



durostat®

Verschleißfeste Bleche aus warmgewalztem Stahlband

Durch die hohen Härte-Werte von 250 – 500 HB sind die martensitischen durostat® Stähle von voestalpine überall dort einsetzbar, wo hoher Widerstand gegen abrasiven Verschleiß gefragt ist. Dieser äußert sich entweder als **Gleitverschleiß** (sliding abrasive wear) oder als **Prallverschleiß** (impact abrasive wear) – oder als Kombination von beiden.

Zur Vergleichbarkeit von Stahlwerkstoffen hinsichtlich Verschleißverhalten werden verschiedene Labortests verwendet, die unterschiedliche Verschleißmechanismen gut abbilden. Beim Hochskalieren auf ein reales tribologisches System ist jedoch darauf zu achten, wie gut der Laborversuch die Praxisverhältnisse widerspiegelt.

Durch den Einsatz von durostat® kann die Einsatzdauer und die damit verbundenen Serviceintervalle von Bauteilen wie Baggerschaufeln, Kipperflächen, Förderrutschen, Verschleißflächen in Güter- und Schüttgutwaggons, Containern oder Betonmischern deutlich verlängert werden.

Überzeugende Vorteile:

- » Hoher Verschleißwiderstand - geringere Abrasion
- » Verlängerte Einsatzdauer und Serviceintervalle
- » Leichtbauanwendung aufgrund hoher Festigkeit



Premiumqualität
mit reduziertem CO₂-Fußabdruck

durostat®
greentec steel

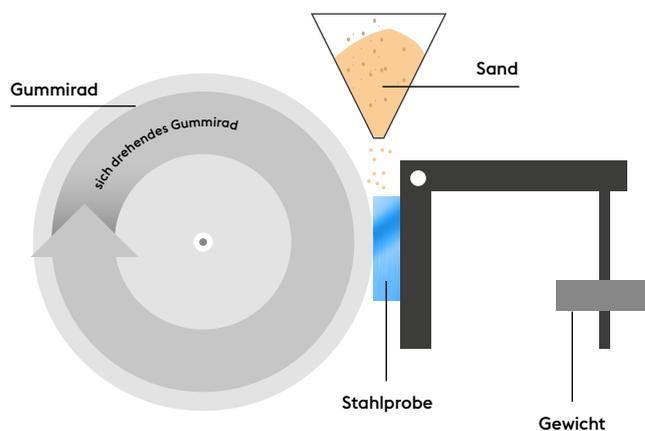


Die im vorliegenden Dokument gezeigten Ergebnisse wurden an den unabhängigen Prüfinstituten TU Clausthal (D) und Tampere Wear Center (FI) durchgeführt.

