

# Profi-Wissen

## Elektrodenschweißen

### Systemerläuterung

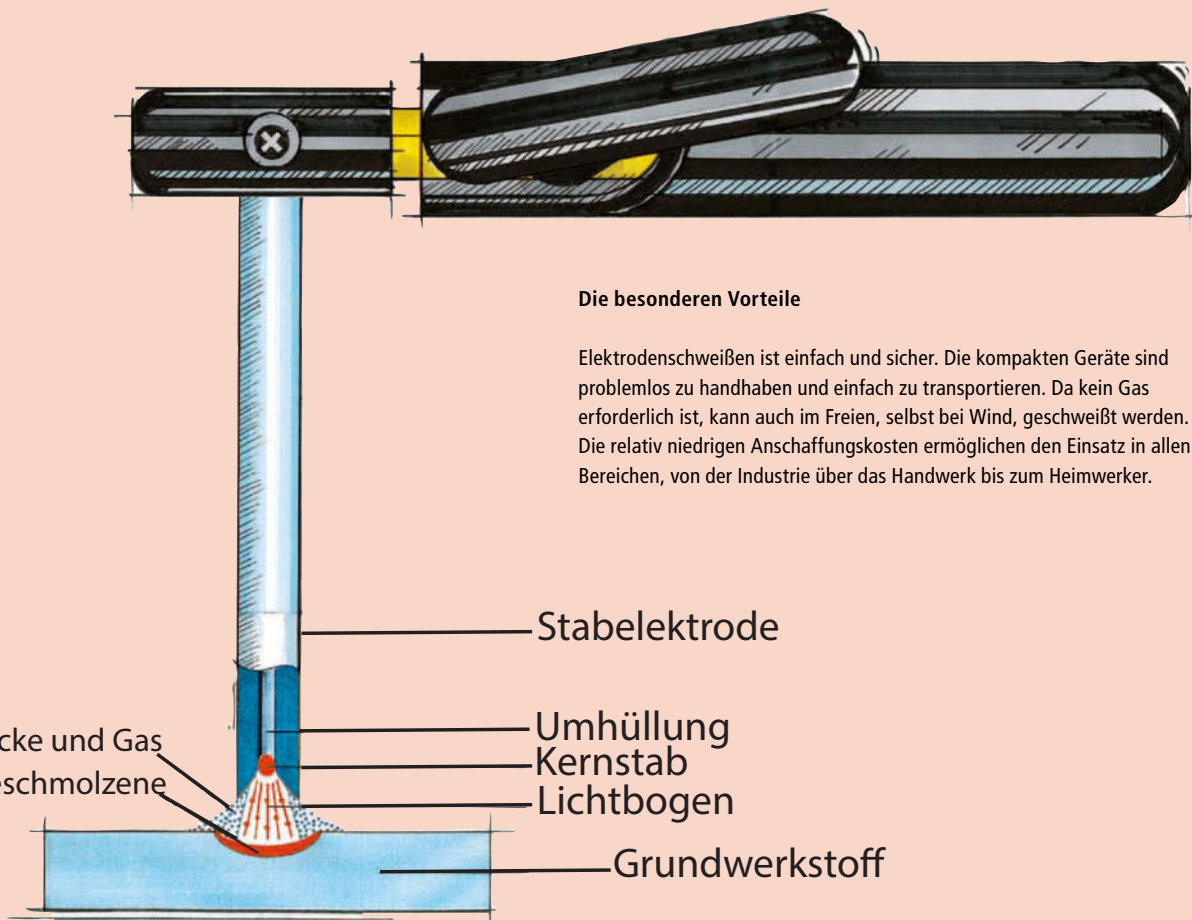
Beim Elektrodenschweißen (Lichtbogenhandschweißen) wird die Schweißwärme durch den elektrischen Lichtbogen erzeugt. Der Lichtbogen brennt zwischen dem Werkstück und einer abschmelzenden Elektrode. Die Elektrode liefert also gleichzeitig den Zusatzwerkstoff. Die Stabelektrode wird in einen Elektrodenhalter eingespannt und vom Schweißer an der Nahtstelle geführt. Stabelektroden sind im Allgemeinen umhüllt. Die Umhüllung schmilzt ebenfalls ab und schützt durch freiwerdende Gase und als Schlacke das Schmelzbad und den Lichtbogen vor dem Zutritt der Atmosphäre. Nach dem Erkalten des Schmelzbades wird die Schlacke entfernt.

