

**HARDOX®**  
WEAR PLATE

# SCHWEISSEN VON HARDOX®



**SSAB**

## INHALT

Schweißen von Hardox® Verschleißblech	3
Methoden der Nahtvorbereitung	4
Wärmeeinbringung	5
Vermeidung von Wasserstoffrisen	6
Minimale Vorwärm- und Zwischenlagentemperaturen	8
Empfohlene Vorwärmtemperaturen	10
Erreichen und Messen der Vorwärmtemperatur	12
Hartauftragsschweißen	13
Empfehlungen zur Minimierung von Verzug	14
Abkühlzeit $t_{8/5}$	16
Schweißfolgen und Spaltgröße	17
Zusatzwerkstoffe	18
Rostfreie Zusatzwerkstoffe	20
Schutzgas	21
Schweißen auf Primer	22
Wärmebehandlung nach dem Schweißen	22
Neuheiten in der Schweißtechnologie	23



## SSAB Schweißhandbuch

Wenn Sie tiefer in die Welt des Schweißens einsteigen möchten, empfehlen wir das Schweißhandbuch von SSAB. Auf 135 Seiten bekommen Sie vielfältige Informationen und Empfehlungen, die sich an Techniker, Ingenieure und andere Schweißprofis richten. Das Handbuch enthält Empfehlungen, um optimale Resultate beim Schweißen von Hardox® Verschleißblech und Strenx® Hochleistungsstahl zu erzielen. Es beschreibt den Wärmefluss und -zyklus, wie die Gefahr von Rissen eliminiert werden kann, Verbesserungen der WEZ, die Wahl der Zusatzwerkstoffe und Eigenschaften der Nahtgeometrie.

Laden Sie eine digitale Version herunter oder fordern Sie ein Druckexemplar des Schweißhandbuchs von SSAB an auf [ssab.com/support/steel-handbooks](https://ssab.com/support/steel-handbooks)

# SCHWEISSEN VON HARDOX® VERSCHLEISSBLECH

Die Hardox® Verschleißblech-Produktreihe, die Bleche, Rundstäbe und Rohre umfasst, kombiniert eine ausgezeichnete Leistung mit einer außergewöhnlichen Schweißbarkeit. Für das Schweißen von Hardox® an jede Art von schweißbarem Stahl kann jedes herkömmliche Schweißverfahren verwendet werden.

Diese Broschüre enthält nützliche Tipps und Informationen für alle, die ihre Schweißverfahren einfacher und effizienter machen wollen. Sie bieten Hinweise zu Vorwärm- und Zwischenlagentemperaturen, Wärmeeinbringung, Zusatzwerkstoffen und vielem mehr.

Mit diesen praktischen Informationen können alle Benutzer die einzigartigen Eigenschaften der Hardox® Stähle voll ausschöpfen. In dieser Broschüre wird auf die folgenden Unterlagen verwiesen:

- ▶ Veröffentlichungen des Technischen Support geben vertiefende Informationen und behandeln Themen wie Maßnahmen zur Vermeidung von Fehlstellen. Sie enthalten auch Beispiele für geeignete Lieferanten von Zusatzwerkstoffen. Die Unterlagen des Technischen Support finden Sie im Download-Center auf [ssab.com/download-center](http://ssab.com/download-center).
- ▶ Unsere Software WeldCalc™, die als Desktop-Version oder App erhältlich ist, ermöglicht den Benutzern die Optimierung ihrer Schweißleistung auf der Grundlage der spezifischen Bedingungen und Anforderungen ihrer geschweißten Konstruktion. WeldCalc™ steht zum Herunterladen bereit unter [ssab.com/support/calculators-and-tools](http://ssab.com/support/calculators-and-tools).

Die Informationen in dieser Broschüre dienen ausschließlich einer allgemeinen Information. SSAB AB übernimmt keine Haftung für die Eignung oder Zweckmäßigkeit für bestimmte Anwendungen. Es obliegt dem Benutzer, selbstständig die Eignung für alle Produkte oder Anwendungsbereiche zu ermitteln sowie diese zu testen und zu überprüfen. Die von SSAB AB im Folgenden bereitgestellten Informationen sind ohne Mängelgewähr und die mit diesen Informationen verbundenen Risiken obliegen dem Benutzer.



## WICHTIGE PARAMETER BEIM SCHWEISSEN

Um eine hochwertige Schweißnaht zu erzielen, sind vor dem Schweißen Verunreinigungen wie Rost, Feuchtigkeit und Öl aus der Schweißfuge zu entfernen. Außer guter Schweißhygiene sind folgende Aspekte von großer Bedeutung:

- ▶ Auswahl der Zusatzwerkstoffe
- ▶ Vorwärm- und Zwischenlagentemperaturen
- ▶ Wärmeeinbringung
- ▶ Schweißfolge und Form sowie Abmessungen der Schweißfuge

# METHODEN DER NAHTVORBEREITUNG

Schweißnähte können durch konventionelle Methoden wie thermisches Schneiden und maschinelle Bearbeitung vorbereitet werden. Wenn thermisches Schneiden verwendet wird, ist eine dünne Oxid- oder Nitridschicht vorhanden, die etwa bis 0,2 mm dick ist. Diese Schichten sind vor dem Schweißen zumeist durch Schleifen zu entfernen.

# WÄRMEEINBRINGUNG

Die meisten Schweißvorgänge werden mit Wechselstrom (AC) oder Gleichstrom (DC) durchgeführt. Die Wärmeeinbringung für DC- oder AC-Schweißen wird nach der folgenden Formel berechnet:

$$Q = \frac{k \cdot U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1.000} \quad \text{kJ/mm}$$

Die Wärmeeinbringung für Impulslichtbogenschweißen kann durch die folgenden beiden Formeln berechnet werden:

$$Q = \frac{k \cdot IE}{L \cdot 1.000} \quad \text{kJ/mm}$$

oder

$$Q = \frac{k \cdot IP \cdot 60}{v \cdot 1.000} \quad \text{kJ/mm}$$

Q = Wärmeeinbringung (kJ/mm)  
 k = Thermischer Wirkungsgrad (ohne Maßeinheit)  
 U = Spannung (V)  
 I = Stromstärke (A)  
 v = Schweißgeschwindigkeit (mm/min)  
 L = Länge einer Schweißlage (mm)  
 IE = Impulsenergie (J)  
 IP = Impulsleistung (W)

Unterschiedliche Schweißmethoden sind von unterschiedlicher thermischer Effektivität. Tabelle 1 beschreibt Richtwerte für verschiedene Schweißmethoden.

