

Steel

perform[®]

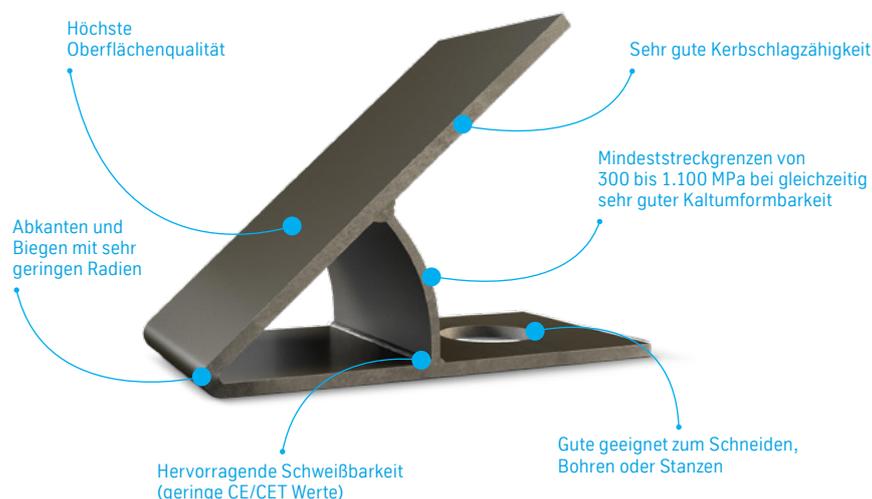
Produktinformation für hochfestes thermomechanisch gewalztes Warmband und Bandblech



thyssenkrupp

Stand: 15. November 2019, Version 0 / WB 660

Kurzporträt



perform[®] von thyssenkrupp ist ein mikrolegierter thermomechanisch gewalzter Kaltumformstahl, der als unbeschichtetes Warmbreitband und Bandblech in den unter Abschnitt „Lieferbare Abmessungen“ genannten Maßen lieferbar ist.

Kennzeichnend für die perform[®]-Stähle sind der besonders geringe Schwefelgehalt, der niedrige Gehalt an Kohlenstoff und die Mikrolegierung von Niob, Vanadium, Titan sowie deren Kombination.

perform[®]-Stähle sind hervorragend kalt umformbar und schweißbar. Das extrem feinkörnige Gefüge führt zusätzlich zu einer sehr guten Zähigkeit mit geringem Kaltriss-Risiko. thyssenkrupp bietet perform[®]-Stähle in unterschiedlichen Streckgrenzenstufen von 300 bis 1100 MPa an.

perform[®]-Stähle werden vorrangig für komplexe Bauteilgeometrien wie z. B. Fahrzeugrahmen, Achskonstruktionen, Träger und Säulen der Rohkarosserie, Spezialprofile und Formteile im Fahrzeug- und Nutzfahrzeugbau verwendet.

Inhalt

01	Kurzporträt
02	Lieferbare Stahlsorten
02	Bemerkungen
03	Technische Merkmale
04	Hinweise für die Anwendung und Verarbeitung
07	Lieferbare Abmessungen Warmbreitband und Bandblech
18	Anwendungsbeispiele

Lieferbare Stahlsorten

Stahlsortenbezeichnungen und Lieferformen

Stahlsorte	Vergleichsgüte DIN EN 10149-2	Vergleichsgüte VDA 239-100	Werkstoff-Nr.	Lieferform			
				Warmbreitband	Produktausführung scalur® Warmbreitband	Bandblech	Produktausführung scalur® Bandblech
perform® 300	–	HR300LA	–	●			
perform® 315	S315MC	–	1.0972	●	●		
perform® 340	–	HR340LA	–	●			
perform® 355	S355MC	–	1.0976	●	●		
perform® 380	–	HR380LA	1.0978	●			
perform® 420	S420MC	HR420LA	1.0980	●	●		
perform® 460	S460MC	HR460LA	1.0982	●	●		
perform® 500	S500MC	HR500LA	1.0984	●	●	●	●
perform® 550	S550MC	HR550LA	1.0986	●	●	●	●
perform® 600	S600MC	–	1.8969	●	●	●	●
perform® 650	S650MC	–	1.8976	●	●	●	●
perform® 700	S700MC	HR700LA	1.8974	●	●	●	●
perform® 900	S900MC	–	1.8798			●	
perform® 960	S960MC	–	1.8799			●	
perform® 1100	–	–	–			●	

● Lieferbar

Bemerkungen

Nach Vereinbarung sind die Güten perform® 300 bis 700 in Anlehnung an die DIN EN 10149-2 auch mit Verzinkungsfähigkeit, Kategorie A lieferbar.

Warmbreitband¹⁾ und Bandblech kann in den Oberflächenausführungen gebeizt und ungebeizt sowie mit Naturkante und besäumter Kante bestellt werden. Für die Oberflächenbeschaffenheit von Bandblechen gilt die DIN EN 10163.

Die Bandbleche werden mit Ebenheitstoleranzen gemäß DIN EN 10029, Tabelle 4, geliefert. Eingeschränkte Ebenheitstoleranzen können gemäß DIN EN 10029, Tabelle 5, bei der Bestellung besonders vereinbart werden.

Auf besondere Vereinbarung können die Bandbleche gestrahlt und geprimernt geliefert werden.

Für die zulässigen Maß- und Formabweichungen wird bei Warmbreitband und Bandblechen die DIN EN 10051 zugrunde gelegt.

Sofern in der Bestellung nicht anders vereinbart, gelten für die Lieferung die Bedingungen der DIN EN 10021.

Bestellungen von mikrolegierten Stählen gemäß DIN EN 10149-2 und VDA 239-100 sind ebenfalls möglich.

¹⁾ Für besäumte Kante und/oder gebeizte Ausführung sind nicht alle Dicken- und Breitenkombinationen möglich.

Technische Merkmale

Mechanische Eigenschaften – Prüfrichtung in Walzrichtung, Lieferzustand: thermomechanisch gewalzt

Stahlsorte	Streckgrenze R_{eH} [MPa] min.	Zugfestigkeit R_m [MPa]	Bruchdehnung		Kerbschlagarbeit		Dorndurchmesser beim faltversuch ³⁾ D [t = Probendicke]
			A [%] min. $L_0 = 80$ mm Nennstärke < 3,0 mm	$L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$ ≥ 3,0 mm	KV [J] min. bei einer Prüf­temperatur von –20 °C	KV [J] min. bei einer Prüf­temperatur von –40 °C	
perform® 300	300	380–500	21	25	40	27	0 t
perform® 315	315	390–510	20	24	40	27	0 t
perform® 340	340	420–540	19	23	40	27	0,5 t
perform® 355	355	430–550	19	23	40	27	0,5 t
perform® 380	380	450–590	17	21	40	27	0,5 t
perform® 420	420	480–620	16	19	40	27	0,5 t
perform® 460	460	520–670	14	17	40	27	1,0 t
perform® 500	500	550–700	12	14	40	27	1,0 t
perform® 550	550	600–760	12	14	40	27	1,5 t
perform® 600	600	650–820	11	13	40	27	1,5 t
perform® 650 ¹⁾	650 ²⁾	700–880	10	12	40	27	2,0 t
perform® 700 ¹⁾	700 ²⁾	750–950	10	12	40	27	2,0 t
perform® 900 ^{1), 4)}	900	940–1.200	–	10	60	30	8,0 t
perform® 960 ^{1), 4)}	960	980–1.200	–	10	60	30	8,0 t
perform® 1100 ^{1), 4)}	1.100	1.200–1.550	–	8	40	30	–

¹⁾ Lieferzustand: ggfl. zusätzlich angelassen.

