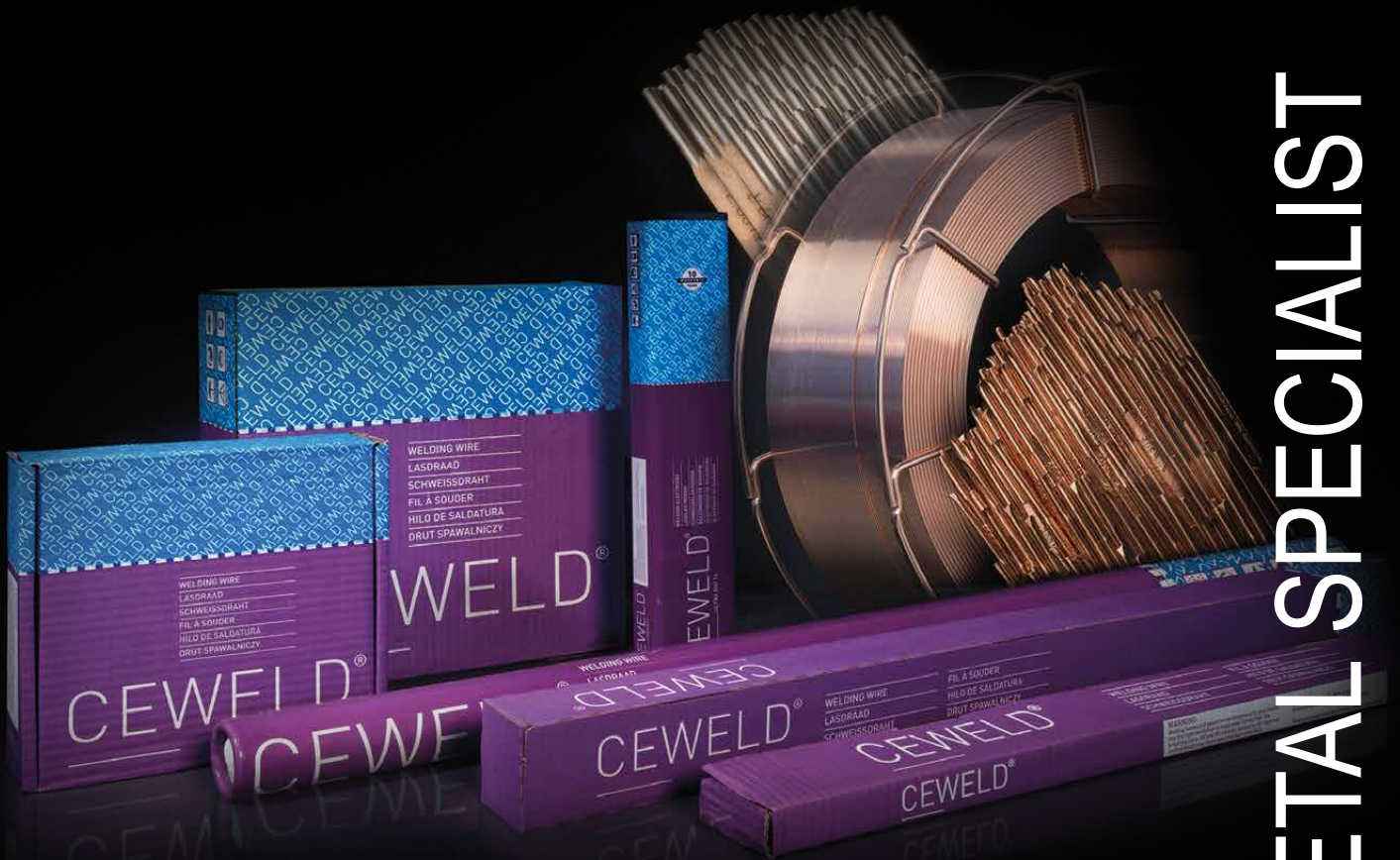




# "CEWELD® AquaForce" die neue Generation von Unterwasser Stabelektroden



THE FILLER METAL SPECIALIST

In den letzten Jahren wurden mehrere umhüllte Elektroden für das Unterwasserschweißen von uns entwickelt.

**CEWELD® AquaForce HR** und **CEWELD® AquaForce MG** sind die letzten beiden Entwicklungen. Beide Elektroden wurde unter Berücksichtigung der DIN 2302 (die in Vorlage für eine ISO Norm ist) sowie der AWS A 5.35 und der AWS D 3.6M. konzipiert.

## Einige grundsätzliche Informationen

### 1. Unterwasserschweißen

#### 1.1 Definitionen:

Unter dem Begriff „Unterwasserschweißen“ werden Schweißarbeiten unter verschiedenen Umgebungsbedingungen zusammengefasst, bei denen sich die zu schweißenden Werkstücke unter der Wasseroberfläche befinden.

Dabei wird mit oder ohne Zusatzwerkstoff gearbeitet.

Man unterscheidet nach dem Umgebungsdruck an der Schweißstelle:

= atmosphärischer Druck oder

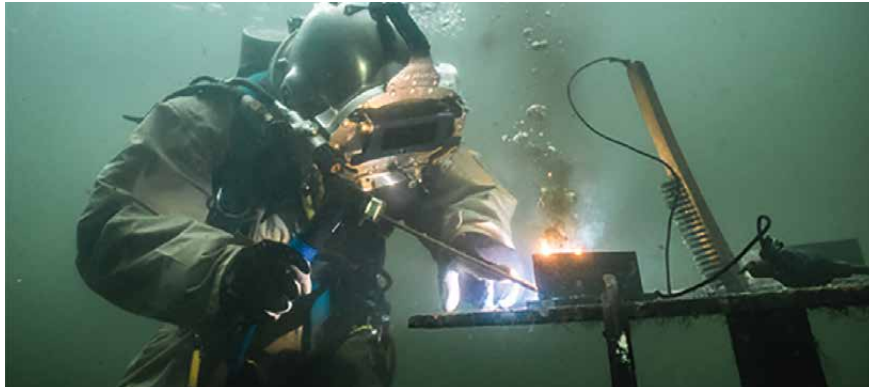
> atmosphärischer Druck

Umgebungsdruck an der Schweißstelle	Medium	Bezeichnung nach Medium und Druck	Bezeichnung nach Medium
> atmosphärischer Druck (hyperbar)	nass	Hyperbares, nasses Unterwasserschweißen	Nasses Unterwasserschweißen
	trocken	Hyperbares, trockenes Unterwasserschweißen	Trockenes Unterwasserschweißen
= atmosphärischer Druck	trocken	1-bar-Unterwasserschweißen	

## 2. CEWELD® AquaForce Elektroden wurden für Hyperbares, nasses Unterwasserschweißen entwickelt.

### 2.2 Nasses Unterwasserschweißen.

Direkter Kontakt von Lichtbogen und Werkstück mit dem Wasser.