### Die Geräte

Geräte mit S-Zeichen können auch unter erhöhter elektrischer Gefährdung eingesetzt werden. Schweißgleichrichter und Inverterschweißgeräte haben besonders gute Schweißbeigenschaften und sind daher auch für Sonderelektroden gut geeignet.

### Schweißbare Materialien

Fast alle schweißbaren Werkstoffe können mit Stabelektroden geschweißt werden, z. B. Baustahl, Kesselstahl, Röhrenstahl, Stahlguss, Edelstahl, Hartauftragungsstähle.



### Die besonderen Vorteile

Elektrodenschweißen ist einfach und sicher. Die kompakten Geräte sind problemlos zu handhaben und einfach zu transportieren. Da kein Gas erforderlich ist, kann auch im Freien, selbst bei Wind, geschweißt werden. Die relativ niedrigen Anschaffungskosten ermöglichen den Einsatz in allen Bereichen, von der Industrie über das Handwerk bis zum Heimwerker.

# Profi-Wissen

## Stabelektroden

### 1. Bezeichnungsbeispiel für umhüllte Stabelektroden nach EN ISO 2560-A:

Typen: z. B. Stabelektrode „PHOENIX 120 K“  
(Bezeichnung nach EN ISO 2560-A: E 42 5 B 3 2 H 5)

Vollständige Normbezeichnung  
Verbindliche Normbezeichnung (grau unterlegt)

E 42 5 B 3 2 H 5

Kurzzeichen für das Lichtbogenhandschweißen

Kennzahl	Mindeststreckgrenze <sup>1)</sup> N/mm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit N/mm <sup>2</sup>	Mindestbruchdrehung A <sub>5</sub> %
35	355	440 bis 570	22
38	380	470 bis 600	20
42	420	505 bis 640	20
46	460	530 bis 680	20
50	500	560 bis 720	18

<sup>1)</sup> Als Streckgrenze gilt die untere Streckgrenze R<sub>eL</sub>. Ist sie nicht ausgeprägt, dann ist die 0,2 % Dehngrenze Rp<sub>0,2</sub> zu wählen.

Kennbuchstabe/ Kennziffer	Mindest-Kerbschlagarbeit 47 J bei °C
Z	Keine Anforderung
A	+ 20
0	0
2	- 20
3	- 30
4	- 40
5	- 50
6	- 60

Der Mindestwert der Kerbschlagarbeit, der dem Kennbuchstaben/der Kennziffer zugeordnet ist, ist der Mittelwert von 3 ISO-V-Proben mit nur einem Einzelwert niedriger als 47 J, aber höher als 32 J. Wenn eine Stabelektrode für eine bestimmte Temperatur geeignet ist, ist sie folglich für jede höhere Temperatur verwendbar.

Kennzeichen	Höchstgehalt an diffusiblem Wasserstoff ml/100 g abgeschmolzenes Schweißgut
H 5	5
H 10	10
H 15	15

Kennziffer	Schweißposition
1	Alle Positionen
2	Alle Positionen, außer Fallnaht
3	Stumpfnah in Wannenposition Kehlnah in Wannen- und Horizontalposition
4	Stumpf- und Kehlnah in Wannenposition
5	Für Fallnaht und wie Kennziffer 3