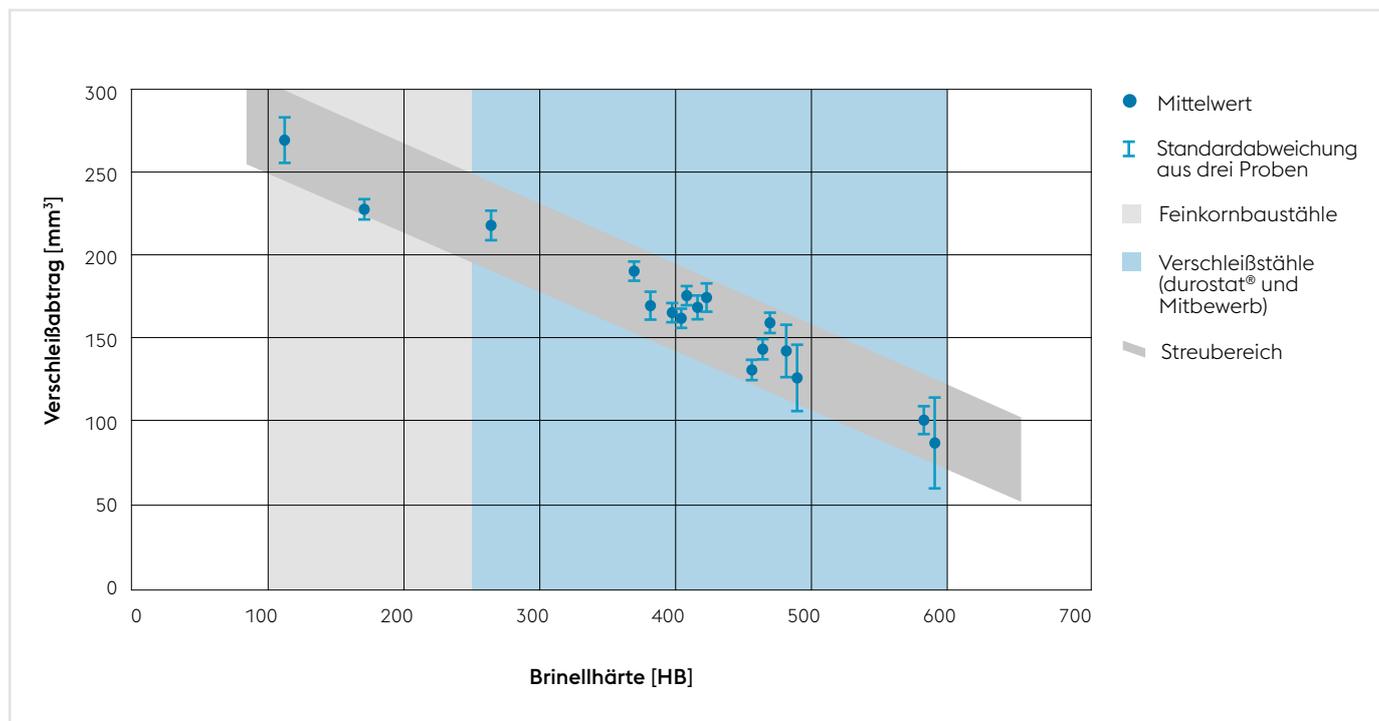
Gleitverschleiß

Zur Untersuchung des Gleitverschleißes der durostat® Stähle wurden Reibradtests in Anlehnung an ASTM G65 durchgeführt, bei denen zwischen einem Gummirad und der Probe trockener bzw. feuchter Quarzsand als Abrasiv eingebracht wird. Damit beschreibt der Versuch den klassischen 2-Körper-Verschleiß, wie er beim Abrutschen von Gestein an Kipperflächen, Förderrutschen oder Baggerschaufeln auftritt.

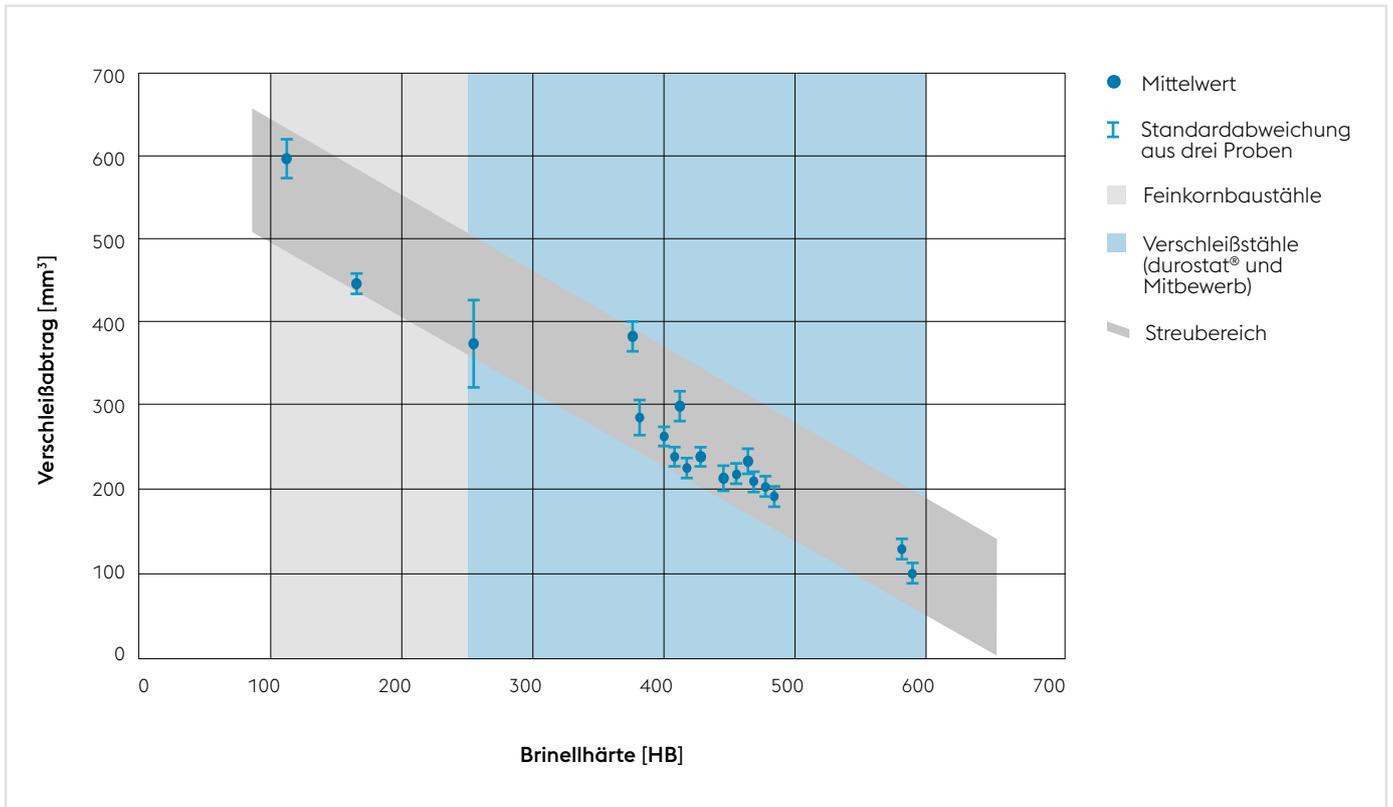
Versuchsanordnung Institut ISAF, TU Clausthal (Deutschland)



