Transport und Betonieren. Die Heftschweißnähte dürfen die spätere volle Tragfähigkeit und Zähigkeit der Stäbe durch eine mögliche Werkstoffversprödung **nicht** beeinflussen.

Die Länge der Schweißnaht (l) und die Schweißnahtdicke (a) sind abhängig vom jeweiligen Schweißprozess und dessen Randbedingungen entsprechend auszulegen und müssen der Schweißanweisung (WPS) entsprechen.

7 VORAUSSETZUNGEN UND ANFORDERUNGEN

7.1 BETRIEBLICHE EINRICHTUNGEN

Die DIN EN ISO 14731:2019-07 „Schweißaufsicht – Aufgaben und Verantwortung“ fordert von der Schweißaufsichtsperson die Bewertung der betrieblichen Einrichtung hinsichtlich der Verwendbarkeit der Schmelz- und Widerstandspressschweißgeräte zum Betonstahlschweißen, dazu gehören: ⁽²⁵⁾

- Eignung der Schweiß- und Zusatzeinrichtungen,
- Bereitstellung, Kennzeichnung und Handhabung von Hilfsmitteln und Einrichtungen,
- persönliche Arbeitsschutz- und sonstige Sicherheitseinrichtungen, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem angewendeten Schweißfertigungsverfahren stehen,
- Instandhalten der betrieblichen Einrichtung zum Schweißen,
- Verifizierung, Validierung und Kalibrierung der betrieblichen Einrichtung zum Schweißen nach DIN EN ISO 17662:2016-09.

7.2 SCHWEIßTECHNISCHES PERSONAL

Mit Verweis auf das Merkblatt DVS RiLi 1708: 2009 und DIN EN ISO 17660:2007 Teile 1 und 2 muss ein Schweißbetrieb für das Schweißen von Betonstahl an tragenden und/oder nicht-tragenden Schweißverbindungen über eine ausreichende Anzahl an geprüften Schweißern (mind. 2 Schweißer) nach DIN EN ISO 9606-1:2017-12 „Prüfung von Schweißern – Schmelzschweißen – Teil 1: Stähle“ und zusätzliche Prüfung nach DIN EN ISO 17660-1 und -2:2007 – Kap. 9.2 je Schweißstoßart und zu verschweißenden Grundwerkstoff verfügen.

Auf Basis einer vorherlaufenden Kehlnahtschweißerprüfung nach DIN EN ISO 9606-1: 2017 müssen die/der Schweißer für jede in

der DIN EN ISO 17660:2007 abgebildete Stoßart und die zugehörigen Grundwerkstoffe eine gesonderte Schweißerprüfung ablegen; Anzahl der Prüfstücke, des Geltungsbereiches und die Überprüfung der Schweißerprüfstücke sind in Tabelle 3 und 4 der DIN EN ISO 17660:2016 geregelt.

Die Bediener und Einrichter von vollmechanischen oder automatischen Widerstands-schweißgeräten müssen über eine gültige Bedienerprüfungsbescheinigung nach DIN EN ISO 14732:2013-12 „Schweißpersonal – Prüfung von Bedienern und Einrichtern zum mechanischen und automatischen Schweißen von metallischen Werkstoffen“ verfügen.

7.3 SCHWEIßAUFSICHT

Ein Schweißbetrieb für das Betonstahlschweißen muss nach DIN EN ISO 17660-1 und -2:2007 – Kap. 9.1 über mind. eine Schweißaufsichtsperson nach DIN EN ISO 14731:2019-07 verfügen.

Wer durch die Unternehmensleitung (Inhaber oder Geschäftsführer) als **unabhängige** Schweißaufsichtsperson bestellt wird, muss „technische Kenntnisse und Kompetenz“ aufweisen und für diese Aufgabe qualifiziert sein:

- Level C „umfassendes Niveau“ (comprehensive)
=> Internationaler Schweißfachingenieur
- Level S „spezifisches Niveau“ (specific)
=> Internationaler Schweißtechniker
- Level B „Basis Niveau“ (basic)
=> Internationaler Schweißfachmann

und

- Zusatzausbildung nach DVS-EWF 1175 „Schweißaufsicht für das Schweißen von Betonstahl“.

Die Unternehmensleitung ist zunächst gefordert ein entsprechendes Anforderungsprofil im Sinne der regelmäßigen Tätigkeiten durch eine „Risikoanalyse“ für die Fertigung der Bauteile und Produkte im Herstellerwerk und/oder auf der Baustelle aufzustellen, um überhaupt eine geeignete Schweißaufsichtsperson entweder nach Level B oder Level S oder Level C bestellen zu können.

Die Aufgaben einer Schweißaufsichtsperson sind im Anhang B (normativ) der DIN EN ISO 14731:2019 umfangreich erläutert: ⁽²⁶⁾

1	<u>Überprüfung der Anforderungen</u> a) anzuwendende Produktnorm zusammen mit etwaigen ergänzenden Anforderungen b) Fähigkeit des Herstellers, die vorgeschriebenen Anforderungen zu erfüllen
2	<u>Technische Überprüfung</u> a) Festlegung der/des Grundwerkstoffe/s und der Eigenschaften der Schweißverbindung b) Lage der Schweißverbindung in Übereinstimmung mit den Konstruktionsanforderungen c) Qualitäts- und Abnahmeanforderungen für Schweißnähte d) Lage, Zugänglichkeit und Schweißfolge, einschließlich der Zugänglichkeit für Überprüfung und zerstörungsfreie Prüfung e) andere schweißtechnische Anforderungen, z. B. Losprüfung von Schweißzusätzen, Schweißbadsicherungen etc. f) Abmessungen und Einzelheiten der Schweißnahtvorbereitung und der fertigen Schweißnaht
3	<u>Untervergabe</u> Eignungsprüfung von Untertierlieferanten für die schweißtechnische Fertigung
4	<u>Schweißtechnisches Personal</u> Qualifizierung der Schweißer und Bediener