## Wärmewirkungsgrad von verschiedenen Schweißmethoden

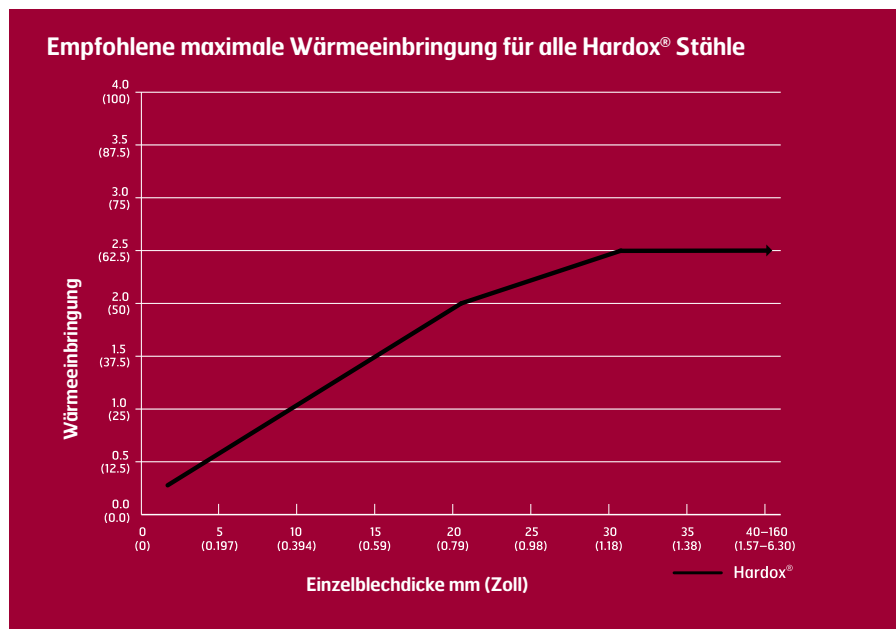
SCHWEISSVERFAHREN	THERMISCHER WIRKUNGSGRAD (K)
MAG/MSG	0,8
MMA/SMAW	0,8
SAW	1,0
TIG/WIG	0,6

Tabelle 1

Eine übermäßige Wärmeeinbringung erhöht die Breite der Wärmeeinflusszone (WEZ), was wiederum die mechanischen Eigenschaften und die Verschleißbeständigkeit der WEZ beeinträchtigt. Schweißen mit einer niedrigen Wärmeeinbringung hat Vorteile wie:

- ▶ Höhere Verschleißbeständigkeit der WEZ
- ▶ Geringerer Verzug (einlagige Schweißnähte)
- ▶ Höhere Zähigkeit der Schweißnaht
- ▶ Höhere Festigkeit der Schweißnaht

Eine sehr geringe Streckenenergie kann jedoch negative Auswirkungen auf die Kerbschlagzähigkeit haben ( $t_{8/5}$  \* Werte unter 3 Sekunden). Nebenstehendes Diagramm zeigt die empfohlene maximale Wärmeeinbringung (Q) für Hardox® an.



\* siehe Definition auf Seite 16

# VERMEIDUNG VON WASSERSTOFFRISSEN

Hardox® Güten sind beständiger gegen Wasserstoffrisse als viele andere verschleißbeständige Stahlsorten, da sie relativ geringe Kohlenstoffäquivalente aufweisen.

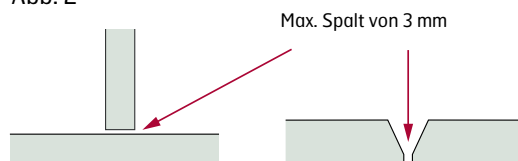
**Empfehlungen zur Minimierung des Risikos für die Entstehung von Wasserstoffrisen:**

- ▶ Wärmen Sie den Schweißbereich auf die empfohlene Mindesttemperatur vor.
- ▶ Messen Sie die Vorwärmtemperatur gemäß den Vorwärmempfehlungen auf Seite 10.
- ▶ Verwenden Sie Verfahren und Zusatzwerkstoffe mit einem maximalen Wasserstoffgehalt von 5 ml/100 g Schweißgut.
- ▶ Halten Sie die Schweißfuge sauber von Verunreinigungen wie Rost, Fett, Öl oder Frost.
- ▶ Verwenden Sie nur von SSAB empfohlene Klassifizierungen von Schweißzusatzwerkstoffen. (Mehr über Schweißzusatzwerkstoffe auf Seite 18.)
- ▶ Wählen Sie eine geeignete Schweißfolge, um Eigenspannungen zu minimieren.
- ▶ Starten und stoppen Sie den Schweißvorgang mindestens 50 bis 100 mm entfernt von einer Ecke, um übermäßige Spannungen in diesen Bereichen zu vermeiden, siehe Abb. 1.
- ▶ Vermeiden Sie Wurzelöffnungen von über 3 mm, siehe Abb. 2.
- ▶ Der Spalt der Schweißfuge sollte max. 3 mm betragen, siehe Abb. 2.

Abb. 1



Abb. 2





# MINIMALE VORWÄRM- UND ZWISCHENLAGENTEMPERATUREN

Es ist äußerst wichtig, die empfohlene Mindestvorwärmtemperatur und die Prozedur zur Erreichung und Messung der Temperatur in der Schweißnaht und Umgebung zu befolgen, um Wasserstoffrisse zu vermeiden.

## Einfluss der Legierungszusätze auf die Auswahl der Vorwärm- und Zwischenlagentemperaturen

Eine besondere Kombination der Legierungselemente optimiert die mechanischen Eigenschaften von Hardox® Verschleißblech. Diese Kombination bestimmt die Vorwärm- und Zwischenlagentemperatur von Hardox® Stahl während des Schweißens und kann verwendet werden, um das Kohlenstoffäquivalent zu berechnen. Das Kohlenstoffäquivalent wird normalerweise als CEV und CET ausgedrückt und gemäß den Formeln rechts berechnet.

Die Legierungselemente sind in den Prüfzertifikaten des Hardox® Stahls angegeben und in diesen beiden Formeln in

Gewichtsprozent enthalten. Ein höheres Kohlenstoffäquivalent erfordert in der Regel eine höhere Vorwärm- und Zwischenlagentemperatur. Das typische Kohlenstoffäquivalent für alle Hardox® Güten wird in Produktdatenblättern von SSAB aufgeführt. Diese sind auf [www.hardox.com](http://www.hardox.com) zu finden.

Wenn aber die in dieser Broschüre angegebenen Mindestvorwärmtemperaturen befolgt werden, ist keine Berechnung des Kohlenstoffäquivalents erforderlich.

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Mo+Cr+V)}{5} + \frac{(Ni+Cu)}{15} \quad (\%)$$

$$CET = C + \frac{(Mn + Mo)}{10} + \frac{(Cr+Cu)}{20} + \frac{Ni}{40} \quad (\%)$$





## Vorwärm- und Zwischenlagentemperaturen für die gesamte Hardox®-Produktreihe

Die empfohlenen Mindestvorwärm- und maximalen Zwischenlagentemperaturen beim Schweißen sind in Tabelle 2, 3a und 3b angegeben. Soweit nicht anders angegeben, beziehen sich diese Werte auf die Verwendung unlegierter und niedriglegierter Zusatzwerkstoffe.