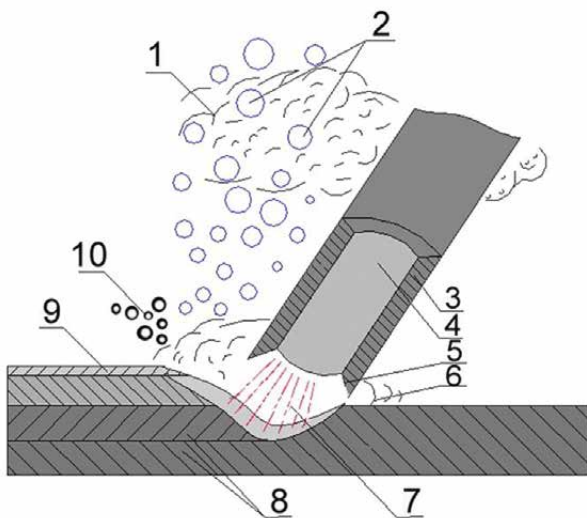
### 2.3 Die wichtigsten Fakten sind:

- Es ist die Schlüsseltechnologie für die Reparatur von Unterwasser-Stahlkonstruktionen die nicht ins Trockendock können.
- Das Schweißen wird Unterwasser durchgeführt und ist direkt der nassen Umgebung ausgesetzt.
- Die größere Flexibilität macht effektiver, effizienter und wirtschaftlicher als lange Aufenthalte in der Werft oder Aufwändiges evakuieren des Wassers.
- Die Versorgung erfolgt über Kabel und Schläuche die mit dem Schweißer verbunden sind.
- Eine vollständige Isolierung der Kabel und Schläuche ist unerlässlich, um die Gefahr eines Stromschlags zu vermeiden.
- SMAW (Shielded metal arc welding) ist eines der am häufigsten verwendeten Verfahren bei der Reparaturschweißung



## 2.4. Was prinzipiell zu beachten ist.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Vielseitigkeit.</li> <li>• Weniger kostspielig als das Trockenschweißen.</li> <li>• Schnelligkeit bei der Durchführung.</li> <li>• Keine Einhausungen notwendig.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnelles Abschrecken des Schmelzbades durch das umgebende Wasser.</li> <li>• Unterwasser ist die Handhabung des Lichtbogens eingeschränkt.</li> <li>• Wasserstoffversprödung verursacht oft Risse.</li> <li>• Schlechte Sicht erschwert die Kontrolle.</li> </ul>



1. Wasserdampf,
2. Gasblasen,
3. Spezialbeschichtung,
4. Kerndraht,
5. Umhüllung,
6. flüssiges Metall,
7. Lichtbogen,
8. Grundwerkstoff,
9. Schlacke,
10. Gas aus der Schmelze.

## 3. Schweißmetallurgie und Elektrodenentwicklung

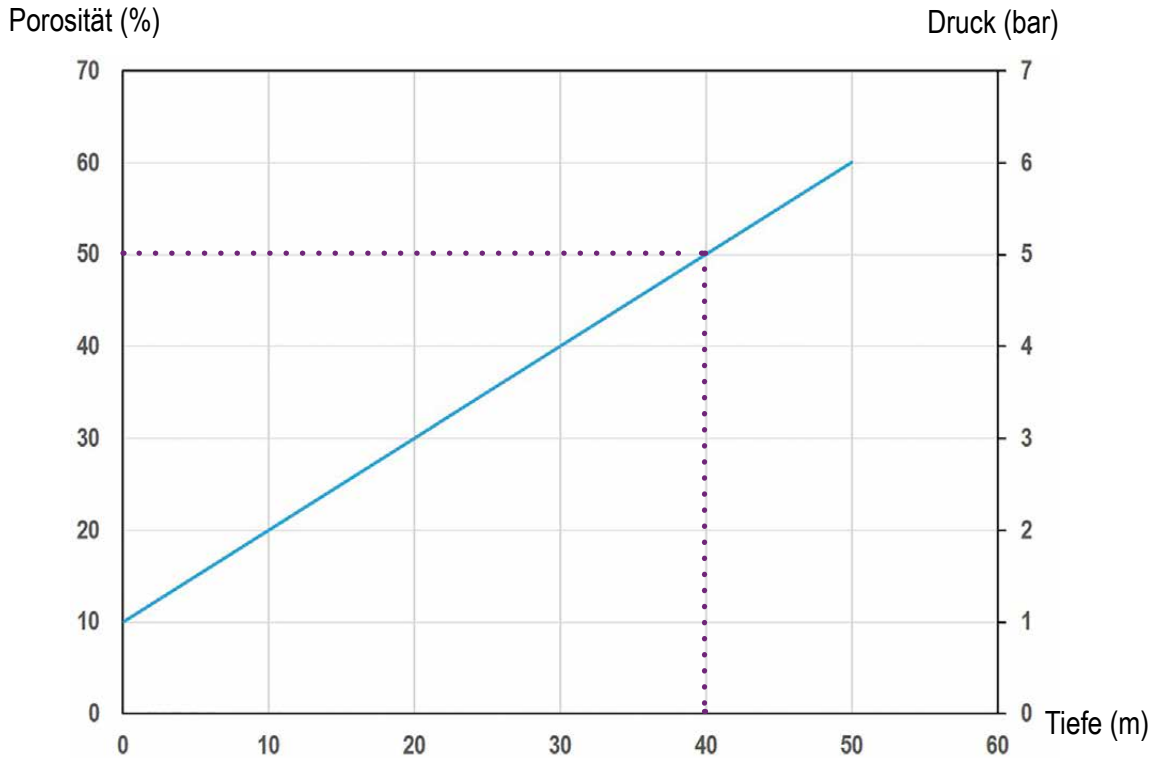
Beim Unterwasserschweißen mit umhüllten Stabelektroden spielen drei Hauptphänomene eine bestimmende Rolle für die chemische Zusammensetzung und die mechanischen Eigenschaften des Schweißgutes:

1. Aufgrund des umgebenden Wassers, welches auch im Lichtbogen gelöst wird, steigen der Wasserstoff- und der Sauerstoffgehalt zunächst im Lichtbogen und dann auch im Schweißgut auf relativ hohe Werte an. Zusätzlich ist zu beachten, dass dies proportional zur Wassertiefe ist und damit auch die Menge an Wasserstoff und Sauerstoff im Lichtbogen mit der Wassertiefe steigen kann.
2. Durch den Wasserdruck werden die metallurgischen Prozesse im Lichtbogen beeinflusst und verursachen eine Änderung der chemischen Zusammensetzung. Dies wird zudem durch den höheren Sauerstoffgehalt verursacht und noch verstärkt. Hier gilt ähnlich wie beim Schutzgasschweißen unter  $\text{CO}_2$  das Mn reduziert wird und sich  $\text{MnO}$  bildet. Ebenso gilt dies für Si und Ni.
3. Aufgrund des umgebenden Wassers ist die Wärmeableitung immer dreidimensional und die  $t_{8/5}$ -Zeit extrem kurz. Da außerdem eine Vorwärmung ziemlich kompliziert ist und schwierig in der Praxis durchzuführen, entstehen entsprechende Aufhärtungen im Schweißgut sowie im angrenzenden Grundmaterial (WEZ). Es entstehen unerwünschte Bainit- und Martensitgefüge.