5	<u>Einrichtungen</u> a) Eignung der Schweiß- und Zusatzeinrichtungen b) Bereitstellung, Kennzeichnung und Handhabung von Hilfsmitteln und Einrichtungen c) persönliche Arbeitsschutz- und sonstige Sicherheitseinrichtungen, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem angewendeten Fertigungsprozess stehen d) Instandhaltung der Einrichtungen e) Verifizierung, Validierung und Kalibrierung
6	<u>Fertigungsplanung</u> a) Bezug auf geeignete Verfahrensanweisungen für das Schweißen b) Reihenfolge, in der die Schweißnähte auszuführen sind c) Umgebungseinflüsse (z. B. Schutz vor Wind, Temperatureinfluss und/oder Regen) d) Benennung von qualifiziertem Personal e) Einrichtungen zum Vorwärmen und zur Wärmenachbehandlung
7	<u>Qualifizierung von Schweißverfahren</u> Methode und Geltungsbereich
8	<u>Schweißanweisungen</u> Methode und Geltungsbereich nach DIN EN ISO 17660-1 und -2:2007 – Kap. 10 und Anhang A (informativ)
9	<u>Arbeitsanweisungen</u> Ausstellung und Anwendung
10	<u>Schweißzusätze</u> a) Eignung b) Lieferbedingungen c) etwaige Zusatzanforderungen für die Lieferbedingungen der Schweißzusätze, einschl. der Art der Prüfzeugnisse nach DIN EN 10204:2005 d) Lagerung und Handhabung der Schweißzusätze
11	<u>Werkstoffe</u> a) etwaige Zusatzanforderungen für die Lieferbedingungen der Werkstoffe, einschl. der Art der Prüfzeugnisse nach DIN EN 10204:2005 b) Lagerung und Handhabung der Grundwerkstoffe c) Rückverfolgbarkeit
12	<u>Überwachung und Prüfung vor dem Schweißen</u> a) Eignung und Gültigkeit der Schweißerprüfungsbescheinigungen b) Eignung der Schweißanweisungen c) Kennzeichnung der Grundwerkstoffe d) Kennzeichnung der Schweißzusätze e) Schweißnahtvorbereitung (z. B. Form und Art) f) Zusammenbau, Spannen und Heften g) etwaige besondere Anforderungen in der Schweißanweisung (z. B. Vermeidung von Verzug) h) Vorkehrungen für etwaige Arbeitsprüfungen i) Eignung der Arbeitsbedingungen für das Schweißen, einschl. der Umgebungsbedingungen
13	<u>Überwachung und Prüfung während des Schweißens</u> a) wesentliche Schweißparameter der Schweißgeräte b) Vorwärm-/Zwischenlagentemperaturen c) Reinigung und Form der Schweißraupen und Lage des Schweißgutes d) Ausarbeiten der Schweißwurzel e) Schweißfolge f) richtiger Gebrauch und Handhabung der Schweißzusätze g) Kontrolle des Verzuges h) etwaige Zwischenprüfungen (z. B. Maßkontrollen)
14	<u>Überwachung und Prüfung nach dem Schweißen</u> a) Sichtprüfung b) zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) c) zerstörende Prüfung (z. B. von Arbeitsproben) d) Form, Gestalt, Toleranzen und Maße des Bauteils e) Ergebnisse und Berichte über die Behandlungen nach dem Schweißen
15	<u>Wärmebehandlung nach dem Schweißen</u>
16	<u>Mangelnde Übereinstimmung und Korrekturmaßnahmen</u> erforderliche Korrekturmaßnahmen
17	<u>Kalibrierung und Validierung von Mess-, Überwachungs- und Prüfeinrichtungen</u>

18	<u>Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit</u> a) Kennzeichnung von Fertigungsplänen b) Kennzeichnung von Materialbegleitkarten c) Kennzeichnung der Lage der Schweißnähte im Bauteil d) Kennzeichnung der ZfP-Verfahren und des Personals e) Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit der Schweißzusätze f) Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit des Grundwerkstoffes g) Kennzeichnung der Lage von Korrekturmaßnahmen h) Kennzeichnung der Lage von Zusammenbauhilfen i) Rückverfolgbarkeit von vollmechanischen und automatischen Widerstandsschweißgeräten j) Rückverfolgbarkeit der Schweißer und Bediener zu speziellen Schweißgeräten k) Rückverfolgbarkeit von Schweißanweisungen zu speziellen Schweißnähten
19	<u>Qualitätsberichte</u> a) Erstellung und Aufbewahrung der erforderlichen Berichte b) Protokollierung von Untervergaben
20	<u>Umwelt, Gesundheit und Sicherheit</u> Berücksichtigung aller einschlägigen Regeln und Vorschriften

Tabelle: Normative Aufgabenbeschreibung einer Schweißaufsicht

7.4 ERSTELLEN UND QUALIFIZIERUNG VON SCHWEIßANWEISUNGEN (WPS)

Ein Schweißbetrieb benötigt mit Verweis auf das Merkblatt DVS 1708:2009 – Kap. 4.4 und DIN EN IS 17660-1 und -2:2007 – Kap. 10 eine dokumentierte Schweißanweisung (WPS) auf Basis eines Berichtes über die Qualifizierung eines Schweißverfahrens (WPQR) sowie nach DIN EN ISO 15609-1:2019-12 oder -5:2012-03 „Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißanweisung – Teil 1: Lichtbogenschweißen und Teil 5: Widerstandsschweißen“; im Anhang A (informativ) der DIN EN ISO 17660-1:2007 ist eine Muster-Schweißanweisung (WPS) abgedruckt.

Die zusätzlich maßgebenden Parameter nach DIN EN ISO 17660-1 und -2:2007 in Kap. 11 sind verbindlich in der WPS mit einzubinden, im Wesentlichen sind dies:

- Schweißverfahrensprüfungen
- Arbeitsproben
- Untersuchung und Prüfungen
- Abnahmebedingungen
- Grundwerkstoff
- Gestaltung der Schweißverbindung – tragend oder nichttragend
- Schweißposition
- Herstellart des Betonstahls
- zulässige Durchmesser des Betonstahlstabes und Werkstoffdicke
- andere wesentliche Einflussgrößen
- Gültigkeit von Schweißerprüfungen und Schweißverfahrensprüfungen

7.5 DURCHFÜHRUNG DER BETRIEBSPRÜFUNG

7.5.1 ERSTPRÜFUNG

Der Ablauf und die Durchführung der (ersten) Betriebsprüfung zur Feststellung der Qualifikation zum Betonstahlschweißen ist im Anhang 1 des Merkblattes DVS RiLi 1708:2009 als Flussdiagramm sehr gut erläutert.

Neben der Schweißaufsichtsperson ist die Geschäftsführung oder deren Vertreter in diesen Prozess mit einzubeziehen.

Die erstmalige Betriebsprüfung muss mindestens von einem Schweißfachingenieur einer anerkannten Prüfstelle durchgeführt werden.