- ▶ Werden zwei ungleich dicke Bleche\* derselben Stahlgüte miteinander verschweißt, bestimmt das dickere Blech die empfohlenen Vorwärm- und Zwischenlagentemperaturen, siehe Abb. 4.
- ▶ Werden unterschiedliche Stahltypen miteinander verschweißt, bestimmt das Blech\* mit der höchsten Vorwärmtemperatur die erforderlichen Vorwärm- und Zwischenlagentemperaturen.
- ▶ Die Tabellen 3a und 3b gelten für eine Wärmeeinbringung von 1,7 kJ/mm oder höher. Bei einer Wärmeeinbringung von 1,0 bis 1,69 kJ/mm empfehlen wir eine Erhöhung der Temperatur um 25 °C über die empfohlene Vorwärmtemperatur.
- ▶ Wenn die Wärmeeinbringung unter 1,0 kJ/mm liegt, wird die Verwendung der WeldCalc-App von SSAB empfohlen, um die empfohlene Mindestvorwärmtemperatur zu berechnen.
- ▶ Wenn die umgebende Luftfeuchtigkeit hoch ist oder die Temperatur unter 5 °C liegt, sollten die in Tabelle 3a und 3b angegebenen empfohlene Vorwärmtemperaturen um 25 °C erhöht werden.
- ▶ Für Bleche, die dicker als 25 mm sind, und Nahtgeometrien, bei denen die Wurzellage nahe der Mittellinie des Bleches liegt – wie bei Doppel-Y-Nähten –, empfehlen wir, die Wurzellage um ca. 5 mm von der Mittellinie des Bleches zu versetzen. (Abb. 3)

\* Quarteblech, Bandblech, Rundstahl und Rohr.

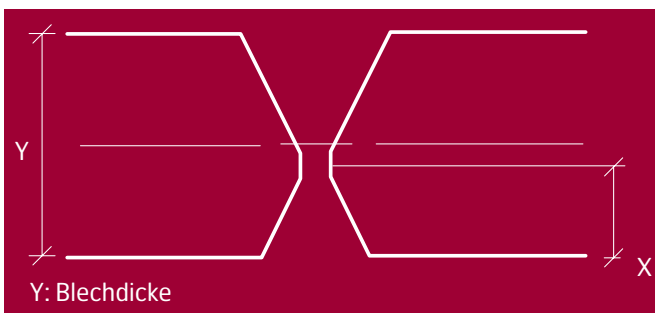


Abb. 3

## Maximale empfohlene Zwischenlagen-/ Vorwärmtemperatur

Hardox® HiTemp**	300 °C
Hardox® HiTuf**	300 °C
Hardox® HiAce	225 °C
Hardox® 400/400 Rohr und Rundstahl	225 °C
Hardox® 450	225 °C
Hardox® 500/500 Rohr	225 °C
Hardox® 500 Tuf	225 °C
Hardox® 550	225 °C
Hardox® 600	225 °C
Hardox® Extreme	100 °C

Tabelle 2

\*\* Zwischenlagentemperaturen bis ca. 400 °C können in bestimmten Fällen für Hardox® HiTuf und Hardox® HiTemp verwendet werden. Verwenden Sie in solchen Fällen WeldCalc™.

Die in Tabelle 2 angezeigte Zwischenlagentemperatur ist die höchste empfohlene Temperatur in der Schweißnaht (auf der Oberseite des Schweißgutes) oder unmittelbar angrenzend an die Schweißnaht (Startposition), direkt vor dem Start der nächsten Schweißung.

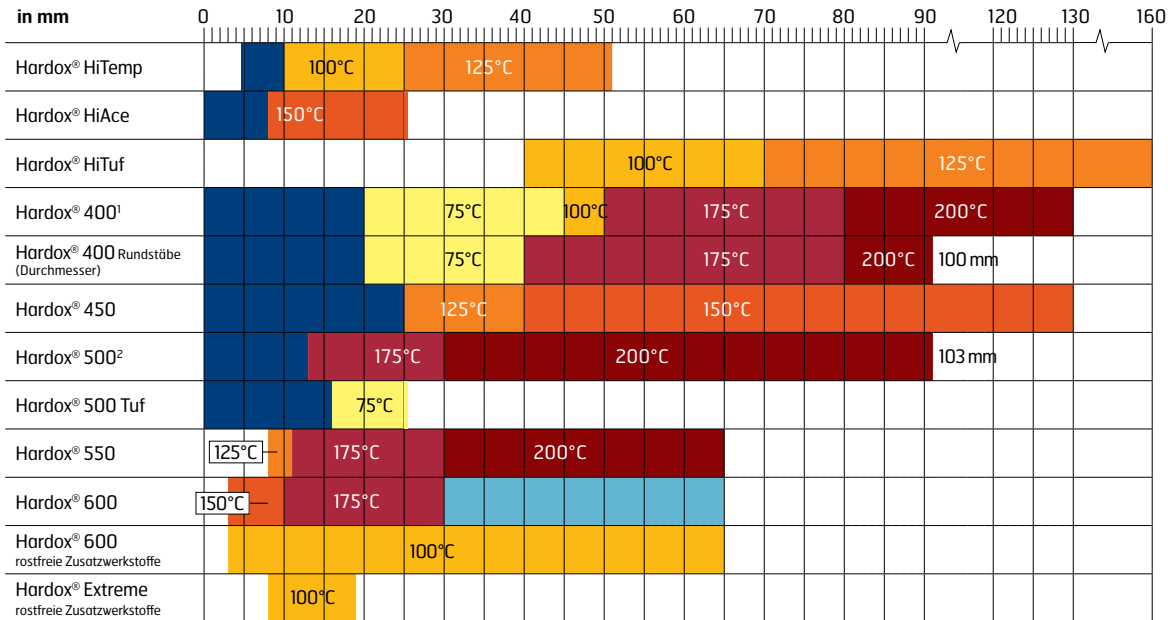
Die in den Tabellen 2, 3a und 3b angezeigten empfohlenen Mindestvorwärm- und maximalen Zwischenlagentemperaturen werden nicht von Wärmeeinbringungen über 1,7 kJ/mm beeinflusst. Die Information basiert auf der Annahme, dass die Schweißnähte an Luft auf die Umgebungstemperatur abkühlen können.

Die empfohlenen Temperaturen gelten auch für Heftschweißungen und Wurzellagen. Heftschweißungen müssen im Allgemeinen mindestens 50 mm lang sein. Für Blechdicken bis 8 mm können kürzere Heftschweißungen verwendet werden. Der Abstand zwischen einzelnen Heftschweißungen kann je nach Bedarf variieren.