Kennziffer	Ausbringung %	Stromart <sup>1)</sup>
1	< 105	Wechsel- u. Gleichstrom
2	< 105	Gleichstrom
3	> 105 ≤ 125	Wechsel- u. Gleichstrom
4	> 105 ≤ 125	Gleichstrom
5	> 125 ≤ 160	Wechsel- u. Gleichstrom
6	> 125 ≤ 160	Gleichstrom
7	> 160	Wechsel- u. Gleichstrom
8	> 160	Gleichstrom

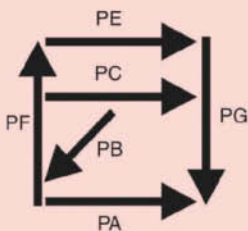
<sup>1)</sup> Um die Eignung für Wechselstrom nachzuweisen, müssen die Prüfungen mit einer Leerlaufspannung von max. 65 V durchgeführt werden.

Kurzzeichen	Art der Umhüllung
A	sauer-umhüllt
C	zellulose-umhüllt
R	rutil-umhüllt
RR	rutil-umhüllt (dick) <sup>1)</sup>
RC	rutilzellulose-umhüllt
RA	rutilsauer-umhüllt
RB	rutilbasisch-umhüllt
B	basisch-umhüllt

<sup>1)</sup> Verhältnis von Umhüllungs- zum Kernstabdurchmesser ≥ 1,6

### 2. Schweißpositionen

Die verschiedenen Schweißpositionen werden gemäß DIN EN ISO 6947 gekennzeichnet.  
Nachfolgend erhalten Sie eine Übersicht der Kennzeichnungen sowie die dazugehörige Beschreibung. Zur besseren Orientierung haben wir die alten Bezeichnungen gemäß DIN 1912 ebenfalls aufgeführt:



Schweißposition gemäß		Beschreibung
DIN EN ISO 6947	DIN 1912	
PA	W	Waagrechtes Schweißen von Stumpf- und Kehlnähten in Wannenpositionen
PB	h	Horizontales Schweißen von Kehlnähten (Normallage)
PC	q	Querposition
PE	ü	Überkopfposition
PF	s	Senkrecht steigend
PG	f	Senkrecht fallend

