Gehärteter, besonders verschleißfester Stahl für vielfältige Anwendungen im Maschinenbau. Ursprünglich entwickelt für Verschleißteile im Bergbau bietet Hardox® 450 auch für Präzisionsteile vielfältige Verwendungsmöglichkeiten.

Hardox® 450 kann durch Biegen umgeformt werden und lässt sich problemlos schweißen.

Gebrüder Recknagel ist als Hardox®-Wearparts-Center offizieller Vertriebs- und Servicepartner des schwedischen Herstellers SSAB.

Farbkennzeichnung:

Grau / Orange (Hardox® 450)

HARDOX® 450	77
Rohmaterial	78
Werkstoffblatt	79
Biegen	80
Härtevergleichstabelle für Toolox® und Hardox®	65
Schweißen von Hardox®	84
Thermisches Trennen	89

Rohmaterial

Bleche (Quartoblech, warmgewalzt) oder Bandstahlblech (kaltgewalzt oder warmgewalzt) und Zuschnitte daraus.

	Dickenbereiche [mm]				
	0,7–2,1	*2,0–8,0*	*3,2–80,0*	*80,1–103,0*	*103,1–130,0*
Härte	425–485 HV	425–475 HBW	425–475 HBW	410–475 HBW	390–475 HBW
Herstellung	Kaltband	Warmband	Quartoblech	Quartoblech	Quartoblech

HARDOX® 450

Richtanalyse/Chemische Zusammensetzung [%]

		C*)	Si*)	Mn*))	P*)	S*)	Cr*)	Ni*)	Mo*)	B*)
Kaltband	max.	0,18	0,25	1,30	0,015	0,004	0,10	0,10	0,04	0,003
Warmband & Quartoblech	max.	0,26	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	1,50	0,60	0,005

Der Stahl ist ein Feinkornstahl. *) Vorgesehene Legierungselemente.

Werkstoffblatt

Hardox® 450 ist ein gehärteter Verschleißstahl für vielfältige Anwendungen.
Er kann durch Biegen umgeformt werden uns lässt sich problemlos schweißen.

Härte (Garantierter Wert)
HBW 425–475 (Quartoblech 3,2 – 80,0 mm Dicke, weitere Dicken siehe Tabelle Seite 78)

Kerbschlagarbeit (Garantierter Wert)

Prüftemperatur	Kerbschlagarbeit
-40 °C	Charpy-V in Längsrichtung mindestens 50 J

Streckgrenze (Typischer Wert, nicht garantiert)
ca. 1.250 MPa

Lieferzustand
Gehärtet und angelassen

Wärmebehandlung
Hardox® 450 ist für weitere Wärmebehandlung nicht vorgesehen. Die Eigenschaften können nicht aufrecht erhalten werden, wenn der Stahl Temperaturen über 250 °C ausgesetzt wird.
Hinweis: Für Anwendungen bei höheren Temperaturen bis zu 590 °C empfehlen wir Toolox® 44.

Oberflächen
Gemäß EN 10163-2 Klasse A, Unterklasse 1

HARDOX® 450

HARDOX® WEAR PLATE

Ebenheit
Toleranzen gemäß Hardox® Ebenheitsgarantie Klasse D für Quartoblech, strikter als EN 10029.
Für Warmband gemäß Hardox® Ebenheitsgarantie Klasse A, enger als EN 10051, für Kaltband gemäß Hardox® Ebenheitsgarantie Klasse B.

	Dickenbereiche [mm]						
	0,7–2,1	2,0–8,0	3,2–3,9	4,0–4,9	5,0–5,9	6,0–19,9	20,0–130,0
Warmband Klasse A		3 mm					
Kaltband Klasse B	6 mm						
Quartoblech Klasse D			15 mm	7 mm	5 mm	4 mm	3 mm

Angegeben ist jeweils die Ebenheit, gemessen in mm an einem 1-m-Lineal.