²⁾ Für Dicken > 8 mm dürfen die Streckgrenzwerte um 20 MPa niedriger sein.

³⁾ Der faltversuch nach DIN EN ISO 7438 wird an Querproben genommen.

⁴⁾ Werte für Prüfrichtung quer zur Walzrichtung: R_{eH} min. und R_m min. (R_m max. entfällt), KV bei –20 °C min. 30 J, KV bei –40 °C min. 27 J – bei Bestellung gesondert zu vereinbaren.

Prüfumfang

Warmbreitband

Wenn bei der Bestellung nicht anders vereinbart, gilt für das Abnahmeprüfzeugnis 3.1 gemäß DIN EN 10204 der Prüfumfang gemäß DIN EN 10149-1 und 2. Der Kerbschlagbiegeversuch ist optional und bei der Bestellung entweder bei einer Prüf­temperatur von –20 °C oder –40 °C zu vereinbaren.

Bandblech

Wenn bei der Bestellung nicht anders vereinbart, gilt folgender Prüfumfang für die Abnahmeprüfungen:

Prüfung	Prüfumfang
1 Zugversuch	1 Probe pro 40 t einer Schmelze
1 Kerbschlagbiegeversuch ⁶⁾	1 Probensatz (3 Proben) pro 40 t einer Schmelze
1 faltversuch	1 Probe pro 40 t einer Schmelze

⁶⁾ Die Kerbschlagbiegeversuche nach DIN EN ISO 148 werden an Längsproben durchgeführt. Sie gelten als Mittel aus drei Proben, wobei kein Einzelwert unter 70% des vorgeschriebenen Tabellenwertes liegen darf. Die Werte gelten bei Blechdicken von 10 bis 20 mm. Bei Dicken unter 10 mm verringert sich der in der Tafel angegebene Kerbschlagarbeitswert proportional zur Probenbreite (Erzeugnisstärke). An Erzeugnissen unter 6 mm Dicke wird kein Kerbschlagbiegeversuch durchgeführt.

Der Kerbschlagbiegeversuch erfolgt standardmäßig bei einer Prüf­temperatur von –20 °C. Auf besondere Vereinbarung bei der Bestellung kann die Prüfung bei –40 °C durchgeführt werden.

Chemische Zusammensetzung

Massenanteile der Schmelzanalyse	C [%] max.	Si [%] ¹⁾ max.	Mn [%] max.	P [%] max.	S [%] max.	Al [%] min.	Nb [%] ³⁾ max.	V [%] ³⁾ max.	Ti [%] ³⁾ max.	Mo [%] max.	B [%] max.
Stahlsorte											
perform® 300	0,10	0,10	1,30	0,025	0,010 ²⁾	0,015	0,050	0,08	0,100	–	–
perform® 315	0,10	0,10	1,30	0,025	0,010 ²⁾	0,015	0,050	0,08	0,100	–	–
perform® 340	0,10	0,10	1,50	0,025	0,010 ²⁾	0,015	0,060	0,08	0,100	–	–
perform® 355	0,10	0,10	1,50	0,025	0,010 ²⁾	0,015	0,060	0,08	0,100	–	–
perform® 380	0,10	0,10	1,50	0,025	0,010 ²⁾	0,015	0,065	0,08	0,100	–	–
perform® 420	0,10	0,10	1,60	0,025	0,010 ²⁾	0,015	0,070	0,10	0,100	–	–
perform® 460	0,10	0,10	1,60	0,025	0,010 ²⁾	0,015	0,080	0,15	0,100	–	–
perform® 500	0,10	0,10	1,70	0,025	0,006	0,015	0,080	0,15	0,100	–	–
perform® 550	0,10	0,10	1,80	0,025	0,006	0,015	0,080	0,15	0,100	–	–
perform® 600	0,10	0,10	1,90	0,025	0,006	0,015	0,080	0,20	0,200	0,50	0,0050
perform® 650	0,10	0,30	2,00	0,025	0,006	0,015	0,080	0,20	0,200	0,50	0,0050
perform® 700	0,10	0,30	2,00	0,025	0,006	0,015	0,080	0,20	0,200	0,50	0,0050
perform® 900	0,12	0,30	1,70	0,020	0,006	0,015	0,060	0,12	0,050	0,70	0,0050
perform® 960	0,12	0,30	1,70	0,020	0,006	0,015	0,060	0,12	0,050	0,70	0,0050
perform® 1100	0,20	0,30	1,70	0,020	0,006	0,015	0,060	0,12	0,050	0,70	0,0050

¹⁾ Nach Vereinbarung sind die Güten perform® 300 bis 700 in Anlehnung an DIN EN 10149-2 mit Verzinkungsfähigkeit, Kategorie A, d. h. mit abgesenktem Si-Gehalt, lieferbar.

²⁾ Ein Schwefel-Gehalt von max. 0,006% kann bei Bestellung vereinbart werden.

³⁾ Für perform® 300 bis 700 darf die Summe der Legierungsanteile Nb, V und Ti 0,22% nicht überschreiten.

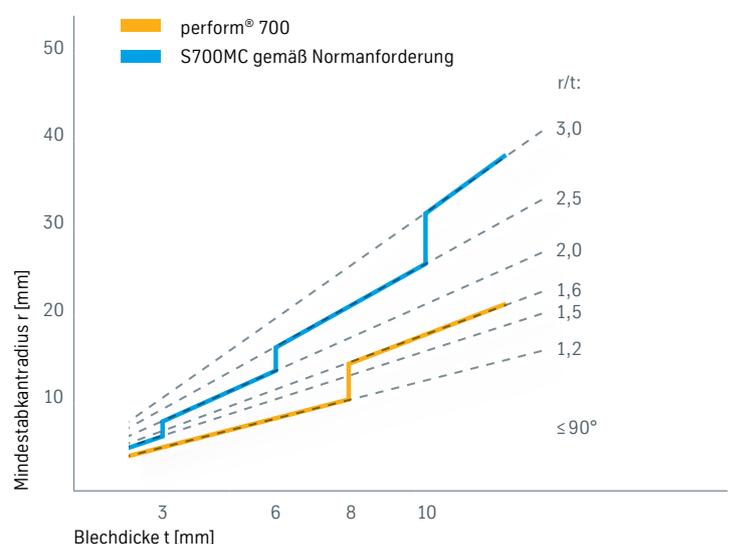
Hinweise für die Anwendung und Verarbeitung

Umformen

Mikrolegierte Stähle sind ideal für struktur- und crashrelevante Teile, wie z. B. Träger. Die Auswahl der einzusetzenden Stahlsorte für ein bestimmtes Festigkeitsniveau sollte auch mit besonderem Blick auf die tatsächlich zu erwartende Umformbeanspruchung getroffen werden. Auf diese Weise können die individuellen Vorteile optimal genutzt und die Stähle damit auch für schwierige Ziehteile eingesetzt werden.

Die typischen r- und n-Werte für mikrolegierte Stähle lassen keine besondere Ausprägung für eine bestimmte Umformbeanspruchung erkennen. Sie sind für Streck- und Tiefziehbeanspruchung gleichermaßen gut geeignet.