Reibradtest ASTM 65 mit trockenem Sand



Reibradtest ASTM 65 mit nassem Sand



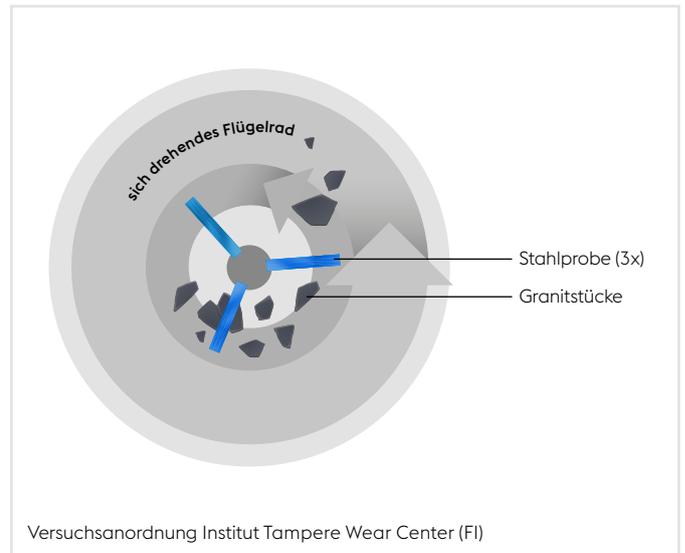
Signifikant verringerter Gleitverschleiß

Die Ergebnisse zeigen, dass der wesentliche Einflussfaktor auf das gleitende Verschleißverhalten die Härte ist. Dementsprechend weisen die martensitischen Stähle **wie der durostat® von voestalpine** einen deutlich höheren Widerstand gegen Gleitverschleiß als klassische Baustähle oder mikrolegierte Stähle auf.