Hinweis: Toolox® 44-Quartobleche erfüllen engere Ebenheitsanforderungen für Dicken von 5,0–7,9 mm = 4 mm/1.000 mm, 8 mm/2.000 mm und 8,0–99,9 mm = 3 mm/1.000 mm, 6 mm/2.000 mm

Schweißbarkeit
(Bitte Hinweise ab Seite 84 beachten)

	Kohlenstoffäquivalent CET (CEV)							
Dicke	Kaltband 0,7–2,1	Warmband 2,0–8,0	Blech 3,2–4,9	Blech 5,0–9,9	Quartoblech 10,0–19,9	Quartoblech 20,0–39,9	Quartoblech 40,0–80,0	Quartoblech 80,1–130,0
Max.	0,33 (0,44)	0,35 (0,48)	0,37 (0,48)	0,38 (0,49)	0,39 (0,52)	0,41 (0,60)	0,43 (0,74)	0,41 (0,67)
Typ.	0,31 (0,39)	0,26 (0,39)	0,29 (0,39)	0,33 (0,45)	0,36 (0,48)	0,38 (0,56)	0,38 (0,61)	0,39 (0,64)

$$CET = C + \frac{Mn+Mo}{10} + \frac{Cr+Cu}{20} + \frac{Ni}{40} \qquad CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Cu+Ni}{15}$$

Biegen
Die Biegbarkeit für Quartoblech entspricht der Hardox® Biegegarantie Klasse E. Bandblech entspricht der Hardox® Biegegarantie Klasse C für Kaltband und Klasse B für Warmband. Die Garantien entsprechen mindestens DIN EN 10025-6 und EN ISO 7438. Genannt ist das Verhältnis Biegewerkzeugradius/Blechdicke.

	Dickenbereiche [mm]					
	0,7–2,9	2,0–3,9	4,0–7,9	8,0–14,9	15,0–19,9	≥ 20,0
Warmband Klasse B		⊥3,0 ∥4,0	⊥3,0 ∥3,5			
Kaltband Klasse C	⊥4,0 ∥4,0					
Quartoblech Klasse E		⊥3,0 ∥4,5	⊥3,0 ∥3,5	⊥3,5 ∥4,5	⊥3,5 ∥4,5	⊥4,5 ∥5,0

Schweißhinweise

Hardox® verbindet einzigartige Verschleißfestigkeit mit hervorragender Schweißbarkeit. Alle üblichen Schweißverfahren können für Verbindungen von Hardox® mit schweißbaren Stählen verwendet werden.

Für beste Schweißergebnisse achten Sie auf Trockenheit, Sauberkeit und Korrosionsfreiheit. Besonderes Augenmerk richten Sie auf die Auswahl des Schweißgutes, Temperaturen, Wärmeeintrag und die Fugengeometrie.

Niedriglegierte oder unlegierte Schweißwerkstoffe mit einer Zugfestigkeit von 500 MPa sind für Hardox® und Toolox® verwendbar. Hardox® 450 in Dicken von 0,7–6,0 mm erlauben Werkstoffe mit Festigkeiten von 900 MPa. Niedrig legierte Werkstoffe ergeben eine höhere Härte, was die Verschleißfestigkeit begünstigt. Wenn die Verschleißfestigkeit der Schweißnaht ausschlaggebend ist, so kann man an das Aufschweißen einer Verschleißschutzschicht denken.

Schweißverfahren	*DIN EN ISO-Einteilung*
MAG/Massivelektrode	EN ISO 14341-A- G 38x EN ISO 14341-A- G 42x
MAG/Fülldrahtelektrode	EN ISO 17632-A- T 42xH5 EN ISO 17632-A- T 46xH5
MAG/Metallpuler-Fülldrahtelektrode	EN ISO 17632-A- T 42xH5 EN ISO 17632-A- T 46xH5
MMA/Stabelektrode	EN ISO 2560-A E 42xH5 EN ISO 2560-A E 46xH5
UP Unter-Pulver-Schweißen	EN ISO 14171-A- S 42x EN ISO 14171-A- S 46x
WIG	EN ISO 636-A- W 42x EN ISO 636-A- W 46x