Graphik 1: Abkantradien perform® 700 versus S700MC



perform® 700 lässt sich deutlich besser Biegen und Abkanten als die Vergleichsgüte gemäß DIN EN 10149-2.

Biegen und Abkanten

Mit seiner speziellen feinkörnigen Gefügestruktur und dem hohen Reinheitsgrad bieten die perform®-Stähle bestes Umformverhalten. Auch mehrstufige Umformverfahren können angewandt werden. Die dabei vertretbaren Grenzziehverhältnisse weisen kaum Unterschiede im Vergleich zu weichem Stahl auf.

Das vorherrschende Umformverfahren für Kaltumformstähle ist das Abkanten. Die Verformung mit definiertem Innenradius mittels Kantvorgang in einem Gesenk ist aufgrund des starren Werkzeugs meist eingeschränkt. Je höher die Festigkeit des Stahls ist, umso größer ist der Mindestabkantradius.

In Grafik 1 auf Seite 4 sind die Abkantradien für perform® 700 im Vergleich zum S700MC gemäß Normforderung richtungsunabhängig dargestellt.

Mindestwerte für die Biegehalbmesser beim Kaltumformen

Empfohlener kleinster Biegehalbmesser bei Nennstärken t in [mm] ¹⁾				
t ≤ 3	3 < t ≤ 6	6 < t < 8	8 ≤ t ≤ 10	t > 10

Thermomechanisch gewalzter Stahl zum Kaltumformen

Stahlsorte

perform® 700	1,2 t	1,2 t	1,2 t	1,6 t	1,6 t
--------------	-------	-------	-------	-------	-------

Vergleichsgüte DIN EN 10149-2

S700MC	1,5 t	2,0 t	2,5 t	2,5 t	3,0 t
--------	-------	-------	-------	-------	-------

¹⁾ Die Werte gelten für Biegewinkel ≤ 90°.

Scheren, Stanzen, Spanen

perform®-Stähle lassen sich durch Stanzen oder Scheren verarbeiten. Grundsätzlich ist die Qualität der Schnittkanten und somit das Trennverfahren von großer Bedeutung. Fehlerfreie Schnittkanten sind unbedingte Voraussetzung dafür, dass die genannten inneren Biegeradien zu erreichen sind. Um Fließbehinderungen durch das Werkzeug zu vermeiden, haben sich ein Überschleifen der Kanten in der Biegezone und Maßnahmen gegen Verformungsbehinderung (z. B. Schmieren) bewährt.

Beim Bohren, Drehen und Fräsen verhält sich der perform®-Stahl entsprechend dem Verhalten konventioneller Kaltumformstähle. Für hochfeste Sorten sind bei angepassten Schneidparametern normale Werkzeuge einsetzbar.

Thermisches Schneiden

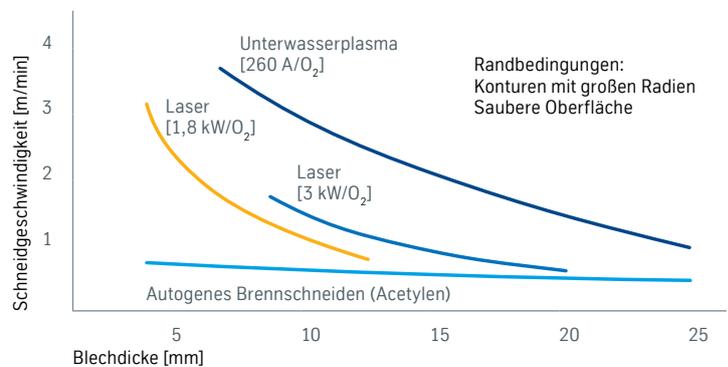
Für das thermische Schneiden von perform®-Stählen kommen folgende Verfahren in Betracht:

- Plasmaschneiden
- Laserstrahlschneiden
- Autogenes Brennschneiden

Das Plasma- und Laserstrahlverfahren bietet wesentliche Vorteile mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit und den Verzug. Das Plasmaschneiden ermöglicht die höchste Schneidgeschwindigkeit, wie in Grafik 2 dargestellt, liefert aber gewisse Einschränkungen bei der Schnittkantenausbildung.

Das Laserstrahlschneiden bietet je nach Blechdicke und Laserleistung eine deutlich höhere Schneidgeschwindigkeit als das autogene Brennschneiden. Weitere Vorteile sind die nur sehr schmale Wärmeeinflusszone, der geringe Verzug sowie die hohe Maßhaltigkeit der Zuschnitte. Grafik 2 zeigt die Schneidgeschwindigkeiten beim thermischen Trennen ferritischer Stähle.

Grafik 2: Schneidgeschwindigkeit



Fügen

Mikrolegierte Stähle zeichnen sich durch eine sehr gute Fügbarkeit aus und sind sowohl in artreinen als auch in Mischverbindungen mit anderen gängigen Stahlsorten schweißbar. Voraussetzung sind auf den Werkstoff abgestimmte Schweißparameter.

Schweißen

Beim Schweißen sind die DIN EN 10149-2 Abschnitt 7.5 „Technologische Eigenschaften“ und das STAHL-EISEN-Werkstoffblatt 088 zu beachten.

Hinweise für die schweißtechnische Verarbeitung finden sich auch in DIN EN 1011 Teil 1 und 2. Darüber hinaus wird empfohlen, vor der ersten Verarbeitung die Auskünfte des Stahlherstellers in Anspruch zu nehmen, um die dort vorliegende Erfahrung bei der Verarbeitung zu nutzen.

Widerstandspunktschweißen

Speziell im Karosseriebau steht traditionell das Widerstandspunktschweißen im Vordergrund. Vor allem Feinbleche mit Dicken unter 3 mm können durch dieses Verfahren in der Massenfertigung wirtschaftlich und prozesssicher gefügt werden. Hierzu ist jedoch in der Regel eine Anpassung der Fügeparameter Schweißstrom, Schweißzeit und Elektrodenkraft erforderlich. Von besonderem Interesse ist dabei der Einfluss der Elektrodenkraft und der Schweißzeit auf den Schweißbereich. Für einen ausreichend großen Schweißbereich werden mit zunehmender Blechdicke und -festigkeit in der Regel auch höhere Elektrodenkräfte und längere Stromflusszeiten benötigt. Alternativ kann sich die Anwendung von Mehrimpulsschweißen in Anlehnung an SEP1220-2 günstig auf die Breite des Schweißbereichs auswirken.

Die Breite des Schweißbereichs hängt nicht nur von der Blechsorte, -oberfläche und -dicke ab, auch Prozessparameter wie die Stromart (AC 50 Hz/DC 1.000 Hz) und die Elektrodengeometrie sind maßgebend. Die Schweißbereiche konventioneller höher- und hochfester Stähle überlappen sich weitgehend. Neben einer guten Schweißbarkeit der einzelnen Stahlsorten ist somit auch bei ähnlicher Parametereinstellung eine Schweißbarkeit für die Kombinationen der unterschiedlichsten heute von der Stahlindustrie angebotenen Werkstoffe gegeben.