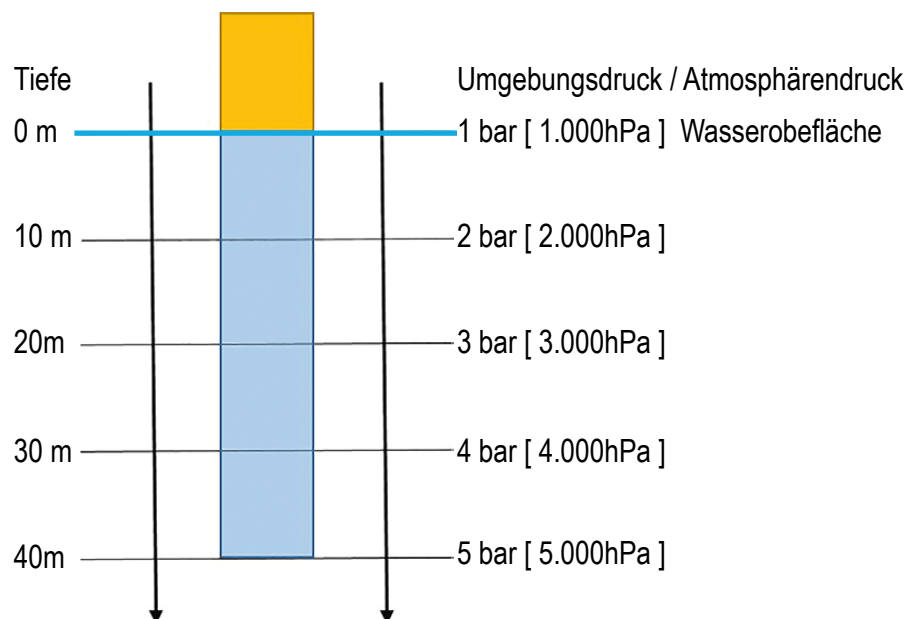
### 3.1 Auswirkungen:

- Wasser dissoziiert in Sauerstoff und Wasserstoff, der sich in der Schmelze auflöst. die Folge sind Gaseinschlüsse, Defekte, Porosität.
- Wassereinschlüsse, da sich nach einiger Zeit Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasserdampf verbindet

Das Diagramm zeigt die Abhängigkeit der Porosität von der Wassertiefe



Das Diagramm zeigt die Abhängigkeit des Drucks von der Wassertiefe

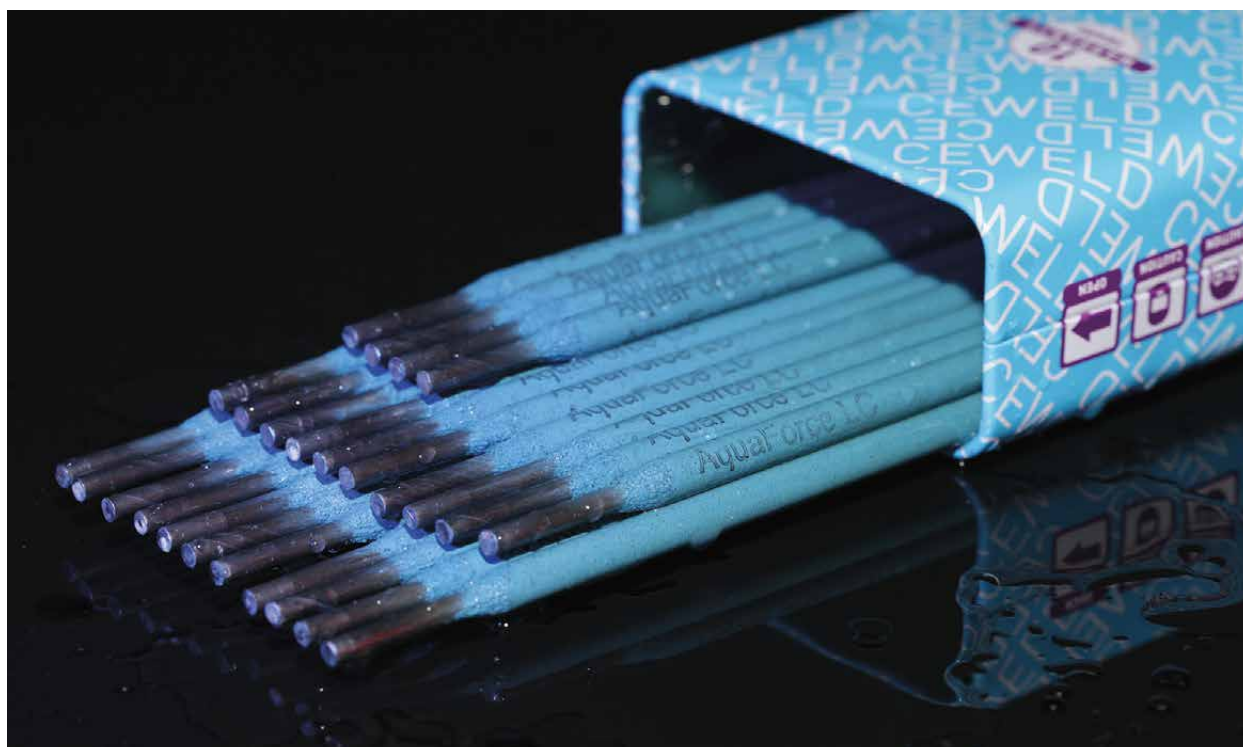
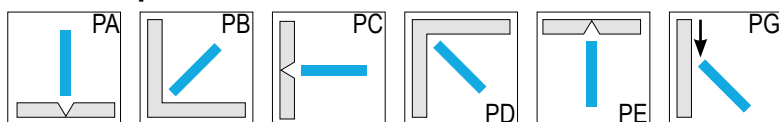


#### 4. Was unterscheidet die CEWELD® AquaForce von anderen Elektroden?

- AquaForce LC** Ist eine Unterwasserelektrode mit einer hochbasischen Umhüllung kombiniert mit einem extrem kohlenstoffarmen Kernstab.
- AquaForce HR** Ist eine Unterwasserelektrode, mit sehr hoher Abschmelzleistung, ohne Porosität. Ein a-Maße von mehr als 4,0 mm ist in einer Lage möglich.
- AquaForce MG** Ist eine Unterwasserelektrode, die eine bemerkenswert feinschuppige Schweißnahtoberfläche zeigt, ohne Porosität mit selbstlösender Schlacke.

Alle Elektroden sind für die folgenden Schweißpositionen geeignet:

#### Schweißpositionen:



#### Haftungsausschluss für die folgenden Informationen:

Obwohl alle zumutbaren Anstrengungen unternommen wurden, um die Richtigkeit der enthaltenen Informationen zu gewährleisten, werden die hier enthaltenen oder anderweitig referenzierten Informationen nur als „typisch“ ohne Garantie oder Gewährleistung dargestellt, und jegliche Haftung, die sich aus dem Vertrauen darauf ergibt, wird ausdrücklich ausgeschlossen. Typische Daten sind solche, die beim Schweißen und Testen in Übereinstimmung mit vorgeschriebenen Normen erhalten werden, und sollten nicht als die erwarteten Ergebnisse in einer bestimmten Anwendung oder Schweißung angenommen werden. Andere Tests und Verfahren können zu anderen Ergebnissen führen. Den Anwendern wird empfohlen, die Eignung von Schweißzusätzen und -Verfahren vor dem Einsatz in der vorgesehenen Anwendung durch Eignungsprüfungen oder andere geeignete Mittel zu bestätigen.