7.5.2 WIEDERHOLUNGSPRÜFUNG

Eine Wiederholungsprüfung kann dann auch von einem Schweißfachmann oder einem Schweißtechniker einer anerkannten Prüfstelle durchgeführt werden.

Beide Prüfungen bestehen aus der Betriebsbesichtigung zwecks Feststellung, ob die Fertigungs- und Prüfeinrichtungen geeignet sind, und einem Fachgespräch mit der Schweißaufsichtsperson.

7.6 AUSSTELLEN DER BESCHEINIGUNG

Mit erfolgreichem Abschluss der Betriebsprüfung erhält der Hersteller eine Bescheinigung über die Herstellerqualifikation nach dem Muster gemäß Anlage 4 des Merkblattes DVS RiLi 1708:2009.

Anlage 4 Formblatt Muster	Anerkannte Prüfstelle (Name, Anschrift)
Bescheinigung	
über die Herstellerqualifikation zum Schweißen von Betonstahl nach DIN EN ISO 17660-1/-2*:2006-12	
Dem Hersteller:	
wird für den Schweißbetrieb in:	
bescheinigt, dass er über die erforderlichen Fachkräfte und Vorrichtungen verfügt, Schweißarbeiten an Betonstäben auszuführen:	
Schweißprozesse: (Ordnungs-Nr. nach DIN EN ISO 4063)	
Betonstahlorten/andere Stahlarten Verbindungsarten nach DIN EN ISO 17660 (Schweißfotoart/Bildnummer):	
Erweiterungen/Einschränkungen:	
Verantwortliche Schweißaufsichtsperson: (Name, Vorname, Geburtsdatum, Qualifikation)	
Vertreter: (Name, Vorname, Geburtsdatum, Qualifikation)	
Bemerkungen:	
Gültigkeitszeitraum:	
Bescheinigungs-Nr.:	
ausgestellt am:	
_____ Leiter der Prüfstelle (Name, Unterschrift, Stempel)	
Allgemeine Bestimmungen (siehe Rückseite) * Entsprechendes Maß eintragen	
Allgemeine Bestimmungen 1. Diese Bescheinigung ist vor der Ausführung von Schweißarbeiten in beglaubigter Abschrift oder Ablichtung den für die Baugenehmigung zuständigen Behörden unaufgefordert vorzulegen. 2. Zu Werbe- und anderen Zwecken darf diese Bescheinigung nur im Ganzen vervielfältigt oder veröffentlicht werden. Der Text von Werbeschriften darf nicht im Widerspruch zu dieser Bescheinigung stehen. 3. Ein Ausscheiden der in dieser Bescheinigung für die Wahrnehmung der Aufgaben der Schweißaufsicht genannten Person(en) sowie Änderung der Schweißverfahren oder wesentlicher Teile der für die Schweißarbeiten notwendigen betrieblichen Einrichtungen sind der anerkannten Prüfstelle rechtzeitig anzugeben. Die anerkannte Prüfstelle kann erforderlichenfalls eine erneute Prüfung im Schweißbetrieb vorsehen. 4. Treten Zweifel an der Eignung des Betriebes auf, sind jederzeit unangemeldete kostenpflichtige Betriebsbesichtigungen und Prüfungen ins Betreib durch die anerkannte Prüfstelle möglich. 5. Diese Bescheinigung kann jederzeit mit sofortiger Wirkung entwidmungsfähig zurückgenommen, ergänzt oder geändert werden, wenn die Voraussetzungen, unter denen sie erteilt worden ist, sich geändert haben, oder wenn die Bestimmungen dieser Bescheinigung nicht eingehalten werden. 6. Mindestens zwei Monate vor Ablauf der Geltungsdauer ist bei der anerkannten Prüfstelle erneut ein Antrag zu stellen, falls die Eignung weiterhin bescheinigt werden soll.	
Bemerkungen:	
Die Voraussetzungen zur Durchführung von Schweiß- und Bedieneprüfungen nach Abschnitt 9.2 von DIN EN ISO 17660 liegen vorliegt vor.*	
* Namen einsetzen	
Vorbilder: • Antragsteller (Original) • Oberste Bauaufsichtsbehörde des Landes (sofern gewünscht) • Z.d.A.	

Bild 26: Muster einer Herstellerbescheinigung

7.7 GELTUNGSDAUER DER BESCHEINIGUNG

Die maximale Geltungsdauer einer Herstellerqualifikation zum Schweißen von Betonstahl nach DIN EN ISO 17660-1 und -2:2007 beträgt 3 Jahre.

Die Bescheinigung erlischt und wird vorzeitig ungültig, wenn die Voraussetzungen, unter denen sie erteilt wurde, nicht mehr gegeben sind. Dies ist beispielsweise der Fall bei:

- Ausscheiden der eingetragenen Schweißaufsichtsperson, ohne benannten Vertreter in der Bescheinigung,
- wenn die erforderliche Mindestanzahl an gültigen Schweißer-/Bedienerprüfungen nicht mehr vorliegt,
- bei Ablauf der Gültigkeit von Schweißer-/Bedienerprüfungen, sofern diese nicht erneuert wurden,
- bei wesentlichen Änderungen der betrieblichen Einrichtungen,
- bei wesentlichen Änderungen im Produktionsprozess,
- bei Wechsel der stationären Produktionsstätte,
- bei Nichtdurchführung der geforderten Arbeits-, Schweißer- und Bedienerprüfungen.

7.8 BETONSTAHLSCHEIßEN IM BAUORDNUNGSRECHTLICHEN KONTEXT (MVV TB, MHA-VO, ETC.)

Die Arbeiten des Betonstahlschweißens im Herstellerwerk oder auf der Baustelle bewegen sich grundsätzlich im Umfeld des bauordnungsrechtlichen Bereiches, d. h. ein Schweißbetrieb, der solche Arbeiten in Deutschland ausführen will, muss einige bauordnungsrechtliche Vorgaben beachten.