MIG-Lichtbogenlöten

Im Merkblatt DVS 0938-2 „Lichtbogenlöten“ wird das Löten von Stählen bis zu einer Zugfestigkeit von ca. 500 MPa beschrieben. Da der beschriebene Werkstoff oberhalb dieser Zugfestigkeit liegt, wird empfohlen, bauteilspezifisch die des Lötens zu überprüfen.

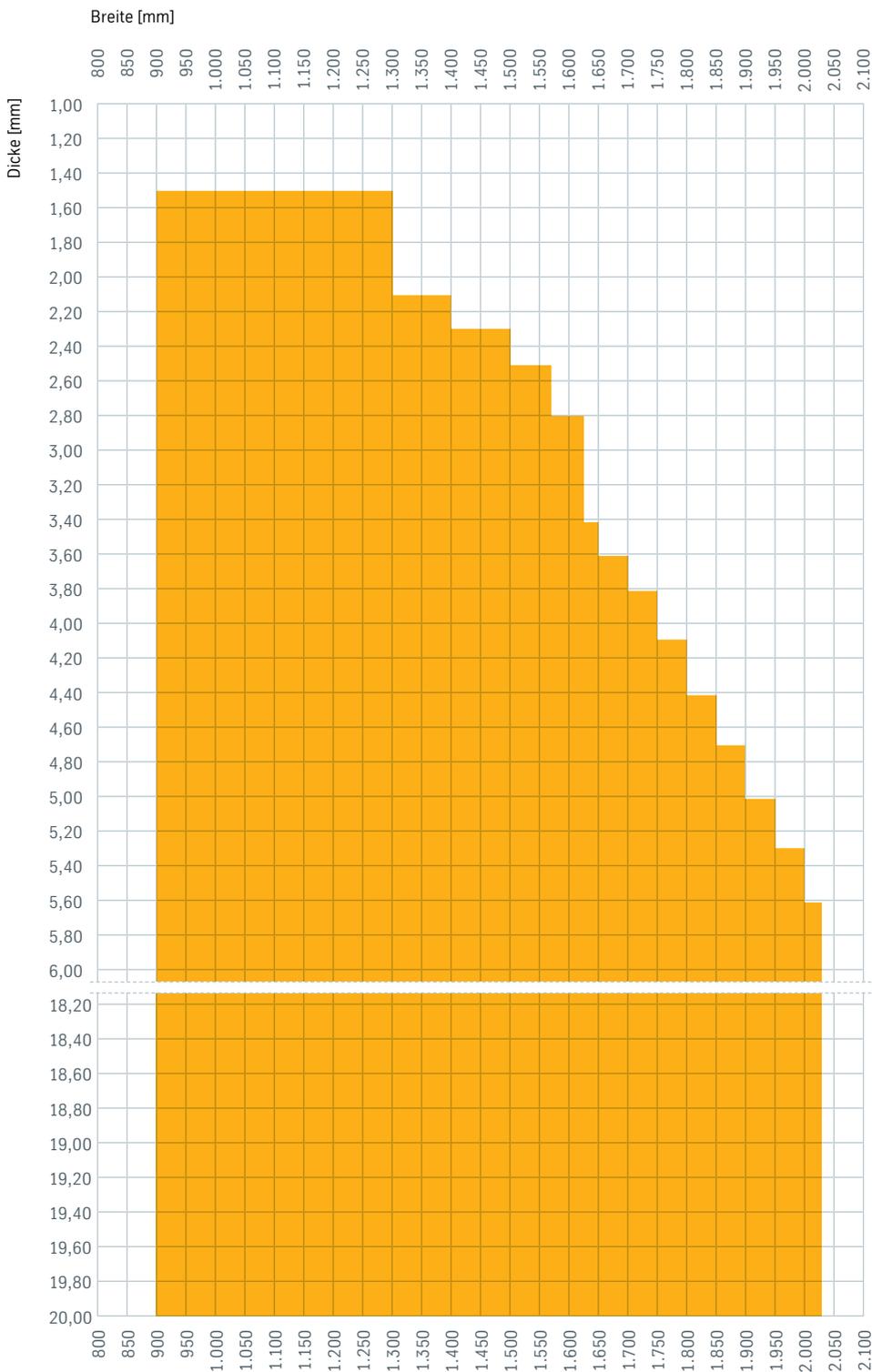
Betriebsfestigkeit und Crashverhalten

Im Vergleich zu Tiefziehstählen werden für mikrolegierte Stähle erhöhte Mindestwerte für Streckgrenzen und Zugfestigkeit zugesichert. Durch diese Eckdaten ist eine sichere und praxisgerechte Betriebsfestigkeitsbewertung möglich. Mikrolegierte Stähle werden in verschiedenen Festigkeitsstufen angeboten. Mit höherer Streckgrenze und Zugfestigkeit steigt auch das Schwingfestigkeitsniveau. Parallel zu der Festigkeitszunahme verringert sich tendenziell die Umformbarkeit, so dass an dieser Stelle durch den auslegenden Konstrukteur und den Fertigungsplaner ein sinnvolles Optimum gefunden werden muss. Mikrolegierte Stähle sind die konventionell eingesetzten Werkstoffe für Schalenbauteile und Strukturbauteile. Aufgrund ihres hohen Restdehnungsvermögens im Crashfall weisen sie ein sehr robustes Crashverhalten auf. Sie besitzen jedoch im Vergleich zu Sorten der Dualphasen- und Restaustenit-Stähle ein geringeres Verfestigungsvermögen, ggf. ein geringeres Streckgrenzeniveau und somit ein niedrigeres Energieabsorptionsniveau.

Lieferbare Abmessungen

Warmbreitband

perform® 300, perform® 340, perform® 380



Warmbreitband

Breiten < 900 mm sowie weitere Abmessungen auf Anfrage.

Toleranzen nach DIN EN 10051 oder eingeschränkt nach Vereinbarung.

Warmbreitband

perform® 315, perform® 355



■ Warmbreitband
▨ Produktausführung scalur®

scalur® ist ein gebeiztes Warmband mit engsten Dickentoleranzen von thyssenkrupp. Weitere Informationen finden Sie in der Produktinformation scalur®.

Breiten < 900 mm sowie weitere Abmessungen auf Anfrage.

Toleranzen nach DIN EN 10051 oder eingeschränkt nach Vereinbarung.

Warmbreitband

perform® 420, perform® 460, perform® 500, perform® 550¹⁾



- Warmbreitband
- ▨ Produktausführung scalur®

scalur® ist ein gebeiztes Warmband mit engsten Dickentoleranzen von thyssenkrupp. Weitere Informationen finden Sie in der Produktinformation scalur®.