Die Auswahl und Verwendung spezifischer Produkte liegt ausschließlich in der Kontrolle des Kunden und liegt in dessen alleiniger Verantwortung. Das Recht, das Design und/oder die Spezifikationen ohne Vorankündigung zu ändern, ist vorbehalten.

## 5. Technische Daten der CEWELD® AquaForce Elektroden

### 5.1 CEWELD® AquaForce LC

<b>NORMEINSTUFUNG</b>	EN ISO 2560-A: E 42 2 RB 4 1
	DIN 2302 : E 42 2 Z RB 10 fr (PA,PB,PC,PD,PE,PG)
	AWS 5.1 : E 7016
	AWS 5.35 : UWE 7016 3A

#### TYPISCHE ANALYSE DES REINEN SCHWEISSGUTES (%)

C	Mn	Si	P	S
0,05	0,45	0,2	< 0,025	< 0,025

#### TYPISCHE GÜTEWERTE DES REINEN SCHWEISSGUTES NACH ISO

Rp0,2 MPa (ksi)	Rm MPa (ksi)	Kerbschlagarbeit J (ft-lbf) ISO-V		
		20°C (-4°F)	0°C (0°F)	-20°C (-4°F)
> 420 (67)	500 - 640 (78 - 95)	--	> 36 (27)	> 27 (20)

Alle Werte wurden ohne vorherige Wärmebehandlung ermittelt

### 5.2. CEWELD® AquaForce LC Vorteile

- Die erste Unterwasserelektrode mit basischer Umhüllung und extrem niedrigem C-Gehalt
- Einfach umhüllte Elektrode mit einer zusätzlichen Beschichtung, mit hoher Isolierwirkung und hervorragendem Schutz gegen Wasser.
- Niedriger Sauerstoffgehalt im Schweißgut
- Höhe Kerbschlagzähigkeit
- Gute Duktilität
- Geringer Wasserstoffgehalt im Schweißgut
- Geringere Härte in der Schmelzlinie ( WEZ )
- Keine Porosität
- Exzellente Überkopf-Verschweißbarkeit



### 5.3 CEWELD® AquaForce HR technische Daten

<b>NORMEINSTUFUNG</b>	EN ISO 2560-A: E 42 0 R 4 1
	DIN 2302 : E 42 0 R 10 fr (PA,PB,PC,PD,PE,PG)
	AWS 5.1 : E 7014
	AWS 5.35 : UWE 7014 3A

#### TYPISCHE ANALYSE DES REINEN SCHWEISSGUTES (%)

C	Mn	Si	P	S
0,075	0,75	0,6	< 0,025	< 0,025

#### TYPISCHE GÜTEWERTE DES REINEN SCHWEISSGUTES NACH ISO

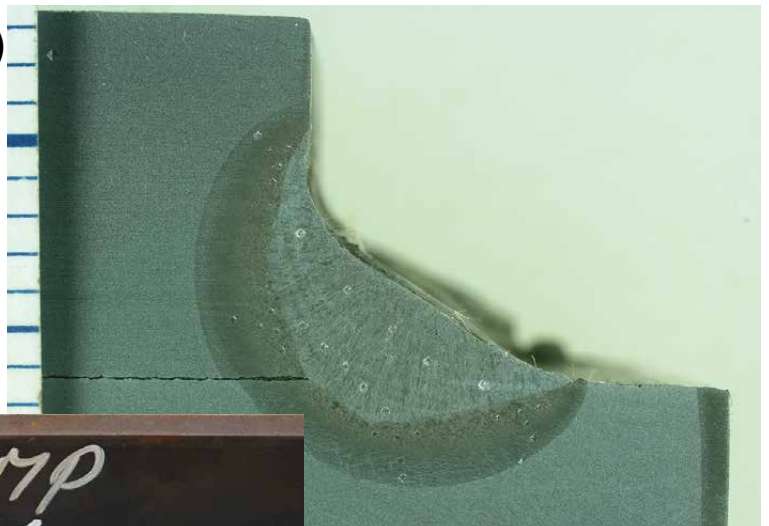
Rp0,2 MPa (ksi)	Rm MPa (ksi)	Kerbschlagarbeit J (ft-lbf) ISO-V		
		20°C (-4°F)	0°C (0°F)	-20°C (-4°F)
> 420 (67)	500 - 640 (78 - 95)	> 47 (35)	> 36 (27)	--

Alle Werte wurden ohne vorherige Wärmebehandlung ermittelt

### 5.4 CEWELD® AquaForce HR Vorteile

- Flache Kehlnähte bis zu einem a-Maß von 4 mm in einer Lage mit sehr gutem Einbrand möglich
- Doppelt umhüllte Elektrode mit zusätzlicher Beschichtung, dadurch maximale Beständigkeit gegen Feuchtigkeitsaufnahme
- Exzellente Fallnahteigenschaften (PG / 3Fd)
- Gute Kerbschlagzähigkeit
- Sehr gute Duktilität
- Geringer Wasserstoffgehalt im Schweißgut
- Geringere Härte in der Schmelzlinie ( WEZ )
- Keine Porosität
- Höhere Ausbringung dadurch 35% mehr Leistung

Makro einer Kehlnaht fallend (PG/3Fd) mit sehr gutem Einbrand



Kehlnaht fallend (PG / 3Fd) in 1 2 3 Lagen



### 5.5 CEWELD® AquaForce MG technische Daten

<b>NORMEINSTUFUNG</b>	EN ISO 2560-A: E 42 0 RR 4 1
	DIN 2302 : E 42 0 Z RR 10 fr (PA,PB,PC,PD,PE,PG)
	AWS 5.1 : E 6013
	AWS 5.35 : UWE 6013 3A

#### TYPISCHE ANALYSE DES REINEN SCHWEISSGUTES (%)

C	Mn	Si	P	S
0,08	0,60	0,40	< 0,025	< 0,025

#### TYPISCHE GÜTEWERTE DES REINEN SCHWEISSGUTES NACH ISO

Rp0,2 MPa (ksi)	Rm MPa (ksi)	Kerbschlagarbeit J (ft-lbf) ISO-V		
		20°C (-4°F)	0°C (0°F)	-20°C (-4°F)
> 420 (67)	500 - 640 (78 - 95)	--	> 36 (27)	--

Alle Werte wurden ohne vorherige Wärmebehandlung ermittelt

### 5.6 CEWELD® AquaForce MG Vorteile

- Flache Kehlnähte bis zu einem a-Maß von 4 mm in einer Lage mit sehr gutem Einbrand möglich
- RR Typ, dick umhüllte Rutil Elektrode mit einer zusätzlichen Spezialbeschichtung, für maximale Beständigkeit gegen Feuchtigkeitsaufnahme.
- Exzellente Fallnahteigenschaften (PG / 3Fd).
- Sehr leicht ablösbare Schlacke.
- Gute Kerbschlagzähigkeit
- Sehr gute Duktilität
- Geringer Wasserstoffgehalt im Schweißgut
- Geringere Härte in der Schmelzlinie
- Keine Porosität