# Profi-Wissen

## Schweißpositionen nach EN ISO 6947 und ASME Code, section IX

### Strumpfnähte

**PA** Wannenposition  
ASME: 1G

**PC** Querposition  
ASME: 2G

**PE** Überkopposition  
ASME: 4G

**PG** Fallposition  
ASME: 3Gd

**PH** Rohr: fest waagrecht  
Schweißung: Steigposition  
pipe: fixed horizontal  
ASME: 5Gu

**PJ** Rohr: fest waagrecht  
Schweißung: Fallposition  
pipe: fixed horizontal  
ASME: 5Gd

**PC** Rohr: fest senkrecht  
Schweißung: Querposition  
pipe: pipe axis: fixed vertical  
ASME: 2G

**J-L045** Rohr: fest geneigt (z.B. 45°)  
Schweißung: fallend  
pipe: pipe axis: fixed inclined (e.g. 45°)  
ASME: 6Gd

**H-L045** Rohr: fest geneigt (z.B. 45°)  
Schweißung: steigend  
pipe: pipe axis: fixed inclined (e.g. 45°)  
ASME: 6Gu

Variable Achse / Variable axis

### Kehlnähte

**PA** Wannenposition  
ASME: 1F

**PB** Horizontalposition  
ASME: 2F

**PD** Horizontal-Überkopposition  
ASME: 4F

**PG** Fallposition  
ASME: 3Fd

**PH** Rohr: fest waagrecht  
Schweißung: Steigposition  
pipe: fixed horizontal  
ASME: 5Fu

**PJ** Rohr: fest waagrecht  
Schweißung: Fallposition  
pipe: pipe axis: fixed horizontal  
ASME: 5Fd

**PA** Rohr: rotierend geneigt  
Schweißung: Wannenposition  
pipe: pipe axis: rotating inclined  
ASME: 1FR

**PB** Rohr: fest senkrecht  
Schweißung: Horizontalposition  
pipe: pipe axis: fixed vertical  
ASME: 2F

**PB** Rohr: rotierend waagrecht  
Schweißung: Horizontalposition  
pipe: pipe axis: rotating horizontal  
ASME: 2FR

**PD** Rohr: fest senkrecht  
Schweißung: Horizontal-Überkopposition  
pipe: pipe axis: fixed vertical  
ASME: 4F

### Zwischenpositionen

**PA** Wannenposition / Flat position

**PB** Horizontalposition / Horizontal welding

**PC** Querposition / Transverse position

**PD** Horizontal-Überkopposition / Horizontal overhead position

**PE** Überkopposition / Overhead position

**PF** Steigposition / Vertical up position

**PG** Fallposition / Vertical down position

**PH** Steigposition (Rohr) / Vertical up position (Pipe)

**PJ** Fallposition (Rohr) / Vertical down position (Pipe)

**PK** Rohrposition für Orbital-Schweißen (ohne Abb.) / Tube position for orbital welding (no picture)

# Profi-Wissen

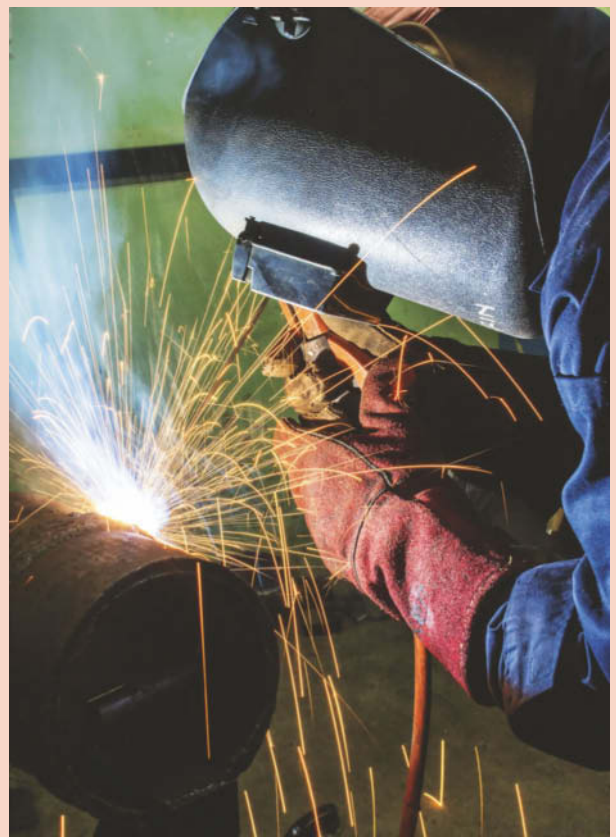
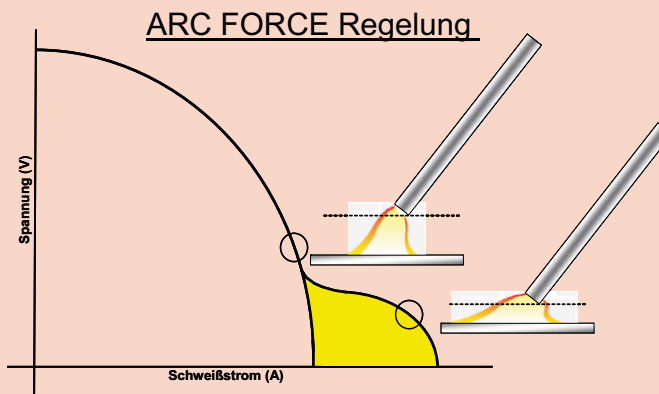
## Elektrodenschweißen

### Wichtige Funktionen

**ARC FORCE:**

Moderne E-Hand Inverter wie beispielsweise der FORMAT E 151 verfügen über eine ARC FORCE Regelung.