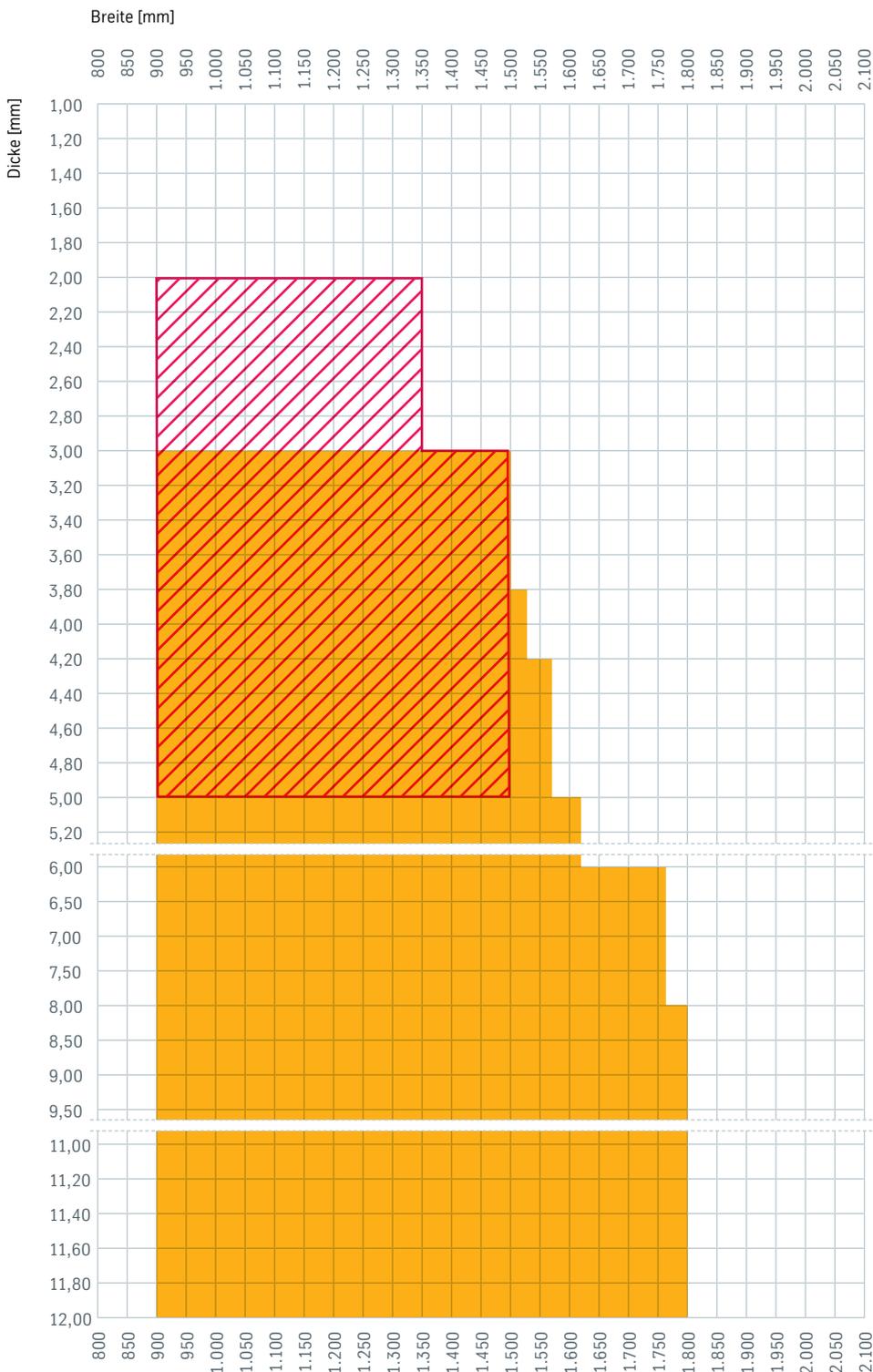
¹⁾ Max. Dicke für perform® 550 in Produktausführung scalur®: 4,0 mm.

Breiten < 900 mm sowie weitere Abmessungen auf Anfrage.

Toleranzen nach DIN EN 10051 oder eingeschränkt nach Vereinbarung.

Warmbreitband

perform® 600, perform® 650¹⁾, perform® 700



- Warmbreitband
- Produktausführung scalur®

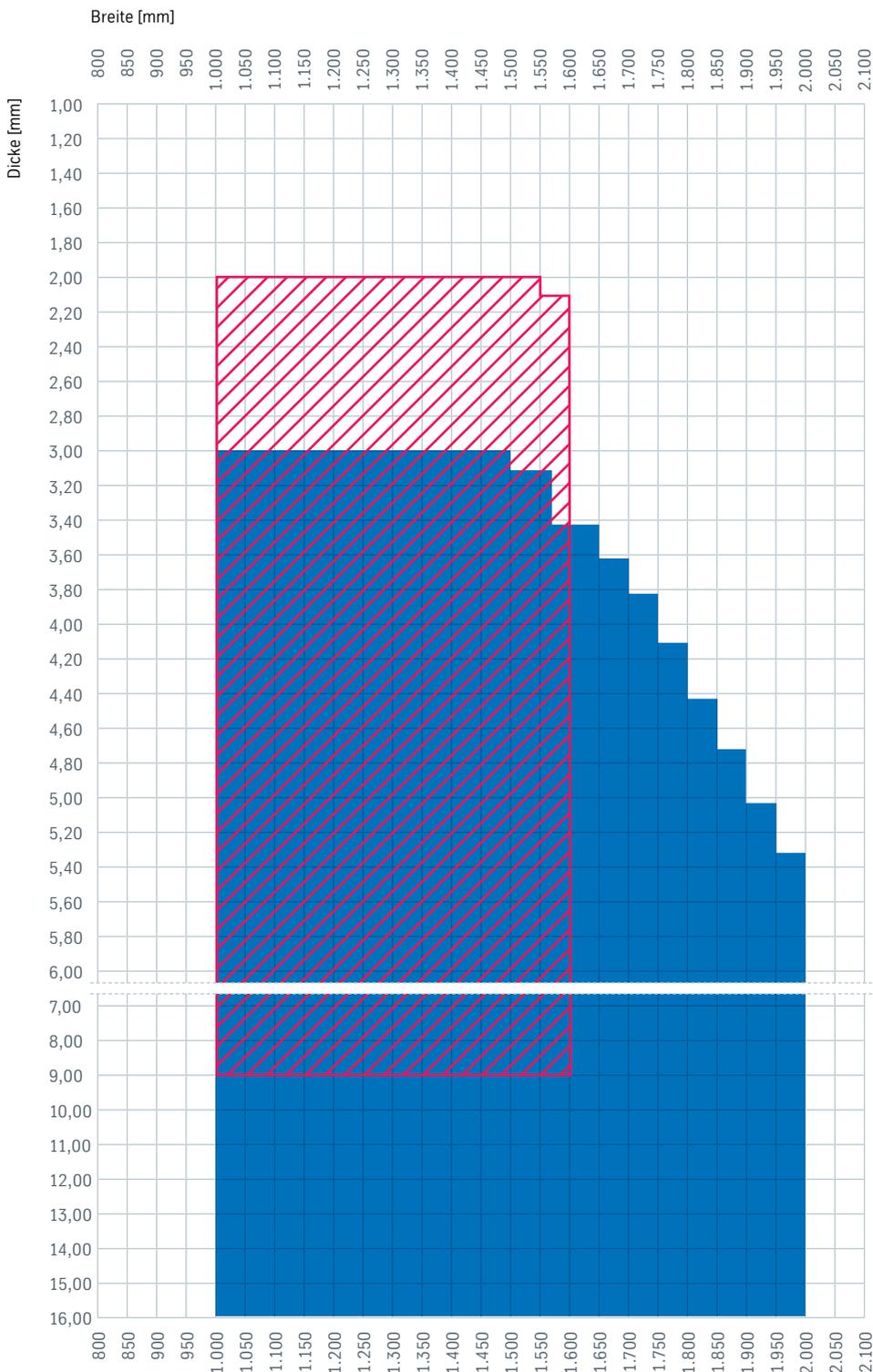
scalur® ist ein gebeiztes Warmband mit engsten Dickentoleranzen von thyssenkrupp. Weitere Informationen finden Sie in der Produktinformation scalur®.