niedrig- oder unlegierte Zusätze

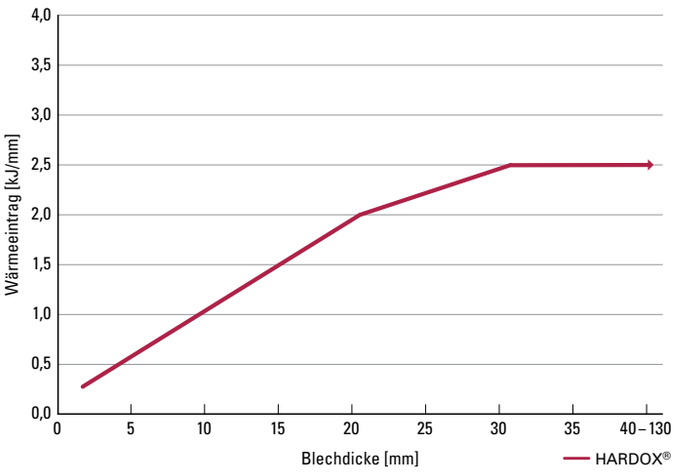
Rostfreie Schweißzusätze können für alle Hardox®-Stähle verwendet werden, für Toolox® 44 sollten diese bevorzugt werden. Sie erlauben das Schweißen bei 5–20 °C ohne Vorwärmung, außer bei Hardox® 600 und Hardox® Extreme.
SSAB empfiehlt die folgenden Werkstoffe, die eine Streckgrenze von 500 MPa ergeben.

Schweißverfahren	*DIN EN ISO-Einteilung*
MAG/Massivelektrode	EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307
MAG/Fülldrahtelektrode	EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307
MAG/Metallpuler-Fülldrahtelektrode	EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307
MMA/Stabelektrode	EN ISO 3581-A: 18 8 Mn/ EN ISO 3581-B: 307
UP Unter-Pulver-Schweißen	EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307
WIG	EN ISO 14343-A: W 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307

austenitische Zusätze

Als Schutzgas verwendet man beim Hardox®-Schweißen grundsätzlich die selben Gase wie beim Schweißen niedrig- oder unlegierter Stähle.

Empfehlender Wärmeeintrag max.



$$Q = \frac{k \cdot U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000}\ \text{kJ/mm}$$

Der Streckenenergie-Wärmeeintrag ist bei den verschiedenen Verfahren unterschiedlich. Die thermische Effizienz k beim MAG-Schweißen und MMA-Schweißen beträgt etwa 0,8, beim UP-Schweißen ca. 1,0 sowie beim WIG-Schweißen 0,6. Mit Spannung (U [V]), Strom (I [A]) und Vorschub (v [mm/min]) erhält man den Wärmeeintrag. Die Grafik zeigt die Empfehlungen für Höchstwerte. Ein sehr niedriger Eintrag mag negativen Einfluss auf die Kerbschlagzähigkeit die Schweißnaht haben, extrem hohe Werte bedeuten eine vergrößerte Wärmeeinflusszone, in der die mechanischen Werte verändert werden. Moderat niedrige Werte verbesssern die Verschleißbeständigkeit, den Verzug, die Zähigkeit und die Festigkeit.

Wasserstoffgehalt

Die Gefahr der Wasserstoffversprödung ist wegen des niedrigen Kohlenstoffäquivalents geringer als bei anderen Verschleißstählen. Der Gefahr begegnet man zudem durch:

- Vorwärmen des Schweißbereichs
- Messung der Vorwärmtemperatur
- Verwendung von Schweißzusatzstoffen mit höchstens 5 ml Wasser / 100 g
- Freihalten der Schweißfuge von Rost, Fett, Öl und Kälte
- Anwenden eines geeigneten Schweißverfahrens
- Vermeidung eines Schweißspaltes über 3 mm an der engsten Stelle der Schweißfuge

Vorwärmung

Vorwärmung ist äußerst wichtig für eine gute Schweißnaht. Die empfohlenen Vorwärmtemperaturen zeigt die nachfolgende Tabelle für niedrig- oder unlegierte Werkstoffe.