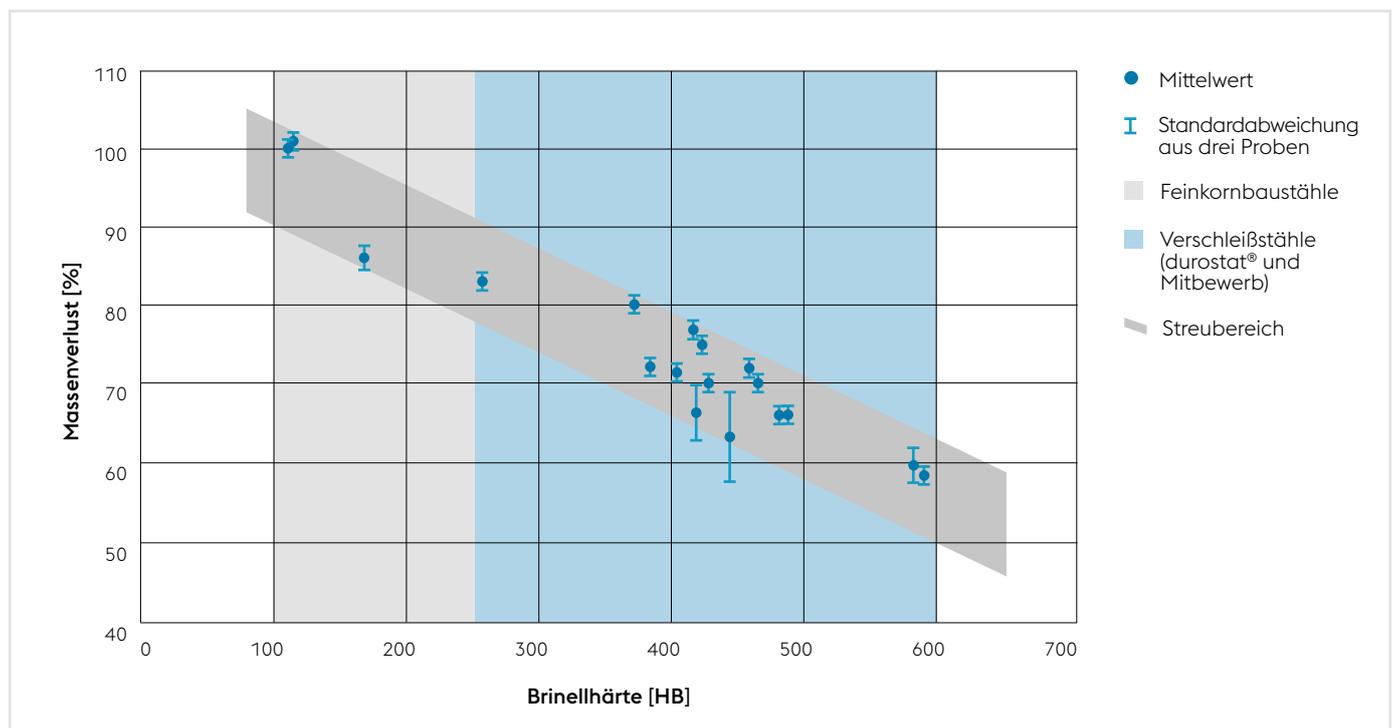
Prallverschleiß

Zur Charakterisierung des Prallverschleißes wurden Impeller-Tumbler-Versuche durchgeführt (Institut: Tampere University, Tampere Wear Center). Ein außen befindliches Schaufelrad (Tumbler) transportiert das Material (hier: Kuru Granit in 10 bis 12,5 mm Körnung) mit langsamer Geschwindigkeit (30 U/min) hoch; an dem sich schnell drehenden Flügelrad (Impeller mit 700 U/min) befindet sich das zu testende Material, das durch die Aufschlagenergie den Granit zerkleinert.

Dabei kommt es an den Proben einerseits zur Furchen- und Muldenbildung und andererseits zum Abtrag dieser stark verformten Bereiche durch nachfolgend auftreffende Abrasivteilchen. Praxisbeispiel: Erdbearbeitung (Agrar – Grubber, Scheibenegge, Beladevorgänge im Kipper oder Güter- und Schüttgutwaggons).



Impeller-Tumbler-Ergebnisse relativ zur Referenz [%]



Signifikant verringerter Prallverschleiß

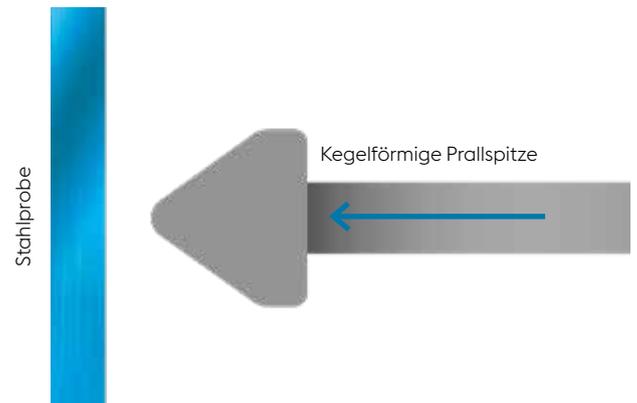
Wie beim Gleitverschleiß zeigt sich die sehr gute Performance der martensitischen durostat® Stähle auch beim Prallverschleiß.