# EMPFOHLENE VORWÄRMTEMPERATUREN

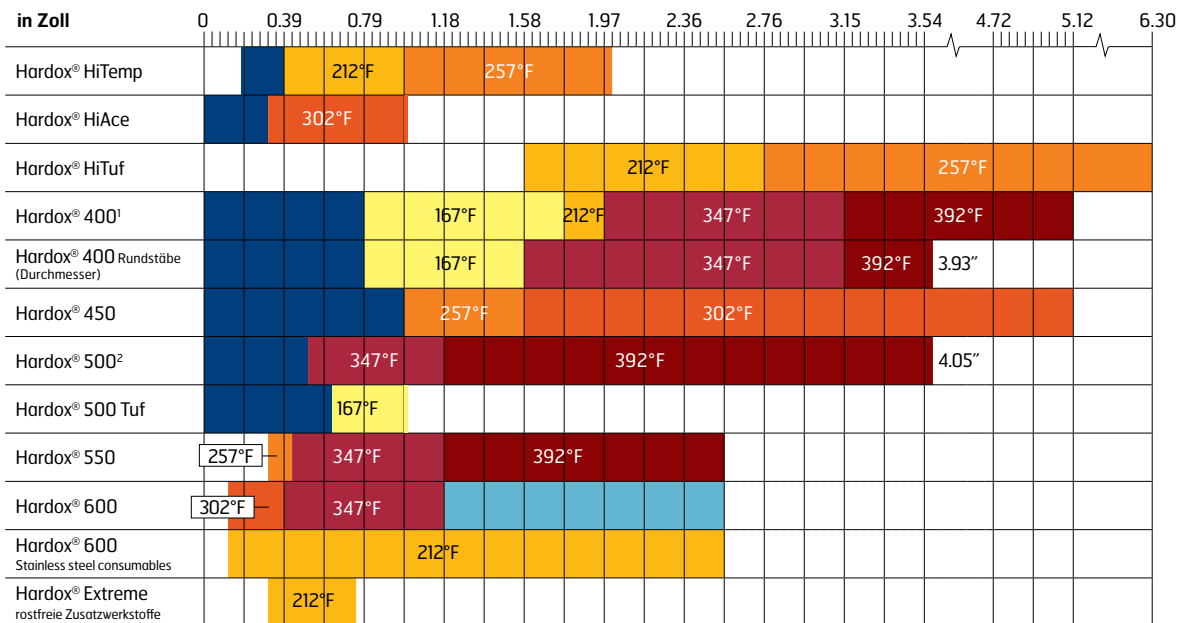
Die Einzelblechdicke (Durchmesser) in Millimeter ist auf der X-Achse angezeigt. Die empfohlenen Mindestvorwärm- und Zwischenlagentemperaturen sind für verschiedene Einzelblechdicken angegeben. Beachten Sie, dass jeder Temperaturanstieg bei 0,1 mm über der in den Tabellen angegebenen Dicke beginnt.

Tabelle 3a



Raumtemperatur (ca. 20 °C)
  Blechdicken außerhalb des Lieferprogramms
  Nur rostfreie Zusatzwerkstoffe Vorwärm- und Zwischenlagentemperaturen mindestens 100 °C

Tabelle 3b



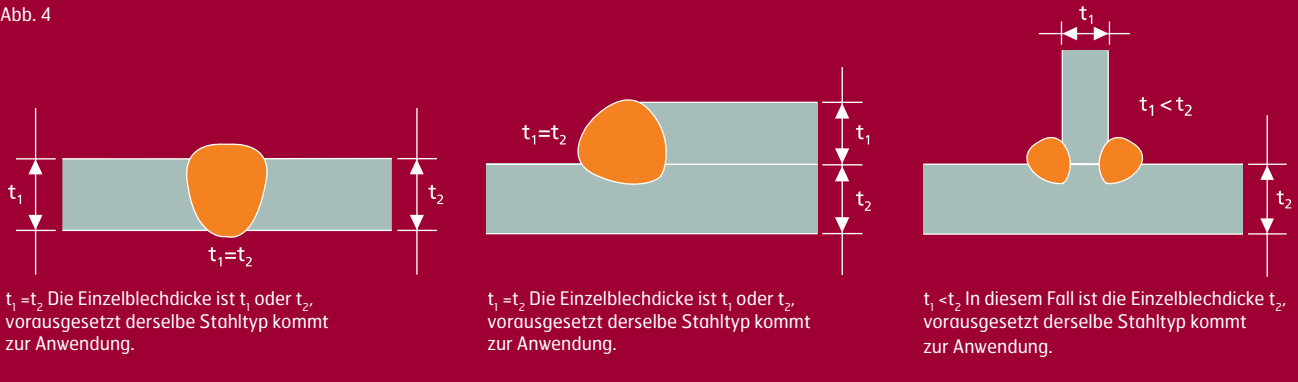
Raumtemperatur (ca. 68 °F)
  Blechdicken außerhalb des Lieferprogramms
  Nur rostfreie Zusatzwerkstoffe Vorwärm- und Zwischenlagentemperaturen mindestens 212 °F

<sup>1</sup> Die Vorwärmtemperatur für Hardox® 400 gilt auch für Hardox® 400 Rohre, die in Dicken zwischen 3 und 6 mm erhältlich sind.

<sup>2</sup> Die Vorwärmtemperatur für Hardox® 500 gilt auch für Hardox® 500 Rohre, die in Dicken zwischen 3 und 6 mm erhältlich sind.

## Schematische Zeichnung der „Einzelblechdicke (Durchmesser)“

Abb. 4



# ERREICHEN UND MESSEN DER VORWÄRMTEMPERATUR

Die erforderliche Vorwärmtemperatur kann auf verschiedene Art erzielt werden. Um den Schweißverband gelegte elektrische Heizmatten (Abb. 5) sind oft die beste Methode, da sie eine gleichmäßige Erwärmung des Bereiches gewährleisten. Die Temperatur kann zum Beispiel mit einem Kontaktthermometer gemessen werden.



Abb. 5: Beispiel für Heizmatten

## Empfohlener Vorwärmvorgang

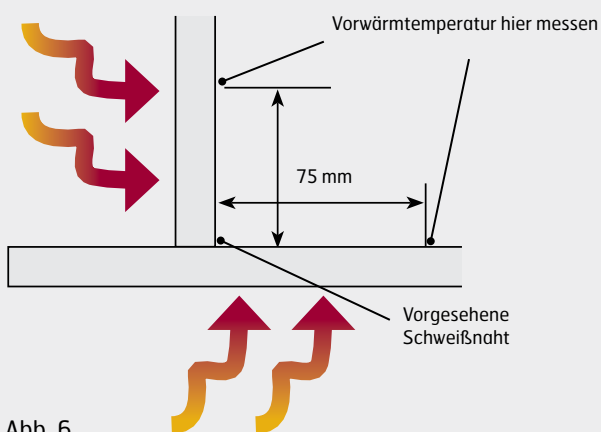
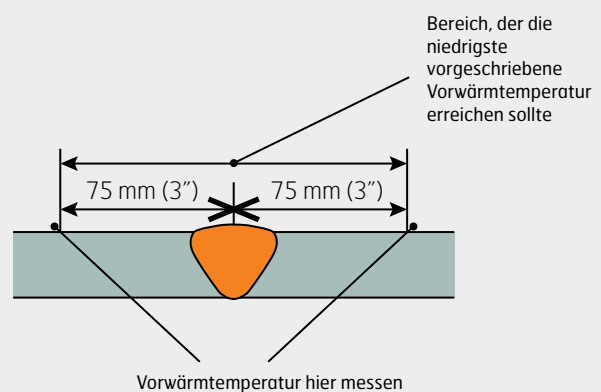


Abb. 6

Eine Wartezeit von mindestens 2 Min./25 mm Dicke sollte vor dem Messen der Vorwärmtemperatur beachtet werden. Die niedrigste Vorwärmtemperatur sollte in einem Bereich von 75 x 75 mm um die vorgesehene Schweißverbindung erreicht werden; siehe oben.



Die Zwischenlagentemperatur kann auch im Schweißgut oder im unmittelbar angrenzenden Stahlmaterial gemessen werden.

# HARTAUFRAGSSCHWEISSEN

Das Auftragschweißen mit speziellen Zusatzwerkstoffen erhöht die Verschleißfestigkeit von hochbeanspruchten Flächen oder Schweißnähten. Die Anleitungen für das Schweißen und Auftragschweißen für Hardox® Stahl sind zu berücksichtigen.