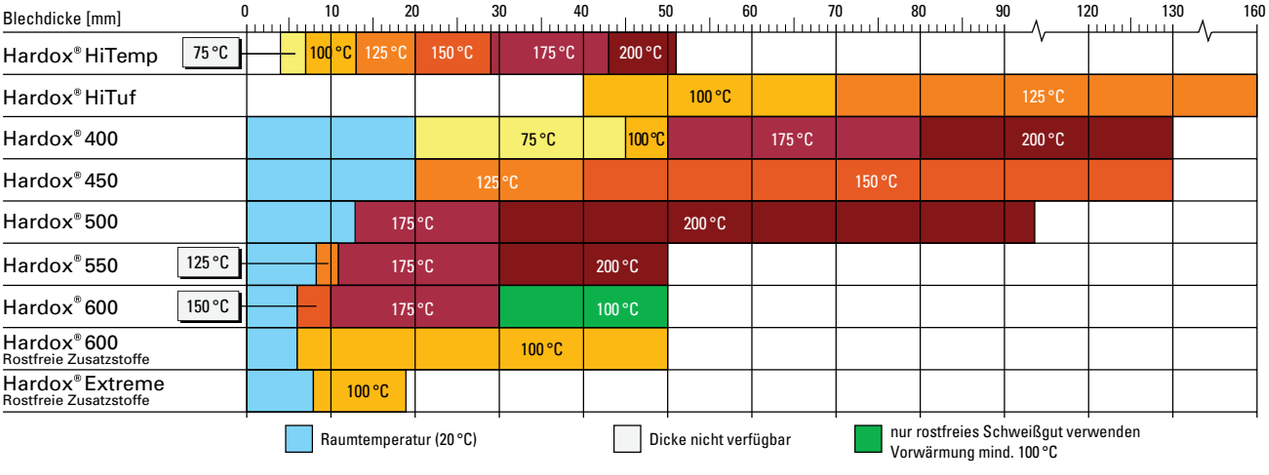
Bitte beachten Sie:

- Für Bleche unterschiedlicher Dicke orientieren Sie sich am dickeren Blech.
- Für unterschiedliche Blechwerkstoffe orientieren Sie sich an dem mit der höheren Vorwärmtemperatur.
- Für Wärmeeintrag unter 1,7 kJ/mm erhöhen Sie die Temperatur um 25 °C, unter 1,0 kJ/mm orientieren Sie sich bitte im WearCalc-Programm.
- Bei niedrigen Außentemperaturen oder hoher Luftfeuchtigkeit erhöhen Sie die Temperatur um 25 °C.
- Bei DV- oder DY-Nähten legen Sie die erste Raupe außerhalb der Blechmitte an.

HARDOX® 450 / HARDOX® 600

HARDOX® WEAR PLATE

Empfohlene Mindest-Arbeitstemperatur



Die Höchsttemperaturen nach dem Schweißen einer Lage und vor Aufschweißen einer weiteren Lage sind:

Hardox® HiTemp	300 °C
Hardox® HiTuf	300 °C
Hardox® 400	225 °C
Hardox® 450	225 °C
Hardox® 500	225 °C
Hardox® 550	225 °C
Hardox® 600	225 °C
Hardox® Extreme	100 °C

Hardox 450
Hardox 600

Verwendung von Heizmatten

Elektrische Vorwärmung hat sich bewährt.
Es ist praktisch, die Temperatur an der Rückseite zu messen.
Dabei empfiehlt sich, etwa 2 min/25 mm Blechdicke abzuwarten.
Die Temperatur sollte ca. 75 – 150 mm beidseitig der Schweißfuge erreicht sein.