Makro eines reinen Schweißgutes ohne Poren



Decklagen mit feinschuppiger Nahtoberfläche ohne Porosität oder Einschlüssen

## 6 Was ist noch zu beachten?

### 6.1 Welche Anforderungen an die Stromquelle empfehlen wir:

Leistung:	350 A bei 60 % ED
Max. Leerlaufspannung OCV:	< 65 Volt ( Nationale Regeln sind zu beachten )
Spannungsbereich im CV Modus:	10 - 38 Volt
Amperebereich im CC Modus:	5 - 425 Ampere

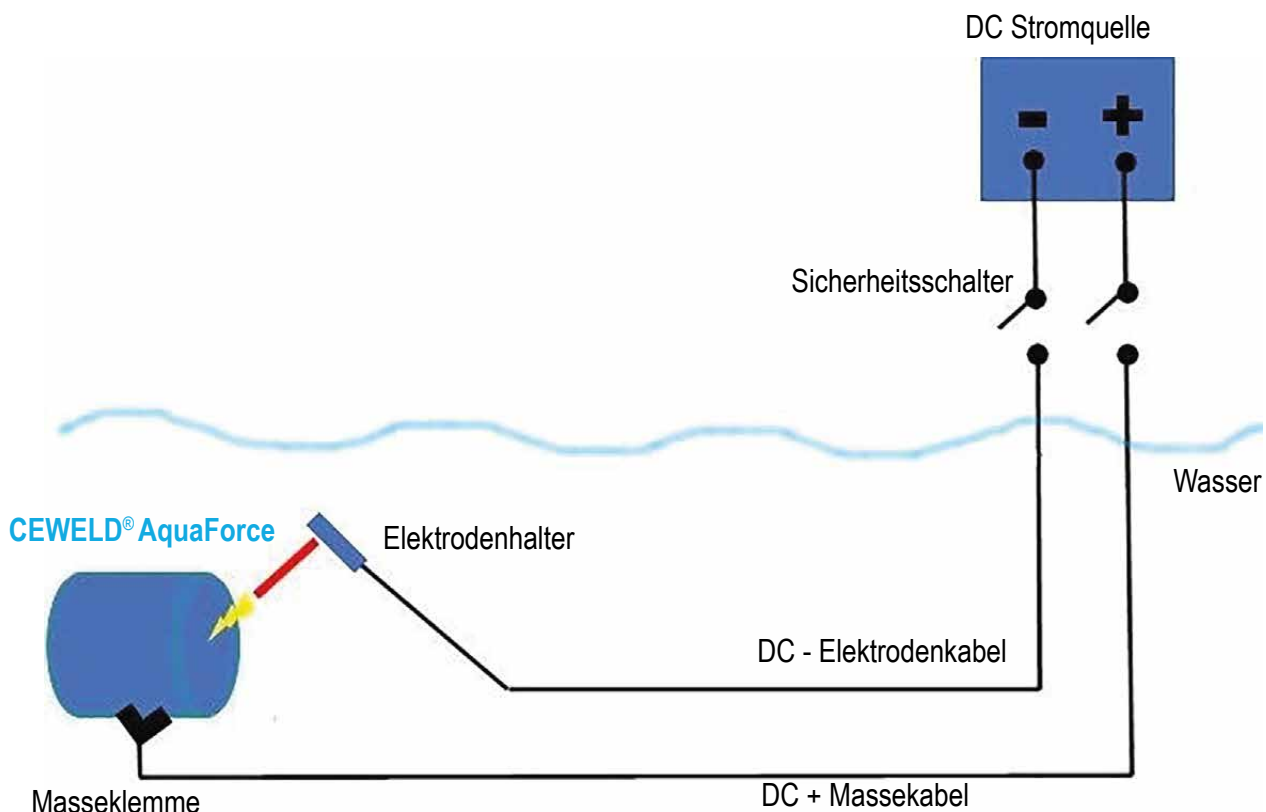
Fallnahtsicher

Uneingeschränkter Generatorbetrieb und Anschluss an langen Netzzuleitungen

Robuster baustellengerechter Aufbau, Stoßgesichertes Gehäuse

### 6.2 Was ist beim schweißen zu beachten:

- Anstellwinkel der Elektrode: sollte etwa 70 Grad sein
- Strombereich: 130 - 220 Ampere, je nach Durchmesser
- Es werden Standard-DC-Wechselrichtermaschinen verwendet, die einen eingebauten elektrischen OCV-Reduktionsschalter aufweisen, um beim Einschalten einen OCV von Null zu gewährleisten. Wenn der Schweißer das Werkstück berührt, wird der OCV-Schalter aktiviert und der OCV erhöht sich, damit der Schweißer einen Lichtbogen zünden und mit dem Schweißen beginnen kann.



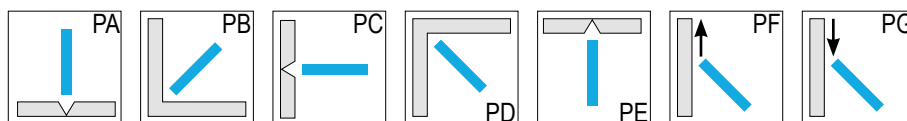
## 7. Normen:

### LEITFADEN ZUR DIN 2302: UMHÜLLTE STABELEKTRODEN ZUM LICHTBOGENHANDSCHWEISSEN VON UNLEGIERTEN STÄHLEN UND FEINKORNSTÄHLEN IN NASSER ÜBERDRUCKUMGEBUNG

Symbol	Zugfestigkeit MPa	Streckgrenze min. MPa
35	440-570	355
38	470-600	380
42	500-640	420

PA = Wannenposition  
 PB = Horizontal-Vertikalposition  
 PC = Querposition  
 PD = Horizontal-Überkopfposition  
 PE = Überkopfposition  
 PF = Steigposition  
 PG = Fallposition

Symbole für Schweißposition gemäß ISO 6947



E = Umhüllte Elektrode für manuellen schweißen

<b>E</b>	<b>42</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>B</b>	<b>6</b>	<b>(PA,PG,PD)</b>	<b>sa</b>
----------	-----------	----------	----------	----------	----------	-------------------	-----------

Symbol	Kerbschlagarbeit Temp °C für 27J min.
Z	Keine Anforderung
A	20
0	0
2	-20

Symbol	Umhüllungstyp
R	Rutile
RR	Rutile (dick umhüllt)
RA	Rutil-Sauer
RB	Rutil-Basisch
B	Basisch

**Symbol für den Salzgehalt des Wassers**  
 Die Prüfbedingungen, unter denen die Klassifizierungsanforderungen erfüllt wurden, werden durch die folgenden Symbole angegeben:  
 - sa Salzwasser  
 - fr Süßwasser (sweet water).  
 Prüfungen in Süßwasser schließen Prüfungen in Salzwasser ein, aber nicht umgekehrt.

**ANMERKUNG**  
 Der Salzgehalt des Wassers verbessert die Zündeigenschaften aufgrund der besseren Ionisierung.

Symbol	Chemische Zusammensetzung des Schweißgutes, % *		
	Mn	Mo	Ni
Kein Symbol	2.0	-	-
Mo	1,40	0.3 - 0.6	-
MnMo	1.4 - 2.0	0.3 - 0.6	-
1Ni	1,40	-	0.6 - 1.2
Z	Alle anderen vereinbarten Analysen		

**Symbol für Wassertiefe**  
 Die mittlere Wassertiefe in m, bei der die Schweißung durchgeführt wurde, ist als Symbol ohne Einheit anzugeben. Die Tiefe ist an der Prüfnah mit einer Genauigkeit von ± 250 mm zu messen. Die größte Tiefe ist am tiefsten Punkt der Prüfnah zu messen und die kleinste Tiefe am höchsten Punkt der Prüfnah.