Als ARC FORCE Regelung bezeichnet man die dynamische Anpassung des Lichtbogens. Bei kürzer werdenden Lichtbogen wird der Schweißstrom erhöht. Bedarfsgerechte Reduzierung bzw. Abschaltung des Schweißstroms. Ein Erlöschen des Lichtbogens im Kurzschlussfall und Hohlbrennen der Elektrode wird vermieden.

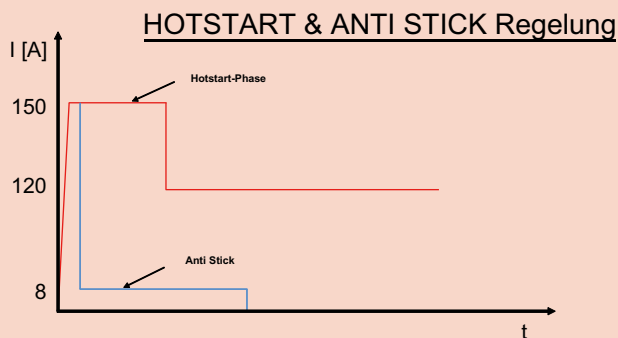


**Hot Start Funktion:**

Ein kurzzeitig erhöhter Schweißstrom beim Start erleichtert das Zünden des Lichtbogens.

**Anti Stick:**

Bedarfsgerechte Reduzierung des Schweißstroms. Diese Funktion verhindert das Ausglühen und "Klebenbleiben" der Stabelektrode.



FORMAT E151

# Profi-Wissen

## Elektrodenschweißen

### Rücktrocknung

Stabelektroden und Schweißpulver können in Abhängigkeit der Umhüllungs- bzw. der Kornzusammensetzung sowie der umgebenden Atmosphäre Feuchtigkeit aufnehmen. Die Notwendigkeit der Rücktrocknung dieser Schweißzusätze richtet sich nach dem Umhüllungs- bzw. Pulvertyp sowie der Streckgrenze und Blechdicke des zu verarbeitenden Stahls. Mit steigendem Legierungsgehalt und zunehmender Dehngrenze des Grundwerkstoffs sowie dem Spannungszustand der Konstruktion wächst die Gefahr der wasserstoff-induzierten Rissbildung.

Basische Stabelektroden und basische Schweißpulver sollten daher grundsätzlich rückgetrocknet werden. Bei niedriglegierten basischen Stabelektroden und Schweißpulvern, die zum Schweißen von Stählen mit einer Streckgrenze < 355 N/mm eingesetzt werden, genügt im Allgemeinen eine Rücktrocknung von 2 Stunden bei 250 °C.

Sehr niedrige H<sub>2</sub>-Gehalte von < 5 ml/100 g im abgeschmolzenen Schweißgut von Stabelektroden, wie es oft für das Schweißen von warmfesten Stählen und Feinkornbaustählen mit Dehngrenzen > 355 N/mm gefordert wird, können nur durch Rücktrocknung von mindestens 2 Stunden bei 300 bis 350 °C erzielt werden.

Niedriglegierte sauer-, rutil- und rutilbasisch umhüllte Stabelektroden (Einstufung gemäß EN 499: A, R, RR, RC, RA, RB) bedürfen im Allgemeinen keiner Rücktrocknung, soweit die Stabelektroden in unbeschädigter Verpackung trocken gelagert werden. Falls die Umhüllung der genannten Stabelektrodenklassen infolge unsachgemäßer Lagerung einen zu hohen Wassergehalt besitzt, kann eine Rücktrocknung von einer Stunde bei 100 bis 110 °C erfolgen.

Cellulose-Elektroden benötigen zur Entfaltung optimaler Schweißigenschaften eine definierte Feuchtigkeit in der Umhüllung. Sie werden daher vorwiegend in Blechdosen verpackt. Diese Elektroden dürfen nicht rückgetrocknet werden!

Hochlegierte Stabelektroden sollten aus Sicherheitsgründen 2 Stunden bei 300 °C ± 25 °C rückgetrocknet werden, um evtl. Startporen zu vermeiden. Die Zwischenlagerung der rückgetrockneten Schweißzusätze sollte bei ca. 150 °C erfolgen.