¹⁾ Max. Dicke für perform® 650 in Produktausführung scalur®: 4,1 mm.

Breiten < 900 mm sowie weitere Abmessungen auf Anfrage.

Toleranzen nach DIN EN 10051 oder eingeschränkt nach Vereinbarung.

Bandblech
perform® 500



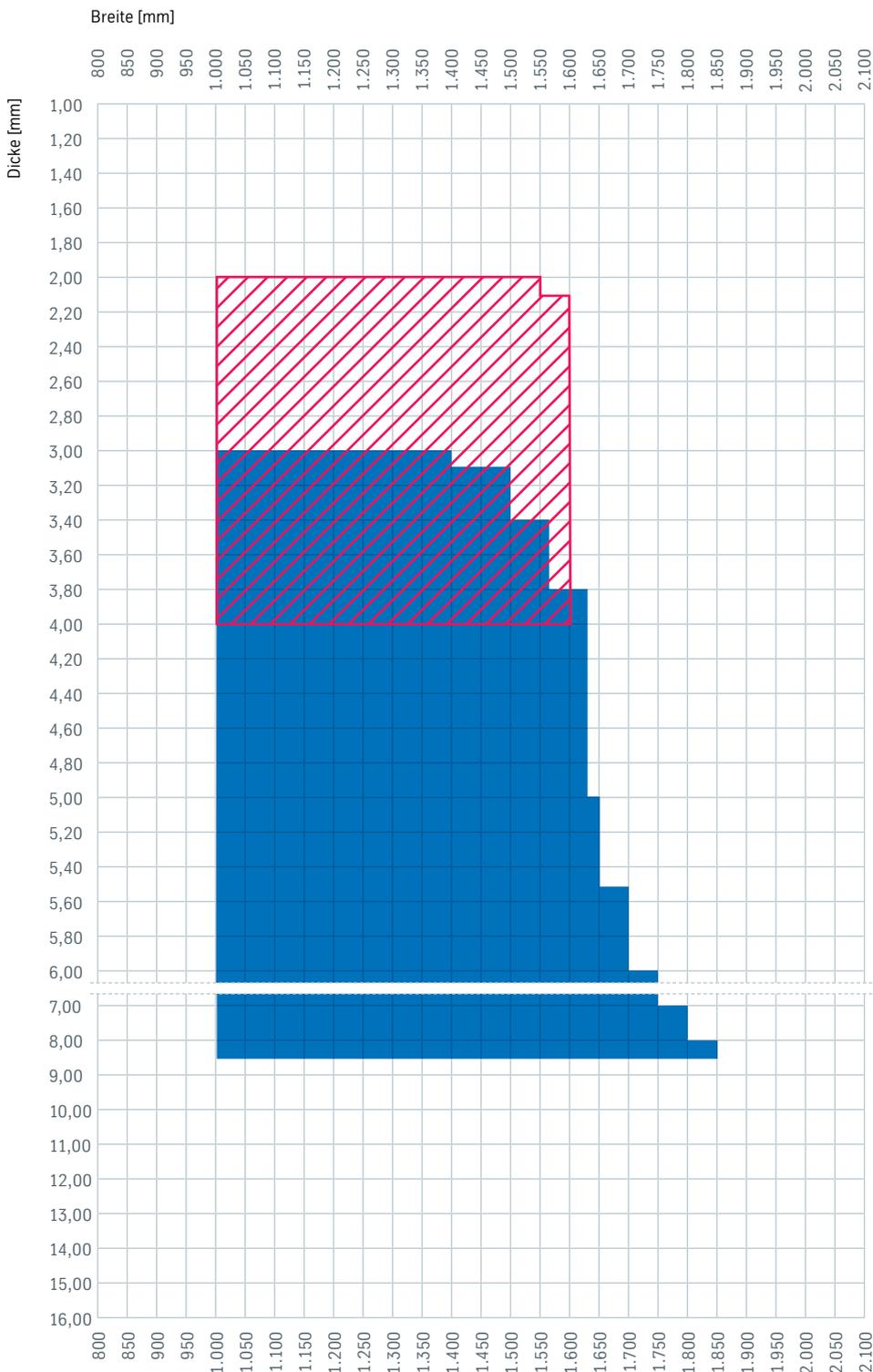
■ Bandblech
 ■ Produktausführung scalur®
 Bandblech

scalur® ist ein gebeiztes Warmband mit engsten Dickentoleranzen von thyssenkrupp. Weitere Informationen finden Sie in der Produktinformation scalur®.

Länge: 2.000 bis 16.000 mm

Toleranzen nach DIN EN 10051 oder eingeschränkt nach Vereinbarung.

Bandblech
perform® 550



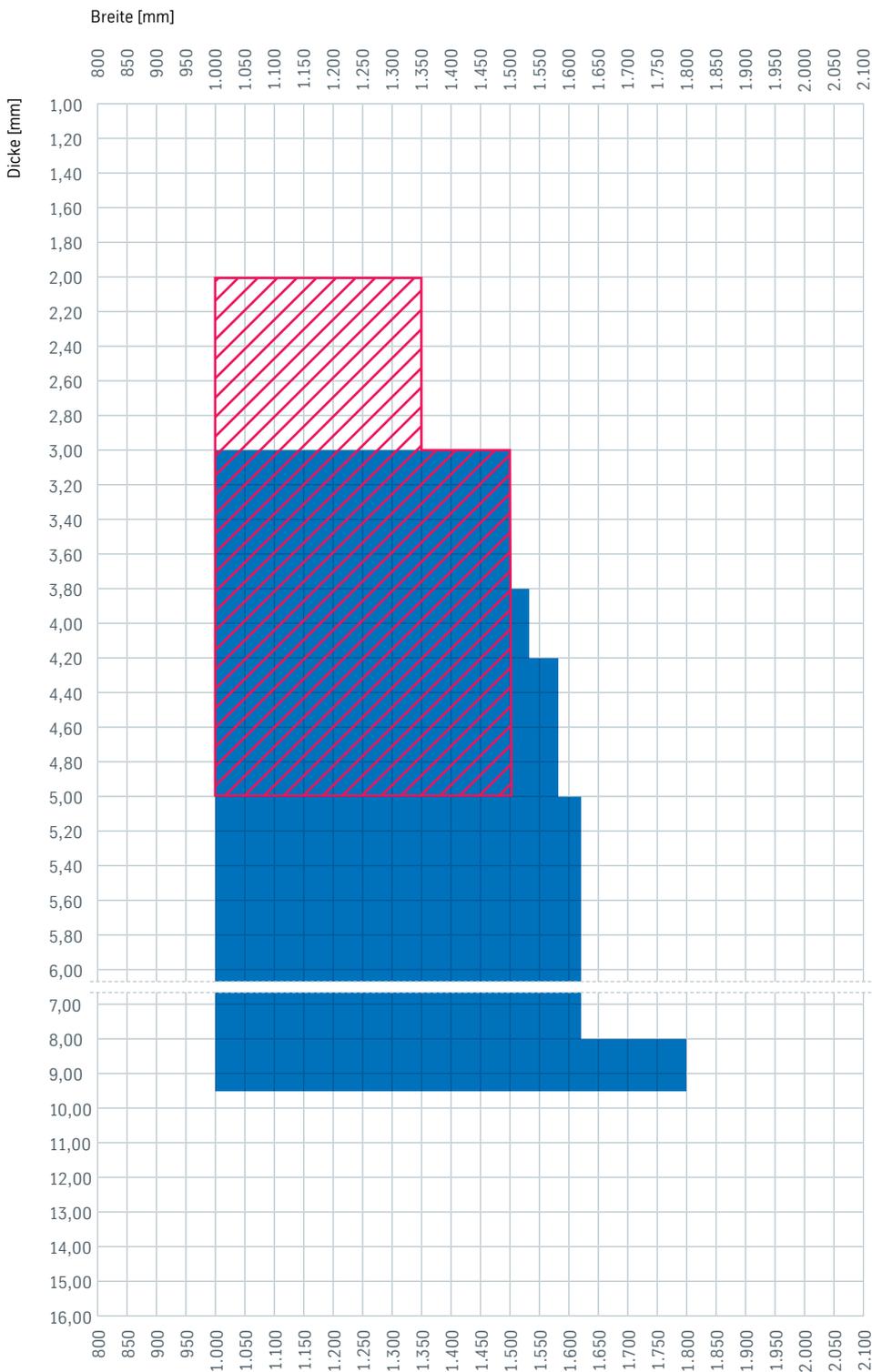
- Bandblech
- ▨ Produktausführung scalur® Bandblech