Bauordnungsrechtliche Vorgaben sind eine föderale Angelegenheit und werden durch das jeweilige Bundesland erlassen. Damit eine Einheitlichkeit in Deutschland entsteht, hat das DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin) einige Muster vorgegeben:

Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB)

Mit aktuellem Stand der „MVV TB 2020/1“ zur Drucklegung vom 19.01.2021 werden bzgl. des Anwendens des Schweißens von Betonstahl folgende Vorgaben eingeführt:

A.1.2.3.4 Schweißen von Betonstahl

DIN EN ISO 17660-1:2006-12 mit Berichtigung:2007-08

DIN EN ISO 17660-2:2006-12 mit Berichtigung:2007-08

mit Anlage A.1.2.3.4/6

A.1.2.3.4/6 DIN EN ISO 17660-1 und -2

1 zu Abs. 7

1.1 es sind schweißgeeignete Betonstähle nach DIN 488-1 und -2:2009-08 zu verwenden

1.2 es sind Baustähle nach EN 10025-1:2004 zu verwenden

1.3 es sind Schweißzusätze nach EN 13479:2004 zu verwenden

Muster-Hersteller und Anwenderverordnung (MHAVO)

Mit aktuellem Stand der „MHAVO“ zur Drucklegung vom 06.03.2018 werden bzgl. des Anwendens des Schweißens von Betonstahl folgende Vorgaben zum Schweißen auf der Baustelle eingeführt:

§ 1 Satz 3 Für die Ausführung von Schweißarbeiten zur Herstellung von Betonstahlbewehrungen müssen der Hersteller und der Anwender über Fachkräfte mit besonderer Sachkunde und Erfahrung sowie über besondere Vorrichtungen verfügen.

Mit Stand vom 11.08.2021 ist die „MVV TB“ über einen föderalen Rechtsakt in den Bundesländern wie folgt umgesetzt: ⁽²⁷⁾

Land	MVV TB	Land	MVV TB
Baden-Württemberg	MVV TB 2017/1	Niedersachsen	MVV TB 2020/1
Bayern	MVV TB 2020/1	Nordrhein-Westfalen	MVV TB 2020/1
Berlin	MVV TB 2019/1	Rheinland-Pfalz	MVV TB 2019/1
Brandenburg	MVV TB 2020/1	Saarland	MVV TB 2020/1
Bremen	MVV TB 2020/1	Sachsen	MVV TB 2019/1
Hamburg	MVV TB 2020/1	Sachsen-Anhalt	MVV TB 2020/1
Hessen	MVV TB 2017/1	Schleswig-Holstein	MVV TB 2020/1
Mecklenburg-Vorpommern	MVV TB 2020/1	Thüringen	MVV TB 2019/1

Anmerkung: Zum Zeitpunkt des Verfassens dieses Kompendiums galt die zuvor ausgeführte Normung zu der DIN EN ISO 17660-1 und -2; aktuell ist aber eine Zusammenführung prEN ISO 17660:2021-09 als Normentwurf vorgelegt worden.

Tabelle: Übersicht der Einführung der MVV TB – Stand 2021

8 KONSTRUKTIVE AUSFÜHRUNG

8.1 FESTIGKEIT UND BEMESSUNG

Die Bemessung von Stahlbeton ist im Allgemeinen über den Eurocode 2: DIN EN 1992-1-1 geregelt, gleiches gilt auch für die geschweißten Betonstahlverbindungen.

In Abhängigkeit der Belastungsart und ob es sich um Zug- oder Druckstäbe handelt, regelt der Eurocode 2: DIN EN 1992-1-1 die Anwendbarkeit des zulässigen Schweißverfahrens und die zugehörige Stoßart.

Belastungsart	Schweißverfahren mit Kurzzeichen und Ordnungsnummer nach DIN EN ISO 4063			Zugstäbe ^{a)}	Druckstäbe ^{a)}
	vorwiegend ruhend	Abtrennstumpfschweißen	(RA)	24	Stumpfstoß
Lichtbogenhandschweißen Metall-Lichtbogenschweißen		(E) (MF)	111 114	Stumpfstoß mit $\varnothing \geq 20$ mm, Laschenstoß, Überlappungsstoß, Kreuzungsstoß ^{c)} , Verbindung mit anderen Stahlteilen	
Metall-Aktivgasschweißen ^{b)}		(MAG)	135 136	Laschenstoß, Überlappungsstoß, Kreuzungsstoß ^{c)} , Verbindung mit anderen Stahlteilen	
				---	Stumpfstoß mit $\varnothing \geq 20$ mm
Reibschweißen		(FR)	42	Stumpfstoß, Verbindung mit anderen Stahlteilen	
Widerstandspunktschweißen		(RP)	21	Überlappungsstoß ^{d)} , Kreuzungsstoß ^{b) d)}	
nicht vorwiegend ruhend	Abtrennstumpfschweißen	(RA)	24	Stumpfstoß	
	Lichtbogenhandschweißen	(E)	111	---	Stumpfstoß mit $\varnothing \geq 14$ mm
	Metall-Aktivgasschweißen	(MAG)	135 136	---	Stumpfstoß mit $\varnothing \geq 14$ mm
				Überlappungsstoß ^{d)} , Kreuzungsstoß ^{b) d)}	

- a) es dürfen nur Stäbe mit näherungsweise gleichem Durchmesser zusammengeschweißt werden;
als näherungsweise gelten benachbarte Stabdurchmesser, die sich nur durch die Durchmessergröße unterscheiden
- b) zulässiges Verhältnis der Stabnennendurchmesser sich kreuzender Stäbe $\geq 0,57$
- c) für tragende Verbindungen $\varnothing \leq 16$ mm
- d) für tragende Verbindungen $\varnothing \leq 28$ mm

Tabelle: Zulässige Schweißverfahren von Betonstählen in der Bemessung nach Eurocode 2: DIN EN 1992-1-1, Tab. 3.4 mit NA⁽²⁸⁾

Betonstahl	Haken, Winkelhaken, Schlaufen, Bügel		Schrägstäbe und andere gebogene Stäbe		
Betonstahl	Stabdurchmesser		Mindestmaße der Betondeckung min c rechtwinklig zur Krümmungsebene		
	$\varnothing < 20$ mm	$\varnothing \geq 20$ mm	> 100 mm und $> 7 \varnothing$	> 50 mm und $> 3 \varnothing$	≤ 50 mm oder $\leq 3 \varnothing$
Rippenstäbe B500	$4,0 \cdot \varnothing$	$7,0 \cdot \varnothing$	$10 \cdot \varnothing$	$15 \cdot \varnothing$	$20 \cdot \varnothing$

Alle Werte gelten für einlagige Bewehrungen, bei mehrlagiger Bewehrung rechnerischer Nachweis

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser D_{\min} ; geschweißte Bewehrungen und Betonstahlmatten