Einige Zusatzwerkstoffe für das Auftragschweißen erfordern eine sehr hohe Vorwärmtemperatur, die über der empfohlenen maximalen Zwischenlagentemperatur für Hardox® Stahl liegt.

Beachten Sie, dass die Verwendung einer Vorwärmtemperatur über der maximalen empfohlenen Zwischenlagentemperatur für Hardox® Stahl die Härte des Grundbleches reduzieren und zu einer Verschlechterung der Verschleißfestigkeit des vorgewärmten Bereiches führen kann.

Die minimalen und maximalen Vorwärmtemperaturen sind dieselben wie für konventionelle Schweißtypen, siehe Tabellen 3a und 3b. Siehe Abb. 7 für die Definition der Einzelblechdicke für das Auftragschweißen.

Es empfiehlt sich, eine Pufferschicht von besonders hoher Zähigkeit zwischen der normalen Schweißnaht oder dem Blech und dem Hartauftrag zu schweißen. Bei der Wahl des Zusatzwerkstoffes für die Pufferschicht sind die Schweißempfehlungen für Hardox® Verschleißblech zu beachten. Rostfreie Zusatzwerkstoffe gemäß AWS 307 und AWS 309 sind bevorzugt für die Pufferschicht zu verwenden, siehe Abb. 8.

Abb. 7: Definition der Einzelblechdicke

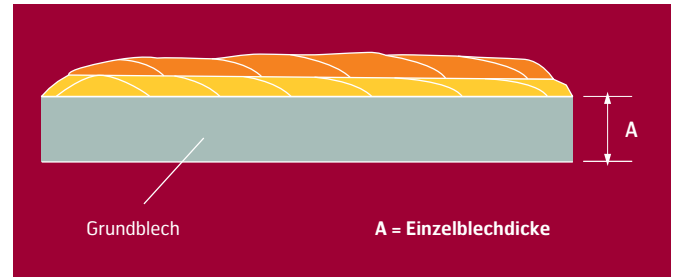
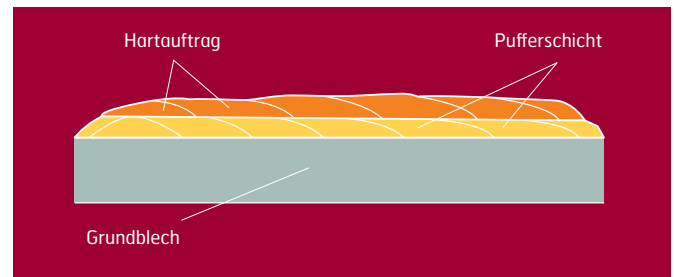


Abb. 8: Beispiel für Schweißfolge mit Zusatzwerkstoffen für Pufferschicht und Hartauftrag



# EMPFEHLUNGEN ZUR MINIMIERUNG VON VERZUG

Das Ausmaß des Verzuges während und nach dem Schweißen hängt mit der Dicke des Grundbleches und dem Schweißverfahren zusammen. Minimieren Sie den Verzug insbesondere beim Schweißen von dünneren Blechen mit Hilfe dieser Empfehlungen:

- ▶ Schweißen Sie mit einer so geringen Wärmeeinbringung wie möglich (einlagige Schweißnähte).
- ▶ Minimieren Sie die Querschnittsfläche, siehe Abb. 9.
- ▶ Verwenden Sie symmetrische Schweißungen, siehe Abb. 10.
- ▶ Die Teile vor dem Schweißen voreinstellen, festklemmen oder anwinkeln, um den Verzug auszugleichen, siehe Abb. 11.
- ▶ Vermeiden Sie unregelmäßige Spaltbreiten.
- ▶ Minimieren Sie Verstärkungen und optimieren Sie die Höhe der Kehlnähte.
- ▶ Verringern Sie die Abstände zwischen Heftschweißungen.
- ▶ Verwenden Sie ein Pilgerschritt- oder Schrittschweißverfahren. Beim Pilgerschrittschweißen werden alle Durchgänge in der entgegengesetzten Richtung zum allgemeinen Verlauf geschweißt. Beim Schrittschweißen müssen nicht alle Schweißfolgen gegen den allgemeinen Verlauf gerichtet werden; siehe Abb. 12.
- ▶ Von festen Bereichen zu losen Enden hin schweißen, siehe Abb. 13.

Abb. 9: Querschnitt durch die Schweißnaht und wie sie die Winkelabweichung beeinflusst.

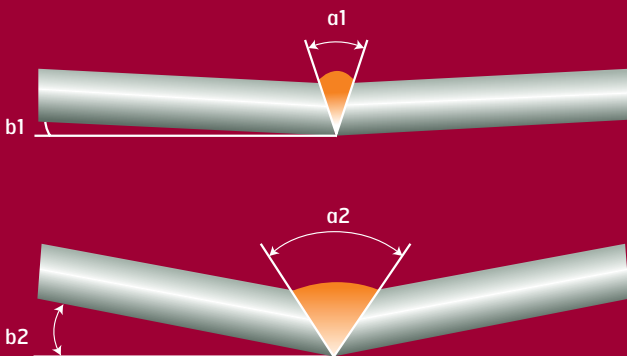


Abb. 10

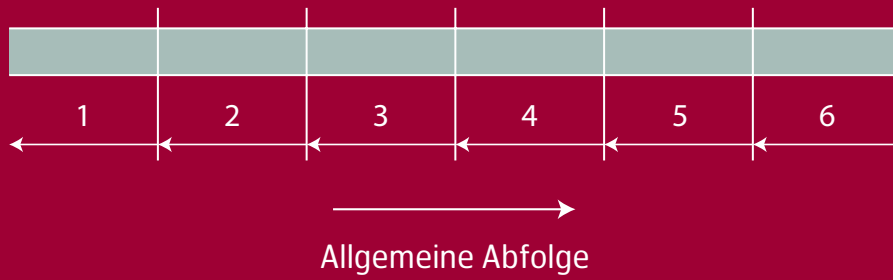


Abb. 11: Voreinstellung einer Kehlnaht und Einzel-Y-Naht.



Abb. 12: Verwende eine symmetrische Schweißfolge.