## LEITFADEN ZUR AWS A5.35: UMHÜLLTE STABELEKTRODEN FÜR DAS NASSE LICHTBOGENHANDSCHWEISSEN UNTERWASSER

### Vorwort :

Die Schweißelektroden, die unter diese Spezifikation fallen, werden nach dem folgenden System klassifiziert:

- (1) Stromart
- (2) Schweißzusatzwerkstofftyp nach allgemeiner chemischer Zusammensetzung
- (3) AWS-Klassifizierung der Elektrode nach AWS-Spezifikation, falls zutreffend
- (4) Güte des Schweißgutes (Y), basierend auf Festigkeit und mechanischen Eigenschaften
- (5) Schweißnahtposition (Z)

### Elektrodenklassifizierungen:

Klassifizierung		Typ des Stroms	Allgemeine chemische Zusammensetzung von Schweißzusatzwerkstoffen
A5.35	5.35M		
UWE60XX-YZ	UWE43XX-YZ	Elektrode positiv oder negativ	Ferritische Stähle
UWE70XX-YZ	UWE49XX-YZ	Elektrode positiv oder negativ	Ferritische Stähle
UWE3XX-16-YZ	UWE3XX-16-YZ	Elektrode positiv	Austenitische rostfreie Stähle
UWENiXX-YZ	UWENiXX-YZ	Elektrode positiv	Nickel-Legierungen

### Elektrodenklassifizierungen und Bezeichnungen nach Spezifikation und Eigenschaften:

Klassifizierung		Festigkeit des Schweißgutes/mechanische Eigenschaften (Y) <sup>a</sup>	AWS-Spezifikation <sup>b</sup>
A5.35	5.35M		
UWE60XX-YZ	UWE43XX-YZ	1, 2 oder 3	A5.1/A5.1M
UWE70XX-YZ	UWE49XX-YZ	1, 2 oder 3	A5.1/A5.1M
UWE3XX-16-YZ	UWE3XX-16-YZ	1, 2 oder 3	A5.4/A5.4M
UWENiXX-YZ	UWENiXX-YZ	1, 2 oder 3	Keine anwendbare AWS-Spezifikation

a Siehe Tabelle zur Bestimmung der "Level"-Kennzeichnung auf der Grundlage von Test- und Untersuchungsergebnissen.

b Wenn eine Elektrode (**an der Oberfläche verwendet, ohne Hilfs umhüllung**) alle Anforderungen einer anwendbaren AWS-Spezifikation und -Klassifizierung erfüllt, einschließlich der Anforderungen an die chemische Zusammensetzung und die mechanischen Eigenschaften, so ist dies durch die Bezeichnung "E" der Klassifizierungsnummer anzugeben (z. B. E6013 für AWS A5.1/A5.1M und E310 für AWS A5.4/A5.4M). Entspricht eine Elektrode nicht einer bestimmten AWS-Spezifikation, so gibt die "E"-Bezeichnung das primäre Legierungselement, gefolgt von "XX" (z. B. ENiXX).

### Prüfanforderungen <sup>a,b</sup>:

Klassifizierung		Sichtprüfung	Die Magnetpulverprüfverfahren	Farbeindringverfahren	Durchstrahlungsverfahren
A5.35	5.35M				
UWE60XX-YZ	UWE43XX-YZ	Erforderlich	Erforderlich	NE	Erforderlich
UWE70XX-YZ	UWE49XX-YZ	Erforderlich	Erforderlich	NE	Erforderlich
UWE3XX-16-YZ	UWE3XX-16-YZ	Erforderlich	NE	Erforderlich	Erforderlich
UWENiXX-YZ	UWENiXX-YZ	Erforderlich	NE	Erforderlich	Erforderlich

a Der Prüfaufbau muss den Angaben in AWS entsprechen.

b NE = Nicht Erforderlich.

c Die visuellen Prüfverfahren sind in AWS D3.6M festgelegt.

d Die Magnetpulverprüfverfahren müssen der ASTM E709 entsprechen.

e Farbeindringverfahren müssen der ASTM E165 entsprechen. ( Rot/Weiß)

f Die Durchstrahlungsverfahren müssen der ASTM E94 entsprechen.

### Testanforderungen <sup>a,b</sup> Reines Schweißgut:

Klassifizierung		Zugfestigkeit	Kerbschlagarbeit	Chemische Analyse
A5.35	5.35M			
UWE60XX-YZ	UWE43XX-YZ	Erforderlich	Erforderlich	Erforderlich
UWE70XX-YZ	UWE49XX-YZ	Erforderlich	Erforderlich	Erforderlich
UWE3XX-16-YZ	UWE3XX-16-YZ	Erforderlich	NE	Erforderlich
UWENiXX-YZ	UWENiXX-YZ	Erforderlich	NE	Erforderlich

a Der Prüfaufbau muss wie in AWS dargestellt sein.

b Siehe zusätzliche Prüfanforderungen.

c NR = Nicht Erforderlich.

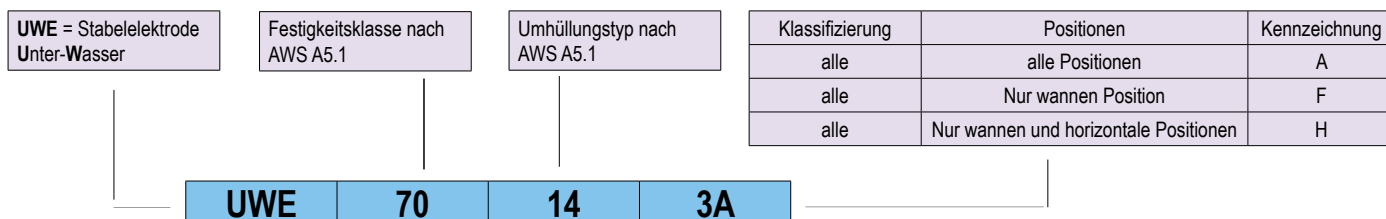
d Die Prüfverfahren müssen mit AWS B4.0 oder AWS B4.0M und den darin angegebenen Referenzdokumenten übereinstimmen.

e Die Prüfverfahren müssen mit ASTM E415, ASTM E353, ASTM E354 oder einer anderen anwendbaren ASTM-Norm übereinstimmen.

## LEITFADEN ZUR AWS A5.35: UMHÜLLTE STABELEKTRODEN FÜR DAS NASSE LICHTBOGENHANDSCHWEISSEN UNTERWASSER

- Beispiel:**
- (1) **UWE6013-2A:** Ferritische Stabelektrode, ähnlich der E6013-Klassifizierung der **AWS A5.1**, die den Qualitätsstandards der Stufe 2 erfüllt, geeignet für das Schweißen in allen Positionen.
  - (2) **UWE7014-1F:** Ferritische Stabelektrode, ähnlich der E7014-Klassifizierung von **AWS A5.1**, erfüllt den Qualitätsstandards der Stufe 1, nur für die flache Position geeignet.
  - (3) **UWE310-16-3H:** Elektrode aus austenitischem nichtrostendem Stahl, ähnlich der Klassifizierung E310-16 nach **AWS A5.4**, erfüllt die Qualitätsnormen der Stufe 3, nur für Flach- und Horizontalschweißungen geeignet.
  - (4) **UWENiXX-1A:** Nickelelektrode, erfüllt die Qualitätsnormen der Stufe 1, geeignet für das Schweißen in allen Positionen.