scalur® ist ein gebeiztes Warmband mit engsten Dickentoleranzen von thyssenkrupp. Weitere Informationen finden Sie in der Produktinformation scalur®.

Länge: 2.000 bis 16.000 mm

Toleranzen nach DIN EN 10051 oder eingeschränkt nach Vereinbarung.

Bandblech
perform® 600



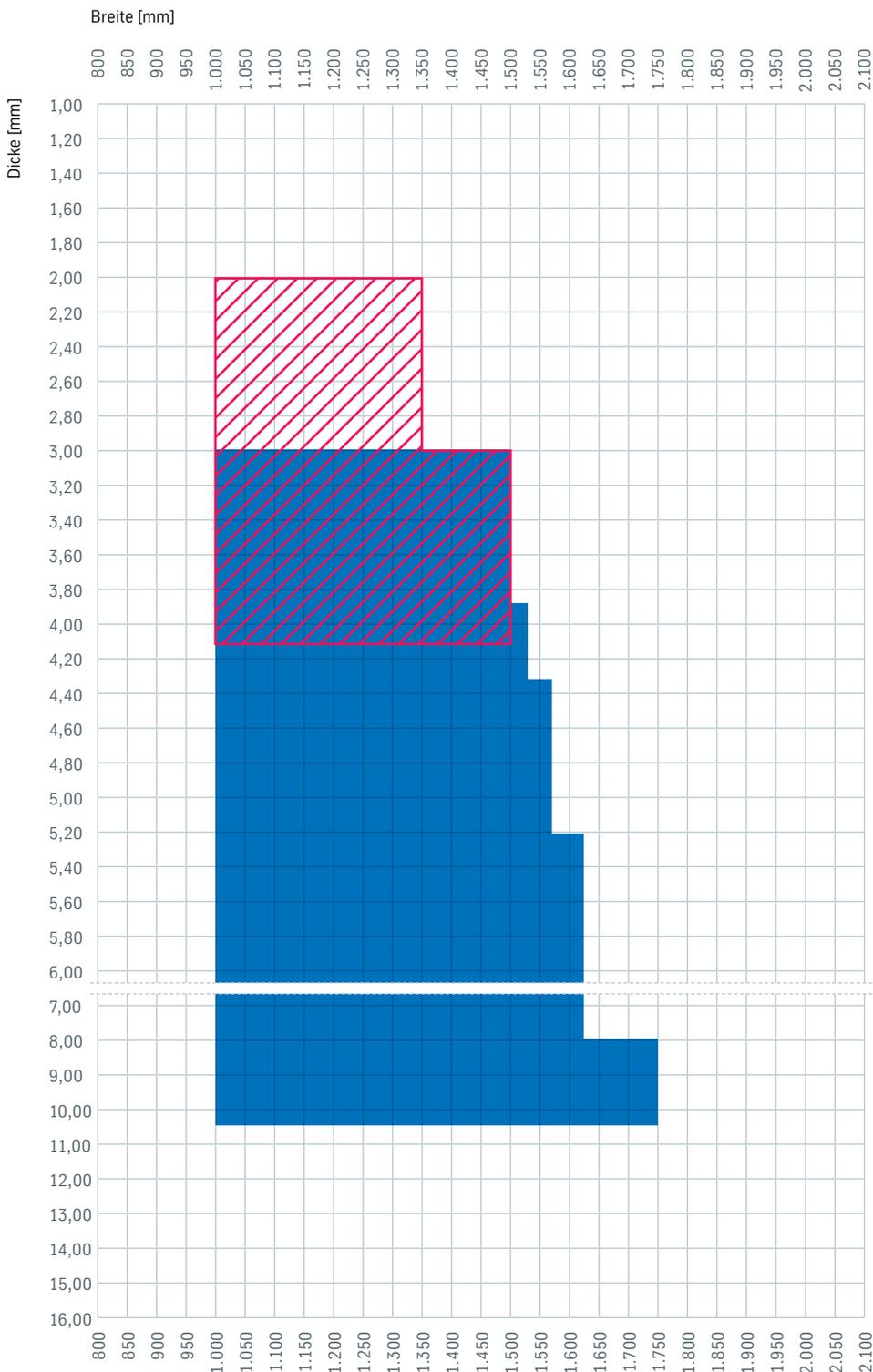
- Bandblech
- ▨ Produktausführung scalur® Bandblech

scalur® ist ein gebeiztes Warmband mit engsten Dickentoleranzen von thyssenkrupp. Weitere Informationen finden Sie in der Produktinformation scalur®.

Länge: 2.000 bis 16.000 mm

Toleranzen nach DIN EN 10051 oder eingeschränkt nach Vereinbarung.