Impact-Test

Um extreme Belastungen des Materials beim Beladen vonkippermulden mit großen Gesteinsbrocken, Schrott oder ähnlichem zu testen, wurden in einem Impact-Simulator Versuche durchgeführt. Dabei wird ein Schlitten mit einer kegelförmigen Prallspitze und mit definierter Energie auf die Probe geschossen. Die verbleibende Dellentiefe wird an der Versuchsplatte vermessen.

Gepüft wurde:

Werkstoffe	Materialdicke
S355MC	10 mm
durostat 250	7 mm
durostat 400	5 mm
durostat 450	4 mm



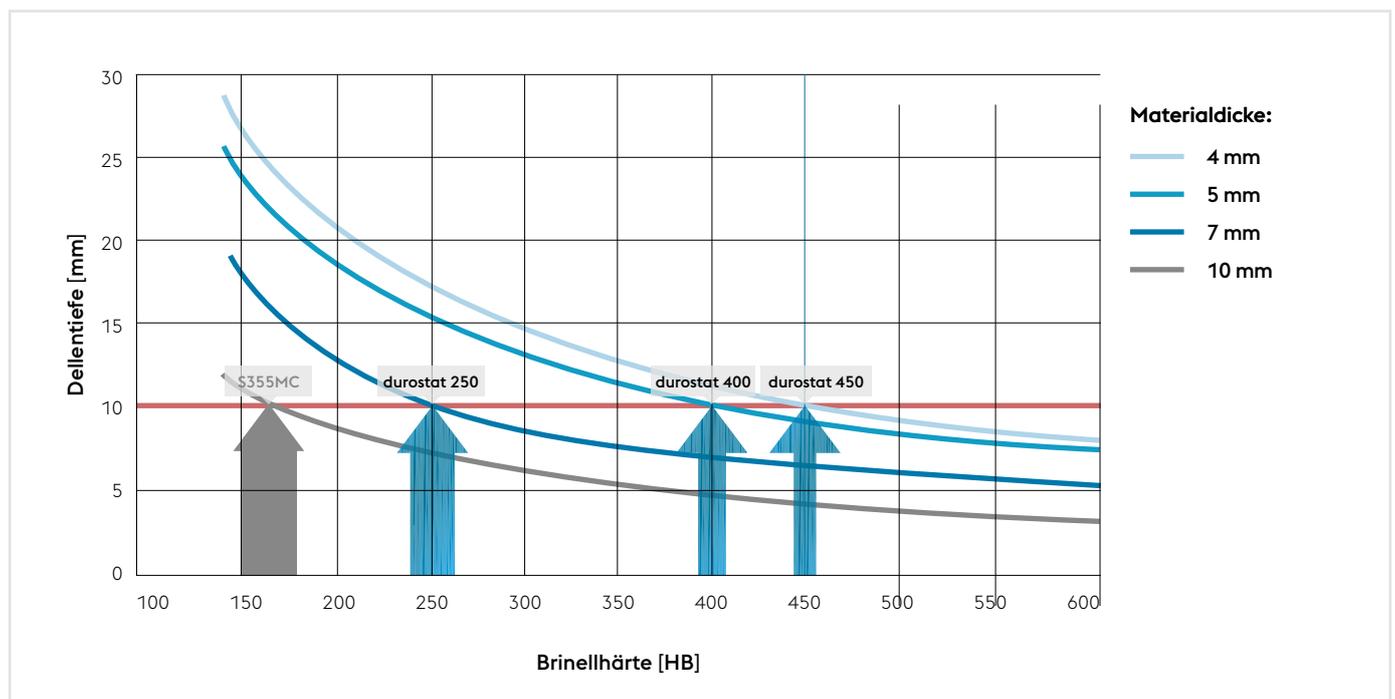
Ergebnisse

Mit zunehmender Härte der Werkstoffe sinkt die notwendige Materialdicke für gleiche Dellentiefe (rote Linie im Diagramm). Dies schafft Möglichkeiten für Leichtbauanwendungen. Bei zunehmender Härte der Werkstoffe sinkt bei gleicher Materialdicke die Dellentiefe (Kurven im Diagramm). Damit sind noch widerstandsfähigere Bauteile und Bauteilgruppen realisierbar.

durostat® als bestes Material im Impact-Test.