- Abstand zwischen Krümmungsbeginn und Schweißstelle $\geq 4 \cdot \varnothing$	D_{\min} nach Tabelle oben
- Abstand zwischen Krümmungsbeginn und Schweißstelle $< 4 \cdot \varnothing$ oder Schweißung innerhalb des Biegebereiches	$D_{\min} \geq 20 \cdot \varnothing$ - siehe hierzu auch DIN EN ISO 17660-1 und -2, Kap. 13.2
- bei vorwiegend nichtruhender Belastung ist zusätzlich EC 2-1-1/NA, 8.3 zu beachten	- das Hin- und Zurückbiegen von Betonstählen stellt eine zusätzliche Belastung dar, hier gilt EC 2-1-1/NA, 8.3

Tabelle: Mindestwerte der Biegerollendurchmesser D_{\min} ; Betonstähle⁽²⁹⁾

		1	2	3	4
		vorwiegend ruhende Einwirkungen		nicht vorwiegend ruhende	
Lage der Schweißung		Schweißung außerhalb des Biegebereiches	Schweißung innerhalb des Biegebereiches	Schweißung auf der Außenseite der Biegung	Schweißung auf der Innenseite der Biegung
1	für $a < 4 \cdot \emptyset$	$20 \cdot \emptyset$	$20 \cdot \emptyset$	$100 \cdot \emptyset$	$500 \cdot \emptyset$
2	für $a \geq 4 \cdot \emptyset$	Werte nach Tab. 8.1. DE a			

- a = Abstand zwischen Biegeanfang und Schweißstelle
- siehe hierzu auch DIN EN ISO 17660-1 und -2, Kap. 13.2

Tabelle: Mindestwerte der Biegerolldurchmesser D_{\min} nach Eurocode 2: DIN EN 1992-1-1, Tab. 8.1DE b), für nach dem Schweißen gebogene Bewehrung ⁽³⁰⁾

8.2 KONSTRUKTIVE GESTALTUNG VON BETONSTAHL-SCHWEIßSTÖßEN

Die in den beiden Teilen der DIN EN ISO 17660: 2007 – Kap. 6 dargestellten Stoßausbildungen stellen Beispiele der guten Praxis dar und müssen unter Einhaltung der konstruktiven Schweißparameter rechnerisch nicht mehr gesondert nachgewiesen werden. Andere Stoßausbildungen sind im Rahmen der Norm auch zulässig (siehe Anmerk. zu Kap. 6.1). Diese sind grundsätzlich rechnerisch nachzuweisen und sie müssen grundsätzlich über eine Schweißverfahrensprüfung nach Kap. 11 verfügen.

Von daher wird empfohlen, zunächst einmal die in dieser Norm dargestellten Stoßausbildungen anzuwenden, welche den allergrößten Teil der Verbindungen im Herstellerwerk und/oder auf der Baustelle abdecken dürften.

Es ist anzustreben die Schweißnähte (insbesondere die Stumpfstoße) vorzugsweise in Wannelage zu verschweißen. Schweißnähte in Zwangslagen sollten möglichst vermieden werden resp. sind nur zulässig in Verbindung mit einer Arbeitsprobe.

8.3 NICHTTRAGENDE VERBINDUNGEN

Diese geschweißte Verbindung stellt eine rein konstruktive Verbindung dar, bei der die Festigkeit nicht bei der Gestaltung und Bemessungen von Stahlbetonkonstruktionen berücksichtigt werden darf.

Mit Verweis auf die Anmerk. in DIN EN ISO 17660-2:2007 – Kap. 6.1 ist der alleinige Zweck dieser Verbindung die Lagesicherung der Betonstähle während der Fertigung, Transport und/oder Betonieren.

8.4 TRAGENDE VERBINDUNGEN

8.4.1 VORWIEGEND RUHEND

Diese geschweißten Stoßverbindungen „tragend und vorwiegend ruhend“ sind so entworfen, dass sie unter strikter Einhaltung der Qualitätsanforderungen nach DIN EN ISO 17660:2007 – Kap. 8 die volle Stabkraft übertragen können;

Ausnahmen sind möglich für Stumpfstöße und für Verbindungen von Betonstählen mit anderen Stahlteilen; diese müssen dann vom Tragwerksplaner (qTWP) genau spezifiziert werden.

8.4.2 NICHT VORWIEGEND RUHEND

Mit Verweis auf den Anwendungsbereich nach DIN EN ISO 17660-1:2007 – Kap. 1 gelten diese Anforderung der Norm zunächst nur für ruhend beanspruchte Bauteile, für dynamisch beanspruchte Bauteile (d. h. nicht vorwiegend ruhend) wird in der Anmerkung zu Kap. 1 der Norm empfohlen, in Abhängigkeit der Stoßart und des Schweißprozesses eine merkliche Minde-

rung der dynamischen Festigkeit des geschweißten Betonstahls zu berücksichtigen.

Auch mit Verweis auf die beiden Tabelle 19, 20 + 2 und Tabelle 21 (Seiten 50/51) gibt es beschränkte Anwendungsmöglichkeiten von einigen Schweißprozessen für Zugstäbe in dynamisch belasteten Bauteilen.

8.4.3 ABMINDERUNGSFAKTOREN

Bei sachgerechter Ausführung und Einhaltung der konstruktiven Vorgaben der DIN EN ISO 17660: 2007 kann davon ausgegangen werden, dass unter vorwiegend ruhender Belastung die volle Stabkraft in Stablängsachse übertragen werden kann; diese Annahme gilt zunächst für den Neubau.

Beim Bauen im Bestand und in der Stahlbetoninstandsetzung hat man es aber mit Altstählen zu tun; die zum jeweiligen Zeitpunkt der Erstellung des Bauwerkes ausführungsrelevante Bemessung und die eingesetzten Betonstähle unterlagen natürlich nicht den heutigen Vorgaben des Eurocode 2: DIN EN 1992-1-1.

Von daher sind hier zunächst einmal umfangreiche Werkstoffkennwerte für den historischen Betonstahl (Lieferform, Lieferzustand, Festig-

keit, chemische Zusammensetzung, CEV – Kohlenstoffäquivalent, Schweißbeignung etc.) zu recherchieren.

Während ab 1972 die ersten schweißgeeigneten Betonstähle, und seit 1984 ausschließlich, auf den deutschen Markt gebracht worden sind, so gelten für die Zeiträume davor hinsichtlich der Schweißbeignung ganz andere Maßstäbe.