Beispiel für Schweißrichtung beim Pilgerschrittschweißen



Beispiel für Schweißrichtung beim Schrittschweißen

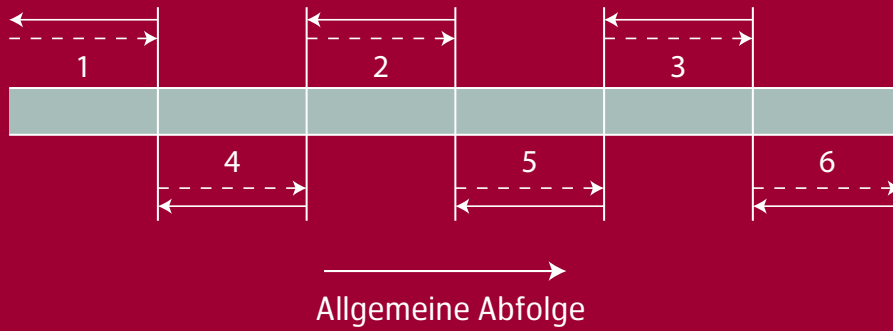
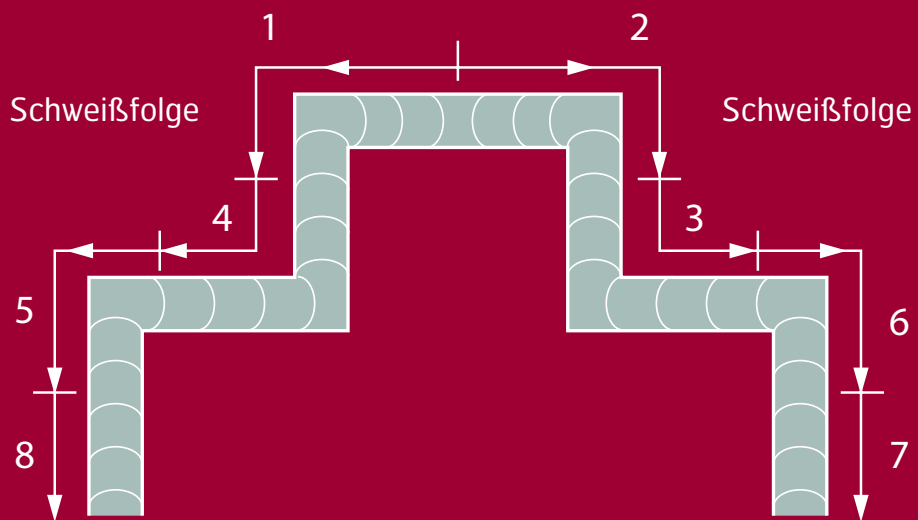


Abb. 13



# ABKÜHLZEIT $t_{8/5}$

Die Abkühlzeit ( $t_{8/5}$ ) ist die Zeit, die die Schweißnaht zum Abkühlen von 800 °C auf 500 °C braucht, und gibt eine gute Beschreibung des thermischen Effekts durch das Schweißen.

Für Konstruktionsstähle werden oft Abkühlzeiten empfohlen, um den Schweißvorgang für eine bestimmte Vorgabe zu optimieren, z. B. um eine bestimmte Kerbschlagzähigkeit zu erzielen.

Die empfohlenen maximalen Abkühlzeiten für die verschiedenen Hardox® Güten sind in der WeldCalc-App von SSAB zu finden.



**WeldCalc™ gibt Ihnen immer und überall optimierte Empfehlungen für Schweißverfahren.**

Die WeldCalc-App von SSAB bietet Ihnen die korrekten Einstellungen für die Schweißmaschine mit der empfohlenen Streckenenergie, Vorwärmtemperaturen, Strom, Spannung und Schweißgeschwindigkeit. Laden Sie WeldCalc als App oder Desktop-Version auf [ssab.com/support/calculators-and-tools](http://ssab.com/support/calculators-and-tools) herunter oder scannen Sie die QR-Codes unten für die iOS- oder Android-Apps:



App Store



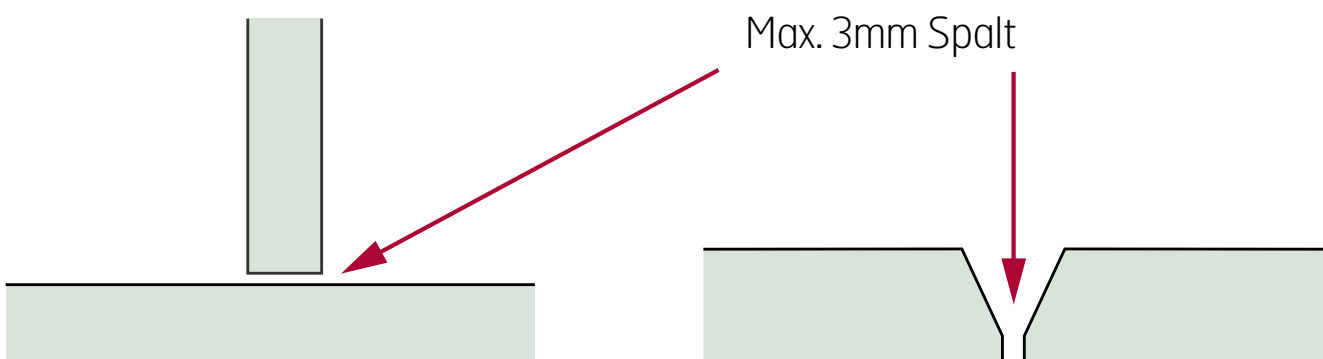
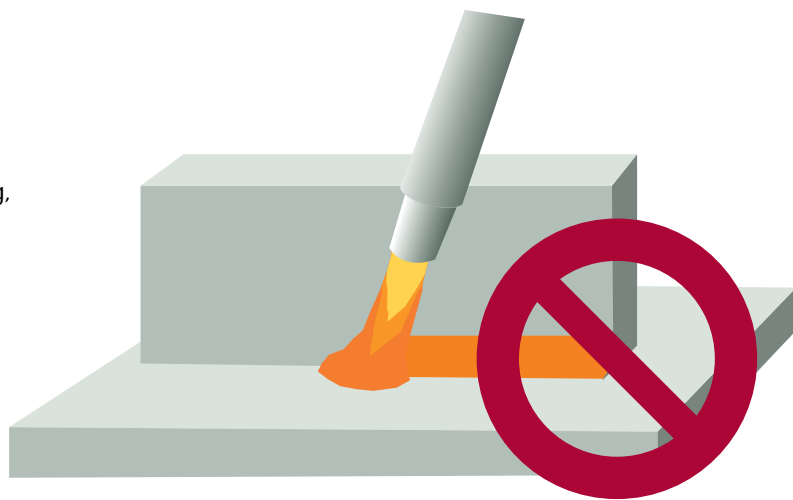
Google Play



# SCHWEISSFOLGEN UND SPALTGRÖSSE

Vor dem Heftschiessen ist es wichtig, dass der Spalt zwischen den Grundblechen nicht größer als 3 mm ist, siehe Abb. 14. Angestrebt werden sollte eine möglichst einheitliche Spaltgröße entlang der Schweißnaht. Außerdem sollte ein Starten und Stoppen des Schweißvorgangs in Bereichen mit hoher Belastung vermieden werden. Starten und stoppen Sie möglichst mindestens 50 bis 100 mm entfernt von einer Ecke, siehe Abb. 14. Beim Schweißen an den Blechkanten sind Opferbleche vorteilhaft.

Abb. 14: Vermeiden Sie Starten und Stoppen in Bereichen mit hoher Belastung, z. B. in Ecken. Die Spaltgröße sollte nicht größer als 3 mm sein.



# ZUSATZWERKSTOFFE

## Festigkeit von unlegierten und niedriglegierten Zusatzwerkstoffen

Unlegierte und niedriglegierte Zusatzwerkstoffe mit einer maximalen Streckgrenze von 500 MPa werden generell für Hardox® Stahl empfohlen. Zusatzwerkstoffe mit höherer Festigkeit (Re max. 900 MPa) können für Hardox® 400 und 450 im Dickenbereich von 0,7 bis 6,0 mm verwendet werden.