Beispiel

Für eine Dellentiefe von 10 mm würde man bei einem S355MC 10 mm Materialdicke benötigen, während es beim durostat 450 nur 4 mm sind. Damit können bei gleichem Verformungswiderstand leichtere Bauteile/Bauteilgruppen erzeugt werden, die die Fertigung von nachhaltigen (verringertes Material- und Treibstoffverbrauch, CO₂ Reduktion) und wirtschaftlichen (Erhöhung der Nutzlast) Endprodukten ermöglichen.



GUTE SCHWEISSEIGNUNG AUFGRUND NIEDRIGEN KOHLENSTOFFGEHALTES

Bleche aus durostat® lassen sich aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung mit allen gängigen Schmelzschweißverfahren gut verschweißen. Die Wärmeeinflusszone von Schweißnähten ist einerseits durch das Auftreten einer Anlasserweichung und andererseits durch eine fehlende Aufhärtung gegenüber dem während der Herstellung gehärteten Grundwerkstoff geprägt.

Werkstoff	Typische Werte				Gruppeneinteilung nach ISO/TR 15608
	C-Gehalt [%]	CET ¹⁾ [%]	CEV ²⁾ [%]	PCM ³⁾ [%]	
durostat 400	0,11	0,35	0,54	0,26	3.2 ⁴⁾
durostat 450	0,15	0,39	0,58	0,30	3.2 ⁴⁾
durostat 500	0,19	0,43	0,61	0,34	3.2 ⁴⁾

¹⁾CEV=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15

²⁾CET=C+(Mn+Mo)/10+(Cr+Cu)/20+Ni/40

³⁾PCM=C+Si/30+(Mn+Cu+Cr)/20+Ni/60+Mo/15+V/10+B-5

⁴⁾Lieferzustand gehärtet

SCHWEISSTECHNISCHE VERARBEITUNGSHINWEISE

Anlasserweichung

Die Breite der Anlasserweichung ist direkt von der Abkühlzeit ($t_{8/5}$ -Zeit) abhängig. Die Auswirkungen der Anlasserweichung auf die Festigkeitseigenschaften quer zur Schweißverbindung sind von der relativen Breite der weichen Zone (Verhältnis Breite der weichen Zone zu Blechdicke) als auch von den Festigkeitseigenschaften des Schweißgutes abhängig.

Aufhärtung – nicht vorhanden

Aufgrund des rein martensitischen Werkstoffkonzeptes, kann die maximale Härte in der Wärmeeinflusszone, die Härte des Grundwerkstoffes nicht übersteigen. Sie ist ausschließlich vom Kohlenstoffgehalt abhängig. Das Kohlenstoffäquivalent hat damit nur einen Einfluss auf das Umwandlungsverhalten und die Abnahme der maximalen Härte mit steigender $t_{8/5}$ -Zeit. Die Bestimmung der Härtewerte in der Schweißverbindung erfolgt mit Vickers (HV). Mithilfe der Umwertungstabelle nach EN ISO 18265, Tabelle A.1 können die Härtewerte in Brinell (HB) bzw. Zugfestigkeit (R_m) abgeschätzt werden.

Vorwärmen – nicht notwendig

Bis zu einer Blechdicke von 6 mm ist prinzipiell kein Vorwärmen notwendig.

Dies gilt unter folgenden Voraussetzungen:

- » Verwendung von Schweißzusatzwerkstoffen und Schweißhilfsstoffen, die im Schweißgut zu einem sehr geringen Wasserstoffgehalt führen (HD < 5 ml/100 g Schweißgut). Die Vorschriften bezüglich Lagerung und Rücktrocknung der Hersteller sind zu beachten.
- » Die Bleche sollen im Stoßbereich sauber, trocken und frei von Beschichtungen, Rost und Zunder sein.

In abweichenden Fällen wird eine Abschätzung der Vorwärmtemperatur nach EN 1011-2, C.3 – Methode B bzw. SEW 088 empfohlen. Je nach klimatischen Bedingungen (Unterschreitung des Taupunktes bzw. kondensierende Luftfeuchtigkeit) wird ein Trocknen der Schweißkanten bei mind. 80 °C unmittelbar vor dem Schweißen empfohlen.

Taupunkt und Vorwärmtemperatur lassen sich unter anderem auch mit dem voestalpine welding calculator abschätzen.

Lichtbogenhandschweißen (111) und Metallschutzgasschweißen (MAG, 135)

Die Festigkeitseigenschaften quer zur Schweißverbindung werden unter anderem durch das Festigkeitsniveau des gewählten Zusatzwerkstoffes beeinflusst.