Grundierte Bleche

Durch den geringen Zinkgehalt kann direkt auf der Hardox®-Grundierung geschweißt werden, gleichwohl ist es vorteilhaft, die Grundierung mit der Drahtbürste zu entfernen, um Porositäten zuvermeiden. Gute Belüftung ist wichtig für die Gesundheit des Schweißers und der Personen in der Nähe.

Wärmebehandlung

Eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen ist nicht vorgesehen, um die mechanischen Eigenschaften von Hardox® zu erhalten.

HARDOX® 450 / HARDOX® 600

Thermisches Trennen von Hardox®

Hardox®-Werkstoffe sind besonders reine Stähle, ihr niedriger Legierungsgehalt bewirkt, dass diese leicht thermisch zu trennen sind. Dabei kann man sowohl laserschneiden, plasmaschneiden als auch brennschneiden.

Toolox® hingegen sollte möglichst nur kalt getrennt werden, um das einzigartig spannungsarme Gefüge zu erhalten. In Frage kommen daher das Sägen, Wasserstrahlschneiden oder Scheren; das Laserschneiden ist auf recht dünne Bleche beschränkt.

Thermisches Trennen von Hardox® ist so einfach wie bei Baustählen. Lediglich bei dickeren Abmessungen sollte man Vorkehrungen treffen, um Kantenrisse zu vermeiden. In der Wärmeeinflusszone tritt naturgemäß ein Verlust an Härte dieser vergüteten Stähle ein.

Hardox 450
Hardox 600

Risse an Schneidkanten sind denen durch Wasserstoffversprödung ähnlich. Sie können zwischen 48 h und einigen Wochen nach dem Schnitt auftreten, es handelt sich also um einen verzögerten Prozess. Das Risiko steigt mit Härte und Blechdicke, es kann mit den nachstehenden Vorkehrungen vermindert werden:

- Vorwärmung des Werkstückes
- Nachwärmung nach dem Schnitt
- reduzierter Vorschub beim Schnitt
- Kombination aus Vorwärmung, Nachwärmung, Vorschubreduzierung und langsame Abkühlung der Wärmeeinflusszone.

Bei allen Arten des Laserschneidens sowie beim Plasmaschneiden unter Stickstoff wird Vorwärmung nicht empfohlen, da diese negativen Einfluss auf die Schnittqualität haben könnte. Die Vorwärmung beim Brennschneiden und Plasmaschneiden mit Sauerstoff empfiehlt sich im Ofen, mit Schweißflamme oder elektrischen Wärmematten durchzuführen. Ofenerwärmung ist vorzuziehen, sie ergibt gleichmäßige Temperaturen des gesamten Bleches. Die Abbildung zeigt die Vorwärmung mit Flamme. Dabei achte man darauf, dass die Flammen stets in Bewegung bleiben, um das Blech nicht lokal zu überhitzen. Die Temperatur misst man vorzugsweise an der Rückseite. Bei Verwendung elektrischer Matten erwärmt man etwa über Nacht auf 150 °– 200 °C und schneidet morgens.

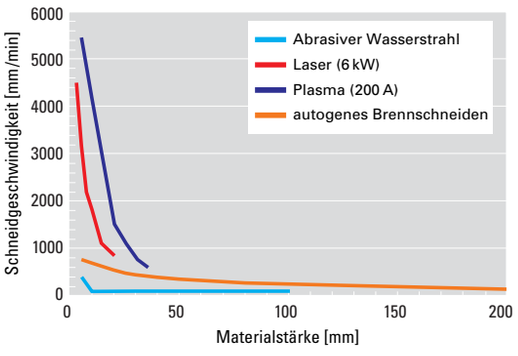
Nachwärmung ist ein zuverlässiges Verfahren zur Rissvermeidung, auch hier finden Ofen oder Flamme Verwendung. Dabei ist es wichtig, so bald wie möglich nachzuwärmen, mit höchstens 30 Minuten Wartezeit. Die Temperaturen in der unteren Tabelle sollten nicht überschritten werden. Die Nachwärmzeit im Ofen kann als Faustregel mit etwa 5 Minuten pro mm Blechdicke angenommen werden. Mit der Flamme sollten 700 °C an der Schnittkante nicht überschritten werden, das entspricht einem recht dunklen Rot, bei höheren Temperaturen muss die Nachwärmung wiederholt werden.