Niedriglegierte Zusatzwerkstoffe führen zu einer höheren Härte des Schweißgutes was zu einer reduzierten Verschleißrate des Schweißgutes führen kann. Wenn es auf die Verschleißseigenschaften des Schweißgutes ankommt, sollte die oberste Schicht der Naht mit Zusatzwerkstoffen für Hartauftrag geschweißt werden, siehe Abschnitt „Hartauftragsschweißen“ auf Seite 13.

Die empfohlenen Zusatzwerkstoffe für Hardox® Stahl und ihre Bezeichnungen nach den AWS- und EN-Klassen sind in Tabelle 5 zu finden.

## Anforderungen an den Wasserstoffgehalt von unlegierten und niedriglegierten Zusatzwerkstoffen.

Der Wasserstoffgehalt sollte beim Schweißen mit unlegierten und niedriglegierten Zusatzwerkstoffen weniger oder gleich 5 ml Wasserstoff je 100 g Schweißgut betragen.

Massivdrahtelektroden wie beim MAG/MIG- und TIG/WIG-Schweißen können zu diesen niedrigen Wasserstoffgehalten im Schweißgut führen. Informationen zum Wasserstoffgehalt bei anderen Zusatzwerkstoffen erhalten Sie vom jeweiligen Hersteller. SSAB stellt Beispiele für geeignete Zusatzwerkstoffe im TechSupport Nr. 60 bereit, der auf unserer Homepage [www.ssab.com](http://www.ssab.com) erhältlich ist.

Wenn die Zusatzwerkstoffe gemäß den Empfehlungen des Herstellers gelagert werden, wird der Wasserstoffgehalt auf dem oben angegebenen Niveau gehalten. Dies gilt auch für alle beschichteten Zusatzwerkstoffe und Schweißpulver.

Tabelle 5: Empfohlene Zusatzwerkstoffe für alle Stähle in der Hardox® Verschleißblech-Produktreihe

SCHWEISSVERFAHREN	AWS-KLASSE	EN-KLASSE
MAG/MSG, Massivdraht	AWS A5.28 ER70X-X	EN ISO 14341-A- G 42x
	AWS A5.28 ER80X-X	EN ISO 14341-A- G 46x
MAG, Metallpulverdraht	AWS A5.28 E7XC-X	EN ISO 17632-A- T 42xH5
	AWS A5.28 E8XC-X	EN ISO 17632-A- T 46xH5
MAG/ FCAW, Fülldrahtelektrode	AWS A5.29 E7XT-X	EN ISO 17632 -A- T 42xH5
	AWS A5.29 E8XT-X	EN ISO 17632 -A- T 46xH5
MMA (SMAW, Stabelektrode)	AWS A5.5 E70X	EN ISO 2560-A- E 42xH5
	AWS A5.5 E80X	EN ISO 2560-A- E 46xH5
SAW	AWS A5.23 F49X	EN ISO 14171-A- S 42x
	AWS A5.23 F55X	EN ISO 14171-A- S 46x
TIG/WIG	AWS A5.18 ER70X	EN ISO 636-A- W 42x
	AWS A5.28 ER80X	EN ISO 636-A- W 46x

**Hinweis:** X steht für ein oder mehrere Zeichen



# ROSTFREIE ZUSATZWERKSTOFFE

Zusatzwerkstoffe aus austenitischem Edelstahl können zum Schweißen von allen Hardox® Produkten verwendet werden, wie in Tabelle 6 gezeigt. Dies ermöglicht ein Schweißen bei Raumtemperatur (+5–20 °C) ohne Vorwärmen, mit Ausnahme von Hardox® 600 und Hardox® Extreme

SSAB empfiehlt in erster Linie Zusatzwerkstoffe gemäß AWS 307 und in zweiter Linie gemäß AWS 309. Diese Zusatzwerkstoffe haben Streckgrenzen bis rund 500 MPa im Schweißgut.

AWS 307 ist beständiger gegen Heißrisse als AWS 309. Es sei darauf hingewiesen, dass Hersteller nur selten den Wasserstoffgehalt bei rostfreien Zusatzwerkstoffen angeben, da er das Arbeitsergebnis nicht in dem Maße beeinflusst wie bei unlegierten und niedriglegierten Zusatzwerkstoffen. SSAB erhebt keine Beschränkungen beim maximalen Wasserstoffgehalt für diese Arten von Zusatzwerkstoffen. Beispiele für geeignete Zusatzwerkstoffe sind im TechSupport Nr. 60 zu finden, der auf unserer Homepage [www.ssab.com](http://www.ssab.com) erhältlich ist.

Tabelle 6: Empfohlene Edelstahl-Zusatzwerkstoffe für die Hardox® Verschleißblech-Produktreihe

SCHWEISSVERFAHREN	AWS-KLASSE	EN-KLASSE
MAG/MSG, Massivdraht	AWS 5.9 ER307	<b>Empfohlen:</b> EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 <b>Geeignet:</b> EN ISO 14343-A: B 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
MAG, Metallpulverdraht	AWS 5.9 EC307	<b>Empfohlen:</b> EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 <b>Geeignet:</b> EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
MAG/ FCAW, Fülldrahtelektrode	AWS 5.22 E307T-X	<b>Empfohlen:</b> EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 <b>Geeignet:</b> EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
MMA (SMAW, Stabelektrode)	AWS 5.4 E307-X	<b>Empfohlen:</b> EN ISO 3581-A: 18 18 Mn/ EN ISO 3581-B: 307 <b>Geeignet:</b> EN ISO 3581-A: 22 12 X/ EN ISO 3581-B: 309X
SAW	AWS 5.9 ER307	<b>Empfohlen:</b> EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 <b>Geeignet:</b> EN ISO 14343-A: S 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
TIG/WIG	AWS 5.9 ER307	<b>Empfohlen:</b> EN ISO 14343-A: W 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 <b>Geeignet:</b> EN ISO 14343-A: W 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X

**Hinweis:**X steht für ein oder mehrere Zeichen

# SCHUTZGAS

Die Schutzgase für Hardox® Verschleißblech sind im Allgemeinen dieselben, die für unlegierten und niedriglegierten Stahl verwendet werden.

Schutzgase für das MAG-Schweißen von Hardox® Stählen enthalten in der Regel eine Mischung aus Argon (Ar) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). Kleine Mengen Sauerstoff (O<sub>2</sub>) werden manchmal zusammen mit Ar und CO<sub>2</sub> verwendet, um den Lichtbogen zu stabilisieren und Spritzer zu reduzieren.

Empfohlen wird eine Schutzgasmischung von rund 18-20 % CO<sub>2</sub> in Argon für manuelles Schweißen, was eine gute

Einbrandtiefe mit einem zumutbaren Anteil Spritzer erlaubt. Beim automatischen Schweißen oder Roboterschweißen kann ein Schutzgas mit 8-10 % CO<sub>2</sub> in Argon für ein optimales Schweißresultat im Hinblick auf Produktivität und Spritzeranteil verwendet werden.