Hier sind neben der Identifizierung der generellen Schweißbeignung eines historischen Betonstahls auch zusätzliche Alterungsprozesse im Betonstahl zu berücksichtigen. Die Einführung eines gesonderten Abminderungsfaktors in der Nachweisführung „Schweißverbindung“ ist daher angebracht und in der Bemessung zu berücksichtigen:

$$E \text{ (Einwirkungen)} \leq R \text{ (Widerstand)}$$

$$\sigma_{sd} \leq f_{yd} \cdot \gamma(t)$$

mit $\gamma(t)$ = individueller Abminderungsfaktor für zeitbedingte Alterung

Bereits in historischen Normenquellen finden sich schon Hinweise auf erhöhte Sicherheitsanforderungen resp. Abminderungsfaktoren für das Betonstahlschweißen: ⁽²⁶⁾

Deutsche Bestimmung von 1925

„Das Schweißen ist zulässig, bei einwandfreier Ausführung nach bewährten Verfahren, wobei jedoch durch allseitig eingebettete und mit Endhaken versehene Zulageeisen für eine erhöhte Sicherheit zu sorgen ist.“

Deutsche Bestimmung von 1932

„Das Schweißen ist, bei einwandfreier Ausführung nach bewährten Verfahren, zulässig (DIN 4100). Der Querschnitt an der geschweißten Stoßstelle darf nur mit 60 % in Rechnung gestellt werden, wobei ein Ausgleich durch allseitig eingebettete und mit Endhaken versehene Zulageeisen oder Vermehrung des Eisenquerschnittes erfolgen kann.“

8.5 ZEICHNERISCHE DARSTELLUNG

Die symbolische Darstellung der Verbindungsarten in den Bauplänen war früher in der DIN 4099: 1985-11 – Tab. 1 – Fußnote 7) geregelt; diese Darstellung ist bisher nicht in der DIN EN 17660 mit eingeflossen. Daher kann heute die zeichnerische Darstellung in den Bauplänen nur nach

DIN EN ISO 2553:2019-12 „Schweißen und verwandte Prozesse – Symbolische Darstellung in Zeichnungen – Schweißverbindungen“ mit Angabe der Stoßart nach DIN EN 17660 und mit Angabe der jeweiligen Bildnummer nach Kap. 6 erfolgen.

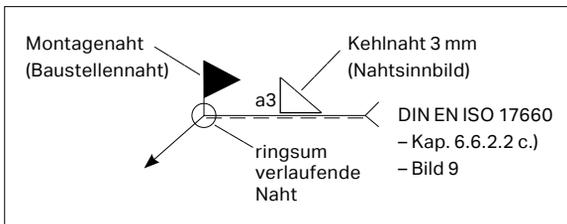


Bild 27: Beispiel der zeichnerischen Darstellung nach DIN EN ISO 2553 für eine Stirnplattennaht (siehe auch Bild 22)

8.6 VOR- UND NACHTEILE DER STOßARTEN

DIN EN ISO 17660-1:2007

Kapitel	Stoßart	Vor-/Nachteile
6.2	Stumpfstoß	(+) sauberer Kraftfluss in der Stabachse (+) volle Stabauslastung bei Erfüllung der Qualitätsanforderungen nach Kap. 8
6.3	Überlappstoß	(-) einseitiger Anschluss erzeugt an den Stabenden der Schweißstelle ein lokales Versatzmoment, das sich bei hohen Belastungen nachteilig auswirken kann
6.4	Laschenstoß	(+) gleichmäßiger Kraftfluss
6.5	Kreuzungsstoß	(+) bei beidseitiger Schweißnahtausführung (-) bei einseitiger Schweißnahtausführung reduzierte Scherfestigkeit (-) Berücksichtigung der Scherfaktor Klasse (SF30 bis SF80) nach <u>Anhang G</u> ; muß in der Zeichnung angegeben werden (-) gesonderter Nachweis der Scherfestigkeit erforderlich
6.6.2.1	Flankenkehlnaht	(+) sauberer Kraftfluss in der Stabachse (+) volle Stabauslastung bei Erfüllung der Qualitätsanforderungen nach Kap. 8
6.6.2.2	Stirnplattenverbindungen	für c.) aufgesetzter Stab (+) kostengünstig und schnell ausgeführt (-) u. U. verminderte Tragkraft gegenüber den Varianten a.) und b.) (-) bei dickeren Blechen „Terrassenbruchgefahr“ erfordert „Z-Güten“ nach DIN EN 10604, was kostenintensiv ist

Tabelle: Übersicht über Vor-/Nachteile der Stoßarten

8.7 UNREGELMÄßIGKEITEN BEIM BETONSTAHLSCHEIßEN

Unregelmäßigkeiten an Lichtbogenschweißverbindungen werden nach der DIN EN ISO 5817:2014-06 „Schweißen – Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) – Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten“ bewertet und zur Hilfe genommen bei der Beurteilung von: ⁽²⁷⁾

1. Oberflächenunregelmäßigkeiten
2. inneren Unregelmäßigkeiten
3. Unregelmäßigkeiten in der Nahtgeometrie
4. Mehrfachunregelmäßigkeiten

Zur Beurteilung weiterer geometrischer Unregelmäßigkeiten können weiterführend herangezogen werden:

DIN EN ISO 6520-1:2007-11

„Schweißen und verwandte Prozesse – Einteilung von geometrischen Unregelmäßigkeiten an metallischen Werkstoffen – Teil 1: Schmelzschweißen“

DIN EN ISO 6520-2:2013-12

„Schweißen und verwandte Prozesse – Einteilung von geometrischen Unregelmäßigkeiten an metallischen Werkstoffen – Teil 2: Pressschweißungen“