Vorwärmtemperaturen für Brennschneiden der Hardox®-Typen

	Plattendicke [mm]	*Vorheiztemperatur [°C]*	
		min	*max*
Hardox® HiTemp	5–51	kein Vorwärmen	500
Hardox® HiTuf	<90 ≥90	kein Vorwärmen 100	300
Hardox® 400	<45 45–59,9 60–80 >80	kein Vorwärmen 100 150 175	225
Hardox® 450	<40 40–49,9 50–69,9 ≥70	kein Vorwärmen 100 150 175	225
Hardox® 500	<25 25–49,9 50–59,9 ≥60	kein Vorwärmen 100 150 175	225
Hardox® 550	<20 20–51 >51	kein Vorwärmen 150 175	200
Hardox® 600	<12 12–65	kein Vorwärmen 175	180
Hardox® Extreme*	8–19	100	100

* SSAB empfiehlt Wasserstrahlschneiden. Wenn nur Brennschneiden verfügbar ist, folgen Sie den Empfehlungen in der Tabelle.

Schnittgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Materialstärke für unterschiedliche Schneidprozesse



Bei niedriger Vorschubgeschwindigkeit wird die Wärmeeinflusszone größer, Restspannungen werden geringer, die Rissgefahr sinkt. Man bedenke, dass langsames Schneiden nicht so zuverlässig Risse vermeidet wie Vor- oder Nachwärmen. Die Geschwindigkeit in der oberen Abbildung sollte, abhängig von der Blechdicke, nicht überschritten werden.

HARDOX® 450 / HARDOX® 600

HARDOX® WEAR PLATE

Unabhängig davon, ob vorgewärmt wurde, reduziert langsame Abkühlung die Gefahr von Rissen. Hilfreich ist das enge Stapeln der Zuschnitte oder die Abdeckung mit Isoliermatten.

Scharfe Ecken in der Schneidkontur begünstigen Risse, solche lassen sich am besten konstruktiv vermeiden. Das Abtrennen scharfer Ecken am Schneidrest hat sich bewährt, um das Restblech rissfrei zu halten.

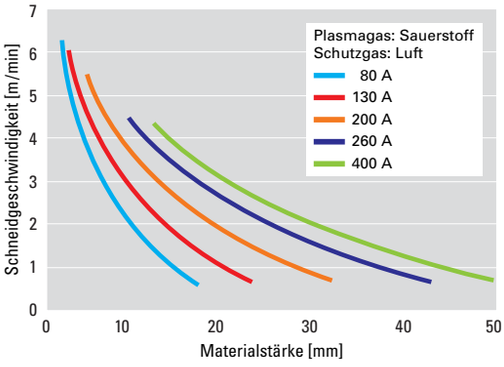
Brennschneiden ist auch bei sehr dicken Blechen möglich, der Druck des Schneidgases ist unabhängig von der Härte des Bleches. Die Schneidgeschwindigkeit sollte die Werte in der folgenden Tabelle nicht überschreiten.

		Maximale Schneidgeschwindigkeit für Brennschneiden ohne Vorwärmen [mm/min]							
		Hardox® HiTemp	Hardox® HiTuf	Hardox® 400	Hardox® 450	Hardox® 500	Hardox® 550	Hardox® 600	Hardox® Extreme
Maximale Plattendicke [mm]	12	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	**
	15	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	300	**
	20	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	200	**
	25	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	300	270	180	
	30	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	250	230	150	
	35	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	230	190	140	
	40	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	230	200	160	130	
	45	keine Beschränkung	230	230	200	170	140	120	
	50	keine Beschränkung	210	210	180	150	130	110	
	60		200	200	170	140	*	*	
	70		190	190	160	135	*	*	
	80		180	180	150	130			
	>80		*	*	*	*			

* nur mit Vorwärmen möglich
** SSAB empfiehlt Wasserstrahlschneiden.