Mehrmaliges Rücktrocknen ist für alle Elektrodentypen (außer Cellulose-Elektroden) zulässig, jedoch soll eine Gesamtrücktrocknungsdauer von 10 Stunden nicht überschritten werden.

Stabelektroden können auf Wunsch auch in Vakuumverpackung geliefert werden. Bei dieser Verpackungsvariante können die Stabelektroden ohne Rücktrocknung und Warmhaltemaßnahmen bis zu 9 Stunden (eine Schichtlänge) nach dem Öffnen problemlos verarbeitet werden. Hierbei werden H<sub>2</sub>-Gehalte von < 5 ml/100 g im abgeschmolzenen Schweißgut erreicht. Länger offen gelagerte Stabelektroden können durch Rücktrocknen von 2 Stunden bei 300 bis 350 °C regeneriert werden.

### Mischverbindungen

#### 1. Anforderungen

Martensitfreies (-armes) Gefüge der Vermischungszone sowie Einhaltung bauteilbedingter Festigkeitswerte.

#### 2. Schweißzusätze und -prozesse

Die kritische Stelle bei Austenit-Ferrit-Verbindungen (oft auch in umgekehrter Reihenfolge als Schwarz-Weiß-Verbindungen bezeichnet) ist die Übergangs-/Vermischungszone zwischen dem ferritischen Grundwerkstoff und dem hochlegierten, austenitischen bzw. austenitisch-ferritischen Schweißzusatz (Austenit). Auf jeden Fall sollte diese Zone keine hohen Martensitanteile enthalten, da die Sprödigkeit eines solchen Gefügeanteiles die Schweißverbindung gefährden und zum Bruch führen kann.

Dieser Forderung genügen folgende Thermanit-Schweißzusätze:

2.1 Austenitische (ferritfreie und ferrithaltige) Schweißzusätze mit Zusammensetzungen, deren Gefügepunkte im Schaeffler-Diagramm eine günstige Lage haben. Sie werden überwiegend mit vermischungsarmen Prozessen (WIG und Stabelektrode) verschweißt:  
Thermanit X, 20/10, 22/09, 23/11 MoZL, 25/14 E, 30/10.

Bei Thermanit X können auch SG-Drahtelektroden, bei Thermanit 20/10, 22/09 und 25/14 E auch SG- und UP-Drahtelektroden verwendet werden, wobei aber die Hinweise unter Abs. B.2.2 besonders zu beachten sind.

2.2 Die Nickel-Basis-Schweißzusätze Thermanit Nicro 82, Nicro 182 und 625.

#### 3. Wärmebehandlung

Eine Spannungsarmglühung darf bei den austenitischen bzw. austenitisch-ferritischen Schweißzusätzen nur bei Temperaturen bis max. 300 °C ausgeführt werden, da bei höheren Temperaturen im Übergang des ferritischen Grundwerkstoffes zum Schweißgut eine Cr-Karbid-Zone entsteht, die die Festigkeit und Verformungsfähigkeit der Verbindung vermindert. Selbstverständlich dürfen auch im Betrieb keine höheren (Dauer-)Temperaturen vorliegen.

#### 4. Sonderstellung von Thermanit Nicro 82, Nicro 182 und 625

Die Ni-Basis-Legierungen Thermanit Nicro 82, Nicro 182 und 625 sind entsprechend ihren hohen Legierungsgehalten in Bezug auf Vermischung wesentlich unkritischer und lassen außerdem auch „echte“ Spannungsarmglühtemperaturen zu. Allerdings dürfen diese Schweißzusätze keineswegs nur als „Zwischenlage“ verwendet werden. Wurde die Naht nämlich mit einem austenitisch-ferritischen Schweißzusatz weiter geschweißt, ergäbe sich im Übergang durch Ni-Aufnahme aus der Ni-Basis-Legierung eine ferritfreie, vollaustenitische Zone mit hoher Warmrissanfälligkeit.