9 SCHWEIßBARKEIT FRÜHERER BETONSTÄHLE IN DER STAHLBETON-INSTANDSETZUNG

Jahr	Regelwerk	mind. Streckgrenze [N/mm ²]	Schweißbeignung
ZEITRAUM BIS 1925			
1855	Schweißbeisen, glatte Betoneisenstäbe	k.A.	nicht zu empfehlen
1904	Preußische Bestimmung	k.A.	
1907	Preußische Bestimmung	k.A.	
1913	Preußische Bestimmung, Ergänzung zu 1907	252 – 294 243 – 283,5 229 – 266	
1916	Deutsche Bestimmungen DAfE (Deutscher Ausschuß für Eisenbeton)	k.A.	
ZEITRAUM AB 1925			
1924	Hochwertiger Stahl St 48, Glatte Betonstahlstäbe	k.A.	bedingt
1925	Flussstahl St 00.12, DIN 1612	k.A.	nicht zu empfehlen
1925	Flussstahl St 37.12, DIN 1612	k.A.	bedingt
1925	Deutsche Bestimmungen DAfE	k.A.	nicht zu empfehlen
1932	Deutsche Bestimmungen DAfE	360 350 340	zulässig (mit Einschränkungen)
1932	DIN 1045 (Handelseisen)	k.A.	bedingt
1933	Isteg-Stahl	340 – 360	unzulässig
1937	Drillwulst-Stahl	340 – 360	
1937	Nockenstahl	≥ 500	bedingt
1938	Torstahl	k.A.	unzulässig
1941	Drillwulst-Stahl	≥ 380	
1943	DIN 1045 (naturhart)	≥ 220 ≥ 340 ≥ 360	
1943	DIN 1045 (kalt- oder hartgereckt)	340 – 360 400 – 420 500	
1943	Glatte Rundstahl (naturhart)	220 340 – 360	bedingt
1943	Drillwulst-Stahl	400 – 420	unzulässig
1943	Nockenstahl	≥ 400 ≥ 500	bedingt
1943	Torstahl	400 – 420	unzulässig
WIEDERAUFBAU – NACHKRIEGSZEIT			
1946	nachträglich gerichtete Betonstähle aus Schutt	abgeminderte Werte	nicht zu empfehlen
ZEITRAUM AB 1950			
1952	quergewalpter Betonstahl (naturhart) – auch QUERI-Stahl genannt	≥ 220 340 – 360 400 – 420 ≥ 500	bedingt
1952	quergewalpter Betonstahl (kaltverformt)	400 – 420	nicht zu empfehlen
1954	schräggewalpter Betonstahl (kaltverformt)	k.A.	

Jahr	Regelwerk	mind. Streckgrenze [N/mm ²]	Schweißbeignung
1956	NEPTUN-Stahl 80/120 NEPTUN-Stahl 50/80	≥ 800 ≥ 500	unzulässig
1959	Rippen-Torstahl	400 – 420	bedingt
1959	HI-BOND-A-Stahl	400 – 420	
ZEITRAUM AB 1960			
1960	NORI-Stahl (naturhart)	400 – 420	bedingt
1960	NORECK-Stahl	400 – 420	unzulässig
1964	Einheitszulassung schräggerippter BSt IIIa	400 – 420	bedingt
1965	FILITON-Stahl	400 – 420	nicht zu empfehlen
ZEITRAUM AB 1970			
1972	DIN 488 BSt 220/340 GU (G = glatt; U = unbehandelt)	≥ 220 ≥ 340	bedingt
1972	DIN 488 BSt 220/340 RU (RU = gerippt und unbeh.)	≥ 220 ≥ 340	
1972	DIN 488 BSt 420/500 RU (RU = gerippt und unbeh.)	≥ 420 ≥ 500	
1972	DIN 488 BSt 420/500 RK (R = gerippt; K = kaltverformt)	≥ 420 ≥ 500	
1972	DIN 488 BSt 500/550 GK (BSt-Matte geschweißt mit glatten Stäben)	≥ 500 ≥ 550	
1972	DIN 488 BSt 500/550 PK (BSt-Matte geschweißt mit profilierten Stäben)	≥ 500 ≥ 550	
1972	DIN 488 BSt 500/550 RK (BSt-Matte geschweißt mit gerippten Stäben)	≥ 500 ≥ 550	
1972	DIN 488 BSt 500/550 RK (X) – (BSt-Matte nicht geschweißt mit gerippten Stäben)	≥ 500 ≥ 550	
1973	DIBt-Z-01.12.1973 BSt 500/550 RU (Stäbe)	≥ 500 ≥ 550	
1973	DIBt-Z-01.12.1973 BSt 500/550 RK (Stäbe)	(≥ 420) ≥ 500	
1976	DIBt-Z-01.04.1976 BSt 500/550 RUS (S = schweißbar)	≥ 500	zulässig
1977	DIBt-Z-1.2-V 58 BSt 630/700 RK (BSt-Matte geschweißt mit gerippten Stäben)	≥ 630	
ZEITRAUM AB 1980			
1984	DIN 488 – BSt 420 S, (1.0428) S = Stab	≥ 420	uneingeschränkt
1984	DIN 488 – BSt 500 S, (1.0438) S = Stab	≥ 500	
1984	DIN 488 – BSt 500 M, (1.0466) M = Matte	≥ 500	bedingt
1988	DIBt-Z-1.1-SK 2 – 03/1988; BSt 1'100	≥ 500 nur bei Zug ≥ 1'100	unzulässig
1990	DIBt-Z-1.1-IV S-GEWI 2/9 – 01/1990 BSt 500 S-GEWI	≥ 500	zulässig
1991	DIBt-Z-1.1-K IV WRS 1/21 – 15.07.1991 BSt 500 WR	≥ 500	
1999	DIBt-Z-1.2-155 – 04.02.1999 BSt 500 WR	≥ 500	
1999	DIBt-Z-1.2-153 – 03.08.1999 BSt 500 NR	≥ 500	

Jahr	Regelwerk	mind. Streckgrenze [N/mm ²]	Schweißbeignung
BETONSTÄHLE AUF DEM FRÜHEREN GEBIET DER DDR			
1960 - 1980	TGL 101-054 und TGL 12530/01-02 St A-0 (glatt)	≥ 220	bedingt
1960 - 1980	quergewalzte Ovalstab St 60/90	≥ 590	unbekannt
ab 1964	TGL 101-054 und TGL 12530/01-02 St A-I (glatt) – 1.1250	≥ 340	zulässig
ab 1964	TGL 101-054 und TGL 12530/01-02 St A-III (gerippt) – 1.1260	≥ 390	bedingt
ab 1977	TGL 12530/03-04 St B-IV (glatt) [1.1270] St B-IV S (glatt) [1.1280]		beschränkt, nur Verfahren 21 (RP)
ab 1977	TGL 12530/08-09 St T-III (gerippt)	≥ 400 – 420	zulässig
ab 1984	Vorschrift 149/84 St M-IV (gerippt) – 1.1300	≥ 490 – 500	
ab 1986	TGL 12530/08-09 St T-IV (gerippt) – 1.1290	≥ 490 – 500	
ab 1986	TGL 12530/10 St B-IV RDP (gerippt) St B-IV S RDP (gerippt)	≥ 490 – 500	beschränkt, nur Verfahren 21 (RP)

Anmerkung:

In Bauwerken zu DDR-Zeit wurden aber auch sehr häufig Betonstähle aus sowjetischer und tschechoslowakischer Provenienz verbaut; Lieferungen aus anderen früheren Ostblockstaaten waren eher sehr selten
=> „**Schweißbeignung sollte generell als kritisch angesehen werden**“.