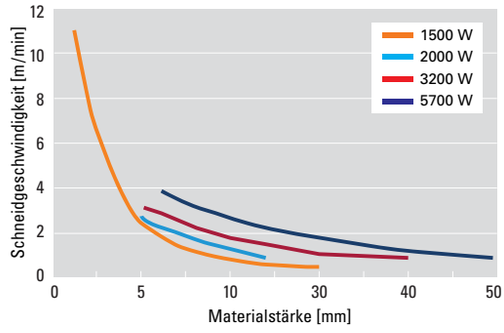
Langsames Schneiden reicht nicht aus um Rissen beim Schneiden von Hardox® Extreme entgegenzuwirken. Wenn nur das Brennschneiden zur Verfügung steht, nutzen Sie das Vorwärmen und das Nachwärmen mit einem Brenner zusammen.

Abbildung 1



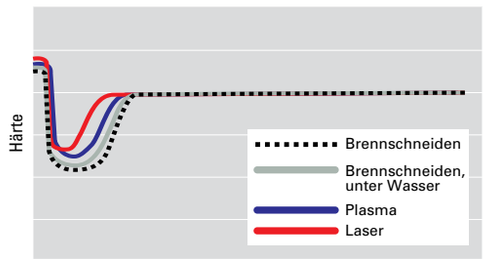
Plasmaschneiden wird hauptsächlich bis 50 mm Dicke angewandt, Abbildung 1 zeigt die Vorschübe. Hardox® 600 und Hardox® Extreme müssen vor- oder nachgewärmt werden.

Abbildung 2



Laserschneiden ist bis etwa 25 mm üblich, Vorschübe zeigt die Abbildung 2. Vorwärmung ist nicht erforderlich, sie schadet eher in Hinblick auf die Schnittqualität. Hardox® wird grundiert geliefert, die Grundierung reduziert jedoch die Schnittgeschwindigkeit.
Dem kann mit einem vorgelagerten „Verdampfungsschnitt“ begegnet werden.

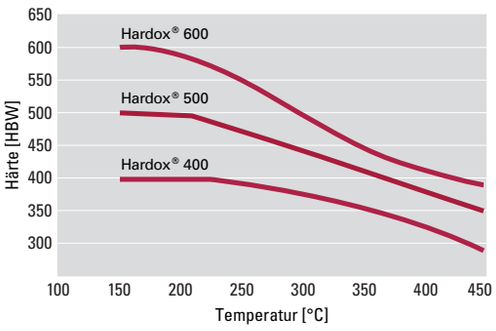
Abbildung 3



Der Eigenschaft der **Wärmeeinflusszone** hängt von
- der vorangegangenen Wärmebehandlung des Stahls,
- der Legierung sowie
- dem thermischen Einfluss des Schneidens ab.

Langsames Schneiden vergrößert die Einflusszone. Brennschneiden zeigt den größten Einfluss, gefolgt vom Plasmaschneiden, die geringste Wirkung zieht Laserschneiden nach sich.
Einen Überblick gibt Abbildung 3.

Abbildung 4



Ein **Härteverlust** stellt sich bei kleinen Werkstücken besonders leicht ein. Als Anhaltswert muss man bei Blechen über 30 mm Dicke von einem vollflächigen Härteverlust ausgehen, wenn Schneidkanten weniger als 200 mm voneinander entfernt sind. Hier empfehlen sich kalte Schneidverfahren, notfalls ist Laserschneiden oder Plasmaschneiden der Vorzug vor dem Brennscheiden zu geben. Unterwasserschneiden reduziert den Härteverlust in der Wärmeeinflusszone, allerdings ist hier Vorwärmung nicht möglich. Daher sollte Nachwärmung und verringerter Vorschub erwogen werden. Abbildung 4 zeigt die Härte in Abhängigkeit von der Anlasstemperatur.