Zusatzwerkstoffe

Material	Festigkeitsniveau / Härte des Zusatzwerkstoffes bzw. des reinen Schweißgutes				Zusatzwerkstoff		
	Umwertung nach DIN EN ISO 18265 Tabelle A.1				Elektrode Lichtbogenhandschweißen (111)	Massivdraht MAG (135)	Fülldraht MAG (136, 138)
	HB ~ 0,30 x R _m	HB ↔ HV, HRC					
durostat 400 HB 360 - 440	R _m ≥ 500 MPa	HB ≥ 148	HV ≥ 156	-	z. B. BÖHLER FOX EV 50, ... AWS A5.1: E7018-1H4R EN ISO 2560-A: E 42 5 B 4 2 H5	z. B. BÖHLER EMK 6, UNION K 52, ... AWS A5.18: ER70S-6 EN ISO 14341-A: G 42 4 M21 3Si1	-
	R _m ≥ 530 MPa	HB ≥ 156	HV ≥ 164	-	z. B. BÖHLER FOX EV 60, ... AWS A5.5: E8018-C3 H4R EN ISO 2560-A: E 46 6 1Ni B 4 2 H5	z. B. BÖHLER EMK 8, UNION K 56, ... AWS A5.18: ER70S-6 EN ISO 14341-A: G 46 4 M21 4Si1	z. B. diamondspark 52 MC, BC, RC, ... AWS A5.36: E71T15, E70T5, E71T1 EN ISO 17632-A: T 46 4 M, T 46 4 B, T 46 4 P
	R _m ≥ 690 MPa	HB ≥ 204	HV ≥ 215	-	z. B. BÖHLER FOX EV 75, ... AWS A5.5: E10018-G H4R EN ISO 18275-A: E 62 6 Mn2NiCrMo B 4 2 H5	z. B. UNION NiMoCr, ... AWS A5.28: ER100S-G EN ISO 16834-A: G 69 6 M21 Mn4Ni1,5CrMo	z. B. diamondspark 620 MC, RC, ... AWS A5.36: E101T15, E101T1 EN ISO 18276-A: T 62 4 Z M, T 62 4 Mn1,5Ni P
	R _m ≥ 760 MPa	HB ≥ 224	HV ≥ 236	HRC ≥ 20	z. B. BÖHLER FOX EV 85, ... AWS A5.5: E11018-G H4R EN ISO 18275-A: E 69 6 Mn2NiCrMo B 4 2 H5	z. B. BÖHLER NiCrMo 2,5-IG, UNION X85, ... AWS A5.28: ER110S-G EN ISO 16834-A: G 69 6 M21 Mn3Ni2,5CrMo G 79 5 M21 Mn4Ni1,5CrMo	z. B. diamondspark 700 MC, BC, RC, ... AWS A5.36: E111T15, E110T5, E111T1 EN ISO 18276-A: T 69 6 Mn2NiCrMo M, T 69 6 1Mn2NiCrMo B, T 69 6 Z P
	R _m ≥ 940 MPa	HB ≥ 277	HV ≥ 291	HRC ≥ 29		z. B. BÖHLER X90-IG, Union X90, ... AWS A5.28: ER120S-G EN ISO 16834-A: G 89 6 M21 Mn4Ni2CrMo	z. B. diamondspark 900 MC, BC, ... AWS A5.36: 131T15, E130T5 EN ISO 18276-A: T 89 5 ZMn2NiCrMo M, T 89 4 Mn2NiCrMo B
durostat 450 HB 410 - 490	R _m ≥ 760 MPa	HB ≥ 224	HV ≥ 236	HRC ≥ 20			
durostat 500 HB 460 - 540	R _m ≥ 980 MPa	HB ≥ 289	HV ≥ 304	HRC ≥ 30		z. B. UNION X96, ... AWS A5.28: ER120S-G EN ISO 16834-A: G 89 5 M Mn4Ni2,5CrMo	z. B. diamondspark 960 MC, ... EN ISO 18276-A: T 89 4 ZMn2NiCrMo M

Verschleißbeständige Zusatzwerkstoffe

Ist es konstruktiv erforderlich, dass Schweißnähte die gleiche Verschleißbeständigkeit wie der Grundwerkstoff aufweisen, kann die Decklage mit verschleißbeständigen Zusatzwerkstoffen ausgeführt werden.