FRÜHERE BETONSTÄHLE IN SONDERFORM IM DEUTSCHSPRACHIGEN RAUM

Anmerkung:

Seit ca. 1900 wurden aber eine Vielzahl von Sonderprofilen wie z. B. Bulbeisen, gelochte Betoneisen, Kahneisen, NEG-Träger, DUCAS- oder Welleisen, Faconeisen, Streckmetall, Rippenstreckmetall u. a. als Bewehrung verwendet
=> „**Schweißbeignung nicht zu empfehlen**“.

FRÜHERE AUSLÄNDISCHE BETONSTÄHLE IN SONDERFORM IM DEUTSCHSPRACHIGEN RAUM

Anmerkung:

Seit ca. 1900 sind auch eine Vielzahl von ausländischen Sonderformen wie z. B. Thacher-Eisen, Mueser-Eisen, Diamond-Eisen, Johnson-Eisen, Ransome-Eisen, Lug-Eisen, Cup-Eisen, Golding-Eisen, Havemeyer-Eisen, Columbian-Rippeneisen, T-Eisen mit wellenförmigen Steg u. a. als Bewehrung verwendet
=> „**Schweißbeignung nicht zu empfehlen**“.

Schweißbeignung:

- „unbekannt“ – d. h. dass in den analysierten Quelle keine Hinweise zu finden sind
- „nicht zu empfehlen“ – d. h. dass diese Altstähle resp. Alteisen eher ungeeignet sind
- „unzulässig“ – d. h. dass die analysierten Quellen diese von vornherein ausgeschlossen ist
- „beschränkt“ – d. h. dass nur bestimmte Schweißprozesse zugelassen sind
- „bedingt“ – d. h. dass nur einige Schweißprozesse auszuschließen sind
- „zulässig“ – d. h. dass mehrere Schweißprozesse eingesetzt werden können
- „uneingeschränkt“ – d. h. dass die Schweißbeignung generell gegeben ist

10 LITERATURHINWEISE UND QUELLEN

- (1) J. Stark & B. Wicht, Geschichte der Baustoffe, Vieweg, 1998
- (2) https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Referat/P5/Technische_estimmungen/MVVTB_2020-1.pdf
- (3) <https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Referat/I2/Betonstahlverzeichnisse.pdf>
- (4) H. Bargmann, Historische Bautabellen, Werner Verlag, 2001
- (5) P. Bindseil & M. Schmitt, Betonstähle – vom Beginn des Stahlbetonbaues bis zur Gegenwart (CD-ROM), HUSS, 2002
- (6) P. Schiebl, Vorlesung „Schweißen von Betonstahl“ (TU München), 2003
H. Bargmann, Historische Bautabellen, Werner Verlag, 2001
- (7) Fügetechnik – Schweißtechnik, DVS & H. Richter (Hrsg.), 1982
- (8) J. Dombrowski (Hrsg.), Schweißen im Metallbau, C. Coleman Verlag, 2015
- (9) Fügetechnik – Schweißtechnik, DVS & H. Richter (Hrsg.), 1982
- (10) <https://de.wikipedia.org/wiki/Widerstandsschwei%C3%9Fen#Widerstands-punktschwei%C3%9Fen>
- (11) Fügetechnik – Schweißtechnik, DVS & H. Richter (Hrsg.), 1982
- (12) Fügetechnik – Schweißtechnik, DVS & H. Richter (Hrsg.), 1982
- (13, 14) Fügetechnik – Schweißtechnik, DVS & H. Richter (Hrsg.), 1982
- (15) <https://technikdoku.com/schweissgerechtes-konstruieren/>
- (16, 17) J. Dombrowski (Hrsg.), Schweißen im Metallbau, C. Coleman Verlag, 2015
- (18) <http://www.isa.fh-trier.de/home/Projekte/Kreutz/html/57.html>
- (19) J. Dombrowski (Hrsg.), Schweißen im Metallbau, C. Coleman Verlag, 2015
- (20) Merkblatt 866 – Nichtrostender Betonstahl, Informationsstelle Edelstahl Rostfrei (Hrsg.), 2011
- (21) https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Referat/P5/Technische_Bestimmungen/MVVTB_2020-1.pdf

- (22) <https://www.metallhandwerk-arbeitshilfen.de/arbeitshilfen/z-g%C3%BCte-nach-din-en-1993-1-10/>
- (23) K. Kudla, Einfluss des Kaltumformens und Schweißens auf die Materialzähigkeit von Baustahl, Dissertation Universität Stuttgart, 2018
- (24) Schlussbericht zu IGF-Vorhaben 499 ZN/1 „Technologie- und Sicherheitszuwachs bei der Anwendung von feuerverzinktem Betonstahl zum Ausbau einer nachhaltigen Marktposition im Stahlbetonbau“ – 2017-01, Kaiserslautern, Darmstadt und Berlin
- (25) J. Mußmann, Aufgaben und Verantwortung einer Schweißaufsicht, DVS Media, 2021
- (26) J. Mußmann, Aufgaben und Verantwortung einer Schweißaufsicht, DVS Media, 2021
- (27) https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Referat/P5/Technische_Bestimmungen/Stand_Umsetzung_MVVTB.pdf
- (28, 29) Eurocode 2: DIN EN 1992-1-1, Tab. 3.4 mit NA (2. Auflage – 2016)
- (30) Eurocode 2: DIN EN 1992-1-1, Tab. 8.1DE b) mit NA
- (31) P. Bindseil & M. Schmitt, Betonstähle – vom Beginn des Stahlbetonbaues bis zur Gegenwart (CD-ROM), HUSS, 2002,
H. Bargmann, Historische Bautabellen, Werner Verlag, 2001
- (32) J. Dombrowski (Hrsg.), Schweißen im Metallbau, C. Coleman Verlag, 2015
- (33) M. Blum, Die Schweißverbindung in der Instandsetzung von Stahlbeton, 2004