Die Auswirkungen von verschiedenen Schutzgasmischungen sind in Abb. 15 zu sehen. Empfehlungen für Schutzgase in verschiedenen Schweißverfahren sind in Tabelle 7 zu finden. Die in Tabelle 7 erwähnten Schutzgasmischungen sind allgemeine Mischungen, die für das Kurz- und Sprühlichtbogen-Schweißen verwendet werden können.

Abb. 15: Auswirkungen verschiedener Schutzgasmischungen auf das Schweißen

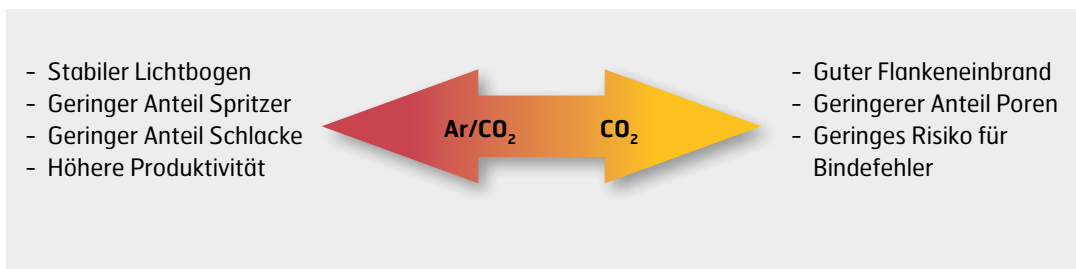


Tabelle 7: Beispiele für Schutzgasmischungen und Empfehlungen

SCHWEISSVERFAHREN	LICHTBOGENTYP	POSITION	SCHUTZGAS
MAG/MSG, Massivdraht	Kurzlichtbogen	Alle Positionen	18 – 25 % CO <sub>2</sub> in Ar
MAG, Metallpulverdraht	Kurzlichtbogen	Alle Positionen	18 – 25 % CO <sub>2</sub> in Ar
MAG/MSG, Massivdraht	Sprühlichtbogen	Horizontal	15 – 20 % CO <sub>2</sub> in Ar
MAG/MSG, Fülldrahtschweißen	Sprühlichtbogen	Alle Positionen	15 – 20 % CO <sub>2</sub> in Ar
MAG/MSG, Metallpulverdraht	Sprühlichtbogen	Horizontal	15 – 20 % CO <sub>2</sub> in Ar
Automatisches und Roboter MAG/MSG	Sprühlichtbogen	Horizontal	8 – 18 % CO <sub>2</sub> in Ar
TIG/WIG		Alle Positionen	100 % Ar

**Hinweis:** Gasmischungen mit drei Komponenten, d. h. O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> in Ar, werden manchmal zur Optimierung der Schweißseigenschaften verwendet.

Bei Schweißverfahren auf Schutzgasbasis hängt der Schutzgasstrom von der jeweiligen Schweißsituation ab. Als allgemeine Richtlinie ist der Schutzgasstrom, gemessen in l/min, gleich groß wie der Innendurchmesser der Gasdüse in mm anzusetzen.

# SCHWEISSEN AUF PRIMER

Aufgrund des geringen Zinkgehaltes kann direkt auf der Grundierung (Primer) des Hardox® Verschleißbleches geschweißt werden. Der Primer lässt sich im Schweißnahtbereich einfach abbürsten oder -schleifen, siehe Abb. unten.

Das bringt den Vorteil der Reduzierung von Poren im Schweißgut, besonders dann, wenn in anderen Lagen als horizontal gearbeitet wird. Der Porenanteil im Schweißgut erhöht sich geringfügig, wenn die Primerschicht im Nahtbereich belassen wird. Das Fülldrahtschweißen mit basischem Fülldraht hat die geringste Porosität gezeigt.

Wichtig ist, die Fertigungsgebäude gut zu belüften, um die möglichen schädlichen Auswirkungen des Primers auf den Schweißer und die Umgebung zu vermeiden.



Der Primer lässt sich bei Bedarf leicht abbürsten

## WÄRMEBEHANDLUNG NACH DEM SCHWEISSEN

Spannungsarmglühen von Hardox® HiTuf und Hardox® HiTemp ist durch eine anschließende Wärmebehandlung möglich, auch wenn dies nur selten erforderlich ist. Bei anderen Hardox® Stählen sollte Spannungsarmglühen nicht verwendet werden, weil dies die mechanischen Eigenschaften schädigen könnte. Weitere Informationen finden Sie im Schweißhandbuch von SSAB. Laden Sie Ihr kostenloses Exemplar des Schweißhandbuchs von SSAB auf [ssab.com/support/steel-handbooks](http://ssab.com/support/steel-handbooks) herunter.





## NEUHEITEN IN DER SCHWEISSTECHNOLOGIE

Auf den eigenen Schweißstationen im F&E-Zentrum von SSAB testen wir ständig hochmoderne Technologien und Maschinen, um Ihnen jederzeit optimale Schweißempfehlungen bereitzustellen.

Mit UP-Engspaltschweißtechnik unter Verwendung von einem oder zwei Drähten können Sie dickere Blechdicken von Hardox® Verschleißblech schweißen. Sie erzielen dadurch hochwertige Ergebnisse mit weniger Schweißdraht und Pulver und reduzieren zugleich die Maschinenlaufzeit, sparen Energie und senken die Produktionskosten. Und mit UP-ICE-Schweißen (Integrated Cold Electrode) können Sie eine höhere Schweißgeschwindigkeit und niedrigere Streckenenergie verwenden und erzielen eine höhere Abschmelzleistung als bei konventionellen Verfahren.

Welcher Prozess auch immer der richtige für Sie ist – wir helfen Ihnen dabei, bessere Eigenschaften beim Schweißgut und eine höhere Produktivität zu erzielen.

SSAB ist ein in Nordeuropa und den USA ansässiges Stahlunternehmen. SSAB bietet Produkte und Dienstleistungen mit Mehrwert an, die in enger Zusammenarbeit mit seinen Kunden entwickelt wurden – damit die Welt stärker, leichter und nachhaltiger wird. SSAB beschäftigt Mitarbeiter in über 50 Ländern. SSAB verfügt über Produktionsstätten in Schweden, Finnland und in den USA. SSAB ist an der Nasdaq Stockholm notiert und an der Nasdaq Helsinki zweitnotiert. [www.ssab.com](http://www.ssab.com). Folgen Sie uns auch auf den sozialen Netzwerken: Facebook, Instagram, LinkedIn, Twitter und YouTube.



**SSAB**  
SE-613 80 Oxelösund  
Schweden

T+46 155 25 40 00  
F+46 155 25 40 73  
[contact@ssab.com](mailto:contact@ssab.com)

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

Hardox® ist ein Warenzeichen der SSAB Unternehmensgruppe. Alle Rechte vorbehalten. Die Informationen in dieser Broschüre dienen ausschließlich einer allgemeinen Information. SSAB AB übernimmt keine Haftung für die Eignung oder Zweckmäßigkeit für bestimmte Anwendungen. Es obliegt dem Benutzer, selbstständig die Eignung für alle Produkte oder Anwendungsbereiche zu ermitteln und diese zu testen und zu überprüfen. Die von SSAB AB im Folgenden bereitgestellten Informationen sind ohne Mängelgewähr und die damit diesen Informationen verbundenen Risiken obliegen dem Benutzer.