### Beispiel Klassifizierung **CEWELD® AquaForce HR** nach **AWS 5.35**

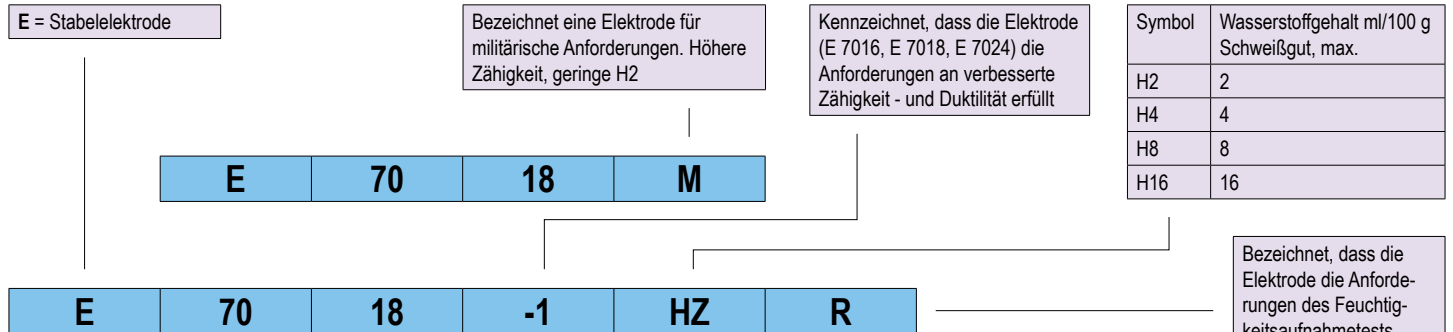


Anforderungen an die Bewertung Für Level (Y) Benennung	UWE60XX-YZ [UWE43XX-YZ]	UWE70XX-YZ [UWE49XX-YZ]	UWE3XX-16-YZ	UWENiXX-YZ
Chemische Analyse	1 )	1 )	1 )	1 )
Sichtprüfung Level 1 / 2 / 3	2 )	2 )	2 )	2 )
Magnetpulverprüfung Level 1 / 2 / 3	MIL-STD-2035A Klasse 2	MIL-STD-2035A Klasse 2	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar
Farbeindringprüfung Level 1 / 2 / 3	Nicht erforderlich	Nicht erforderlich	MIL-STD-2035A Klasse 2	MIL-STD-2035A Klasse 2
Röntgenprüfung Level 1	MIL-STD-2035A Klasse 3	MIL-STD-2035A Klasse 3	MIL-STD-2035A Klasse 3	MIL-STD-2035A Klasse 3
Röntgenprüfung Level 2	3 )	3 )	3 )	3 )
Röntgenprüfung Level 3	AWS D3.6M Klasse B	AWS D3.6M Klasse B	AWS D3.6M Klasse B	AWS D3.6M Klasse B
Zugfestigkeit (ksi [MPa]), min. Level 1 / 2 / 3	60 [430]	70 [490]	75 [520]	85 [590]
Streckgrenze (ksi [MPa]), min. Level 1	48 [330]	51 [350]	50 [340]	65 [450]
Streckgrenze (ksi [MPa]), min. Level 2 / 3	46 [320]	46 [320]	Nicht erforderlich	Nicht erforderlich
Dehnung (%) in 2 in [50 mm], min. Level 1	8	8	8	8
Dehnung (%) in 2 in [50 mm], min. Level 2	6	6	6	6
Dehnung (%) in 2 in [50 mm], min. Level 3	4	4	4	4
Einschnürung (%)	Dokumentiert nur zur Information	Dokumentiert nur zur Information	Dokumentiert nur zur Information	Dokumentiert nur zur Information
Durchschnittliche Kerbschlagarbeit. (ft-lb bei 28F [-2°C]), min. Level 1	4 ) 30 ft-lbf.[50 Joule]	4 ) 30 ft-lbf.[50 Joule]	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar
Durchschnittliche Kerbschlagarbeit. (ft-lb bei 28F [-2°C]), min. Level 2	4 ) 25 ft-lbf.[40 Joule]	4 ) 25 ft-lbf.[40 Joule]	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar
Durchschnittliche Kerbschlagarbeit. (ft-lb bei 28F [-2°C]), min. Level 3	4 ) 15 ft-lbf.[20 Joule]	4 ) 15 ft-lbf.[20 Joule]	Nicht anwendbar	Nicht anwendbar

**Anmerkungen:**

- 1) Die chemische Zusammensetzung muss den Anforderungen der anwendbaren Schweißzusatzwerkstoff-Spezifikation entsprechen.
- 2) Die Schweißnähte müssen den visuellen Abnahmekriterien für AWS D3.6M Klasse B Schweißnähte entsprechen.
- 3) Die Schweißnähte müssen die Anforderungen der Klasse 3 nach MIL-STD-2035A erfüllen, mit der Ausnahme, dass Porosität mit einem Durchmesser von weniger als 1/16 Zoll [1,5 mm] unberücksichtigt bleiben kann.
- 4) Die prozentuale Scherung und laterale Ausdehnung sind nur zur Information anzugeben.

LEITFADEN ZUR AWS A5.1: UMHÜLLTE KOHLENSTOFFSTAHL-STABELEKTRODEN ZUM LICHTBOGENHANDSCHWEISSEN VON UNLEGIERTEN STÄHLEN UND FEINKORNSTÄHLEN