Werkstoff	Festigkeitsniveau / Härte des Zusatzwerkstoffes bzw. des reinen Schweißgutes				Zusatzwerkstoff			
	Umwertung nach DIN EN ISO 18265 Tabelle A.1				Elektrode Lichtbogenhand- schweißen (111)	Fülldraht ohne Schutzgas (114)	Massivdraht MAG (135)	Metallpulver- Fülldraht MAG (138)
	R _m ~ 3,39 x HB	HB ↔ HV, HRC						
durostat 400 HB 360 - 440	HB ≥ 250	R _m ≥ 847 MPa	HV ≥ 263	HRC ≥ 24	z. B. UTP DUR 250, ... EN 14700: E Fe 1 DIN 8555: E 1-UM-250	z. B. SK BU-O, ... EN 14700: T Fe 13 mod. DIN 8555: MF 1-GF-300 P	z. B. UTP A DUR 250, ... EN 14700: SZ Fe 1 DIN 8555: MSG 1-GZ-250	z. B. UTP AF ROBOTIC 250, ... EN 14700: T Fe 1 DIN 8555: MSG 1-GF-250-P
durostat 450 HB 410 - 490	HB ≥ 350	R _m ≥ 1186 MPa	HV ≥ 368	HRC ≥ 37	z. B. UTP DUR 350, ... EN 14700: E Fe 1 DIN 8555: E 1-UM-350	z. B. SK 242-O, ... EN 14700: T Fe 1 DIN 8555: MF 1-GF-40-P	z. B. UTP A DUR 350, ... EN 14700: SZ Fe 2 DIN 8555: MSG 2-GZ-400	z. B. UTP AF ROBOTIC 352, ... EN 14700: T Fe 1 DIN 8555: MSG 1-GF-350-P
durostat 500 HB 460 - 540	HB ≥ 532	R _m ≥ 1845 MPa	HV ≥ 580	HRC ≥ 53	z. B. UTP DUR 600, ... EN 14700: E Fe 8 DIN 8555: E 6-UM-60	z. B. SK 258-O, ... EN 14700: T Fe 1 DIN 8555: MF 6-GF-55-GT	z. B. UTP A DUR 600, ... EN 14700: S Fe 8 DIN 8555: MSG 6-GZ-60-S	z. B. UTP AF ROBOTIC 600, ... EN 14700: T Fe 1 DIN 8555: MSG 6-GF-60-GP

Laserstahlschweißen (521, 522, 523) und Laserstrahl-Lichtbogen-Hybridschweißen

Aufgrund des konzentrierteren Energieeintrags und der damit verbundenen rascheren Abkühlung ergeben sich, im Vergleich zum Lichtbogenhandschweißen und Metallschutzgasschweißen, eine reduzierte Anlasserweichung in der Wärmeeinflusszone und ein höheres Festigkeitsniveau im Schweißgut.



Nähere Informationen zum voestalpine Welding Calculator unter:
www.voestalpine.com/alform/Welding-Calculator





Premiumqualität mit reduziertem CO₂-Fußabdruck

durostat®
greentec steel

Warmgewalztes Stahlband – greentec steel Edition

Max. CO₂-Fußabdruck 2,10 kg CO₂e/kg Stahl ¹⁾

¹⁾ nach EN 15804+A2 (Methodik EPD) „Cradle-to-Gate“

Sämtliche in den voestalpine Lieferspektren angeführten Produkte, Abmessungen und Stahlsorten sind auch in der greentec steel Edition erhältlich.

Die in dieser Druckschrift enthaltenen Informationen und Produktmerkmale dienen ausschließlich als unverbindliche, technische Orientierungshilfe und ersetzen keinesfalls eine individuelle Beratung durch unser Verkaufs- und Kundenserviceteam. Die in dem Factsheet enthaltenen Informationen und Produktmerkmale gelten nur als zugesicherte Eigenschaften, sofern individuell vertraglich vereinbart. Technische Änderungen sowie Satz- und Druckfehler vorbehalten. Nachdruck, wenn auch nur auszugsweise, nur mit ausdrücklicher Genehmigung der voestalpine Stahl GmbH.

Erfahren Sie mehr über durostat®
und besuchen Sie uns auf
www.voestalpine.com/durostat