AWS Klassifikation	Zugfestigkeit min.		Streckgrenze min.		Dehnung min. %	Kerbschlagarbeit J / °C	Schweißposition	Umhüllungstyp	Typ des Stroms	
	ksi	MPa	ksi	MPa					AC	DC
E 6010	60	430	48	330	22	27 / -30	1	Zellulose-Natrium	-	+pol
E 6011	60	430	48	330	22	27 / -30	1	Zellulose-Kalium	x	+ pol
E 6012	60	430	48	330	17	Keine Spez.	1	Rutil/Titan-Natrium	x	- pol
E 6013	60	430	48	330	17	Keine Spez.	1	Rutil/Titan-Kalium	x	+/- pol
E 6019	60	430	48	330	22	27 / -20	1	Rutil/Eisenoxid Titandioxid Kalium	x	+/- pol
E 6020	60	430	48	330	22	Keine Spez	2	Sauer / Hoch Eisenoxid	x	c) +/- pol
E 6022	60	430	Keine Spez..	Keine Spez.	Keine Spez.	Keine Spez	2	Sauer / Hoch Eisenoxid	x	- pol
E 6027	60	430	48	330	22	27 / -30	2	Sauer, hohe Rückgewinnung / hoher Eisenoxidanteil, Eisenpulver	x	c) +/- pol
E 7014	70	490	58	400	17	Keine Spez	1	Rutil / Eisenpulver, Titandioxid	x	+/- pol
E 7014	70	490	58	400	17	Keine Spez	1	Rutil / Eisenpulver, Titandioxid	x	+/- pol
E 7015	70	490	58	400	22	27 / -30	1	Basisch / Wasserstoffarmes Natrium	-	+pol
E 7016	70	490	58	400	22	27 / -30	1	Basisch / Wasserstoffarmes Kalium	x	+ pol
E 7018	70	490	58	400	22	27 / -30	1	Basisch / Wasserstoffarmes Kalium, Eisenpulver	x	+ pol
E 7018 M	a)	490	b)	b)	24	67 / -30	1	Basisches / wasserstoffarmes Eisenpulver	-	+pol
E 7024	70	490	58	400	17	Keine Spez	2	Rutil, hohe Ausbringung / Eisenpulver, Titandioxid	x	+/- pol
E 7027	70	490	58	400	22	27 / -30	2	Sauer, hohe Ausbeute / Hochwertiges Eisenoxid, Eisenpulver	x	c) +/- pol
E 7028	70	490	58	400	22	27 / -20	2	Basisch, hohe Ausbringung Wasserstoffarmes Kalium, Eisenpulver	x	+pol
E 7048	70	490	58	400	22	27 / -30	4	Basisch / Wasserstoffarmes Kalium, Eisenpulver	x	+ pol

A 5.1	USN	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	
E 6010	W06010	0,20	1,2	1,00	N.S.	N.S.	0,30	0,20	0,30	0,08	N.S.
E 6011	W06011										
E 6012	W06012										
E 6013	W06013										
E 6019	W06019										
E 6020	W06020										
E6027	W06027										
E 6018	W06018	0,03	0,60	0,40	0,025	0,15	0,30	0,20	0,30	0,08	N.S.
E 7015	W07015	0,15	0,125	0,90	0,035	0,035	0,30	0,20	0,30	0,08	1,50
E 7016	W07016	0,15	1,60	0,75	0,035	0,035	0,30	0,20	0,30	0,08	1,75
E 7018	W07018	0,15	1,60	0,75	0,035	0,035	0,30	0,20	0,30	0,08	1,75
E 7014	W07014	0,15	1,25	0,90	0,035	0,035	0,30	0,20	0,30	0,08	1,50
E 7024	W07024	0,15	1,25	0,90	0,035	0,035	0,30	0,20	0,30	0,08	1,50
E 7027	W07027	0,15	1,60	0,75	0,035	0,035	0,30	0,20	0,30	0,08	1,75
E 7028	W07028	0,15	1,60	0,90	0,035	0,035	0,30	0,20	0,30	0,08	1,75
E7048	W07048										
E 7018M	W07018	0,12	0,4-1,6	0,80	0,030	0,20	0,25	0,15	0,35	0,05	N.S.

Symbol	Schweißpositionen
1	Alle Positionen außer Fallend F,V,OH,H
2	Horizontal und H-V Kehlnaht
4	Alle Positionen außer in der Vertikalen, nur V-fallend

**AUSFÜHRUNGSKLASSEN FÜR DAS NASSE UNTERWASSERSCHWEISSEN.**

Klasse	UA	UB	UC	UD	
Art der Einwirkung	nicht tragende Bauteile (z. B. Dichtnähte)	Tragwerke, vorwiegend ruhend beansprucht, Wassertiefe bis 20 m	Tragwerke, vorwiegend ruhend beansprucht, Wassertiefe über 20 m <sup>1)</sup>	Tragwerke, nicht vorwiegend ruhend beansprucht <sup>2)</sup>	
Qualitätsanforderungen nach	DIN EN ISO 3834-4	DIN EN ISO 3834-3	DIN EN ISO 3834-2		
Unterwasserschweißer	Geprüfte Unterwasserschweißer (mindestens 2 fest angestellte) nach DIN EN ISO 15618-1 oder AWS D 3.6M. Der Geltungsbereich der Prüfung muss dem Einsatzbereich des Schweißers/Bedieners entsprechen. Eine Ausbildung und Prüfung für das Schweißen unter atmosphärischen Bedingungen (nach DIN EN 287-1 bzw. DIN EN ISO 9606-1) befähigen nicht zum Schweißen in nasser Umgebung.				
Schweißanweisung, Arbeitsprüfung, Schweißverfahrensprüfung	Eine Schweißanweisung (WPS nach DIN EN ISO 15609-1) ist erforderlich.				
	Für Stähle mit Streckgrenzen > 360 N/mm <sup>2</sup> ist die Methode der Anerkennung von vorläufigen Schweißanweisungen über DIN EN ISO 15613 (Arbeitsprüfung), bzw. DIN EN ISO 15614-1 (Schweißverfahrensprüfung) zu wählen. Weicht die Nahtform am Bauteil von der Nahtform der Schweißverfahrensprüfung oder Arbeitsprüfung ab, ist diese erneut über eine Arbeitsprüfung nachzuweisen. <b>Eine Arbeitsprüfung ist auch bei Streckgrenzen ≤ 360 MPa durchzuführen, wenn das Kohlenstoff äquivalent CEV 3) &gt; 0,40 beträgt.</b>				
Stufe der technischen Kenntnisse der Schweißaufsichtsperson nach DIN EN ISO 14731	keine besonderen Anforderungen	Technische Basiskennnisse Schweißfachmann nach DVS-IIW 1170	Spezielle technische Kenntnisse Schweißtechniker nach DVS-IIW 1170	Umfassende technische Kenntnisse Schweißfachingenieur nach DVS-IIW 1170	
		oder Personen mit vergleichbarer, ausreichender und nachzuweisender, praktischer Erfahrung			
		Die Schweißaufsichtsperson muss im herstellenden Betrieb fest angestellt sein und die unter Abschnitt 5.2.2 aufgeführten Anforderungen für die Qualifizierung als Schweißaufsichtsperson für das Unterwasserschweißen erfüllen. In den Klassen UC und UD ist der Einsatz einer externen Schweißaufsichtsperson möglich, wenn die Bedingungen nach Abschnitt 5.2.2.1 erfüllt werden.			
<p>1) Alle vorwiegend ruhend beanspruchten Bauteile für Konstruktionen, die nach den Stahlbaugrundnormen bemessen sind.</p> <p>2) Alle Bauteile der Klasse UC und Bauteile, die besondere Kenntnisse über Ermüdungsfestigkeit der Verbindungen erfordern, z. B. Stahlwasserbauteile nach DIN 19704.</p> <p>3) Kohlenstoff äquivalent (Carbon Equivalent Value) nach IIW <math>CEV = C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15</math></p>					

Netherlands:  
Certilas Nederland BV  
Gloxinialaan 2  
6851 TG Huissen  
info@certilas.nl

Germany:  
Certilas GmbH  
Philipp-Mayer-Strasse 4  
DE 67304 Eisenberg / Pfalz  
Mail.GmbH@certilas.com

France:  
Certilas SAS  
10 rue Jean Lhomer  
78710 Rosny sur Seine  
France@certilas.com

[www.certilas.com](http://www.certilas.com)



EN-2023