Bandblech
perform® 650



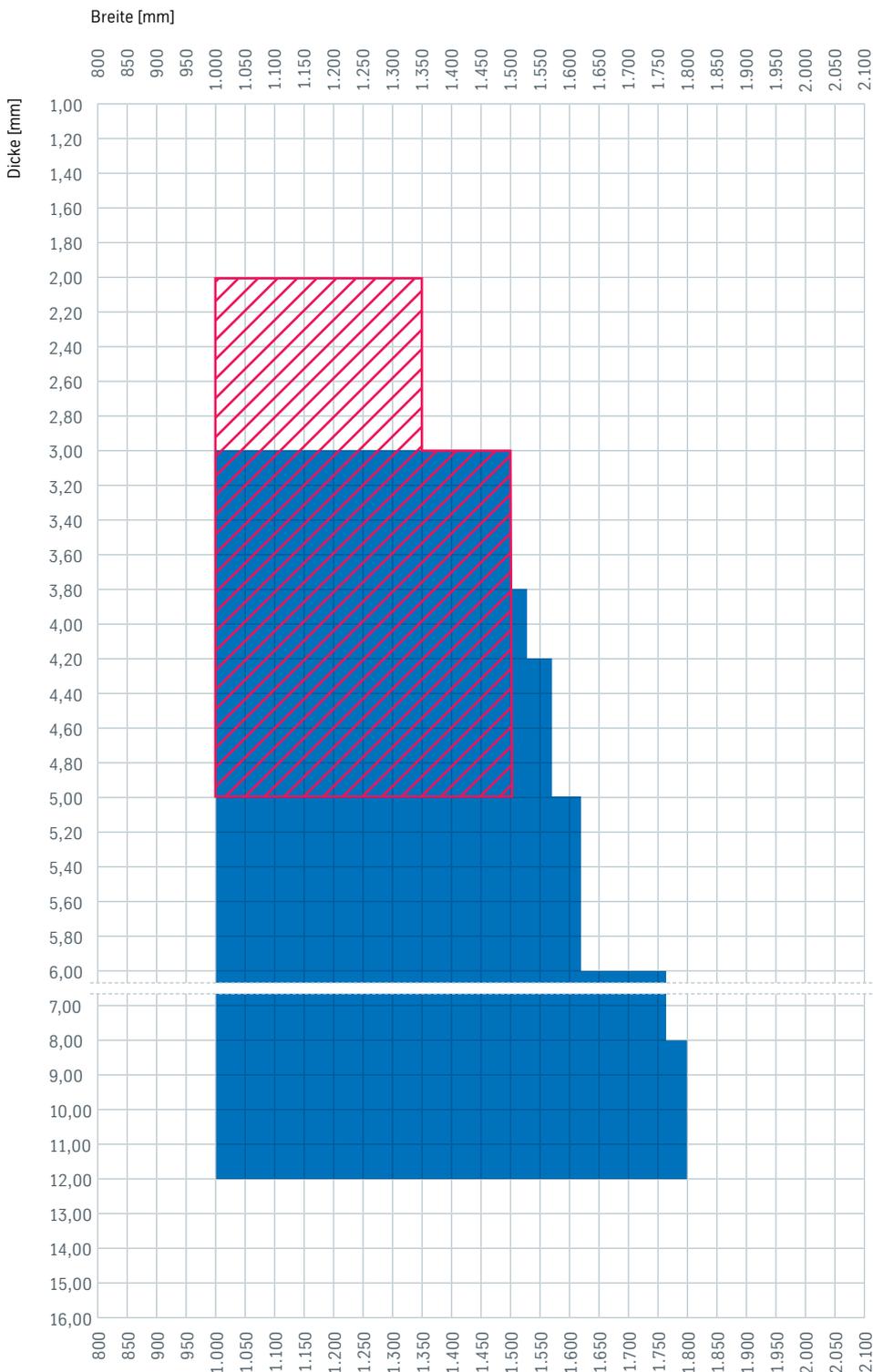
- Bandblech
- ▨ Produktausführung scalur® Bandblech

scalur® ist ein gebeiztes Warmband mit engsten Dickentoleranzen von thyssenkrupp. Weitere Informationen finden Sie in der Produktinformation scalur®.

Länge: 2.000 bis 16.000 mm

Toleranzen nach DIN EN 10051 oder eingeschränkt nach Vereinbarung.

Bandblech
perform® 700



- Bandblech
- ▨ Produktausführung scalur® Bandblech

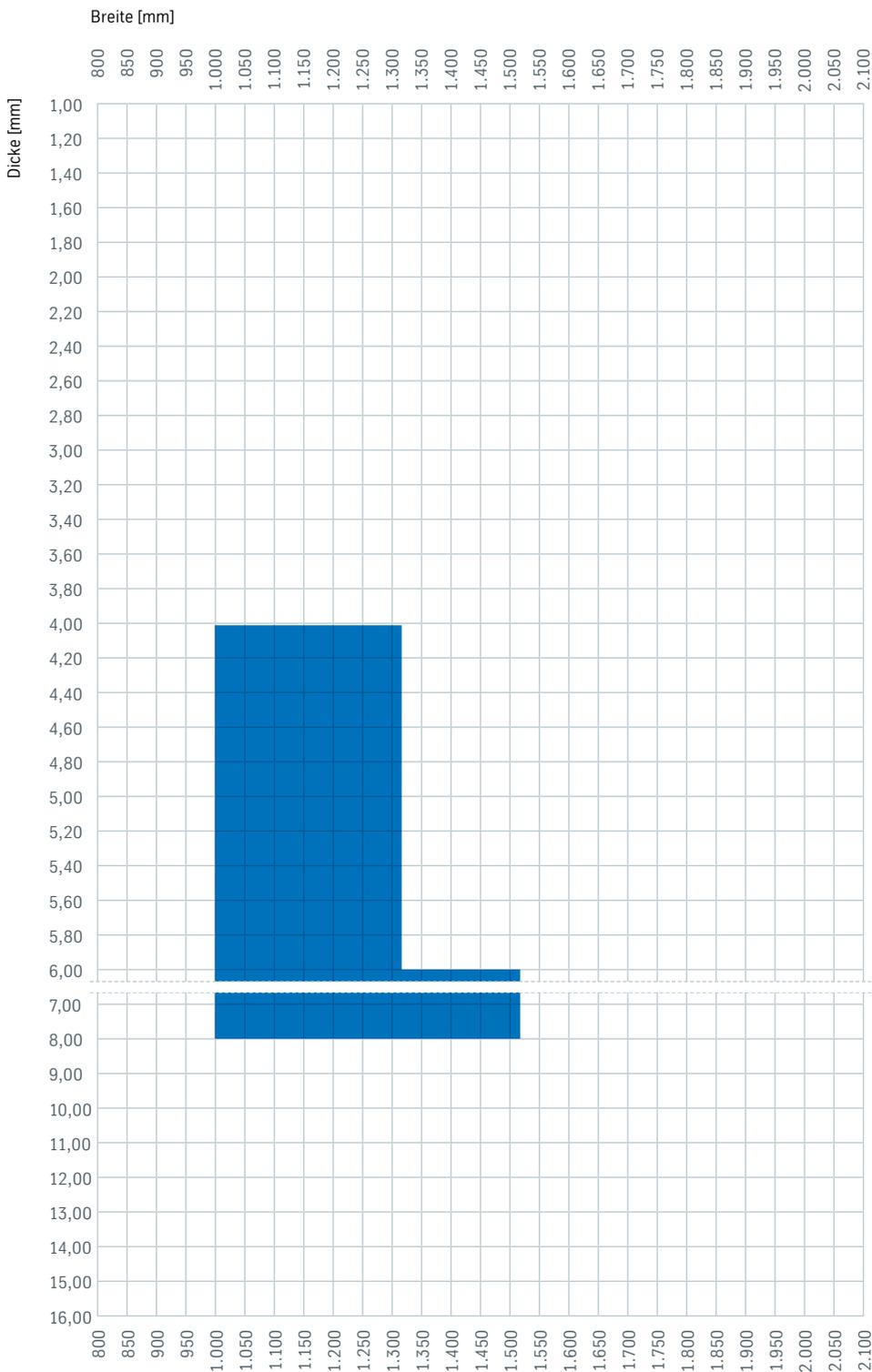
scalur® ist ein gebeiztes Warmband mit engsten Dickentoleranzen von thyssenkrupp. Weitere Informationen finden Sie in der Produktinformation scalur®.

Länge: 2.000 bis 16.000 mm

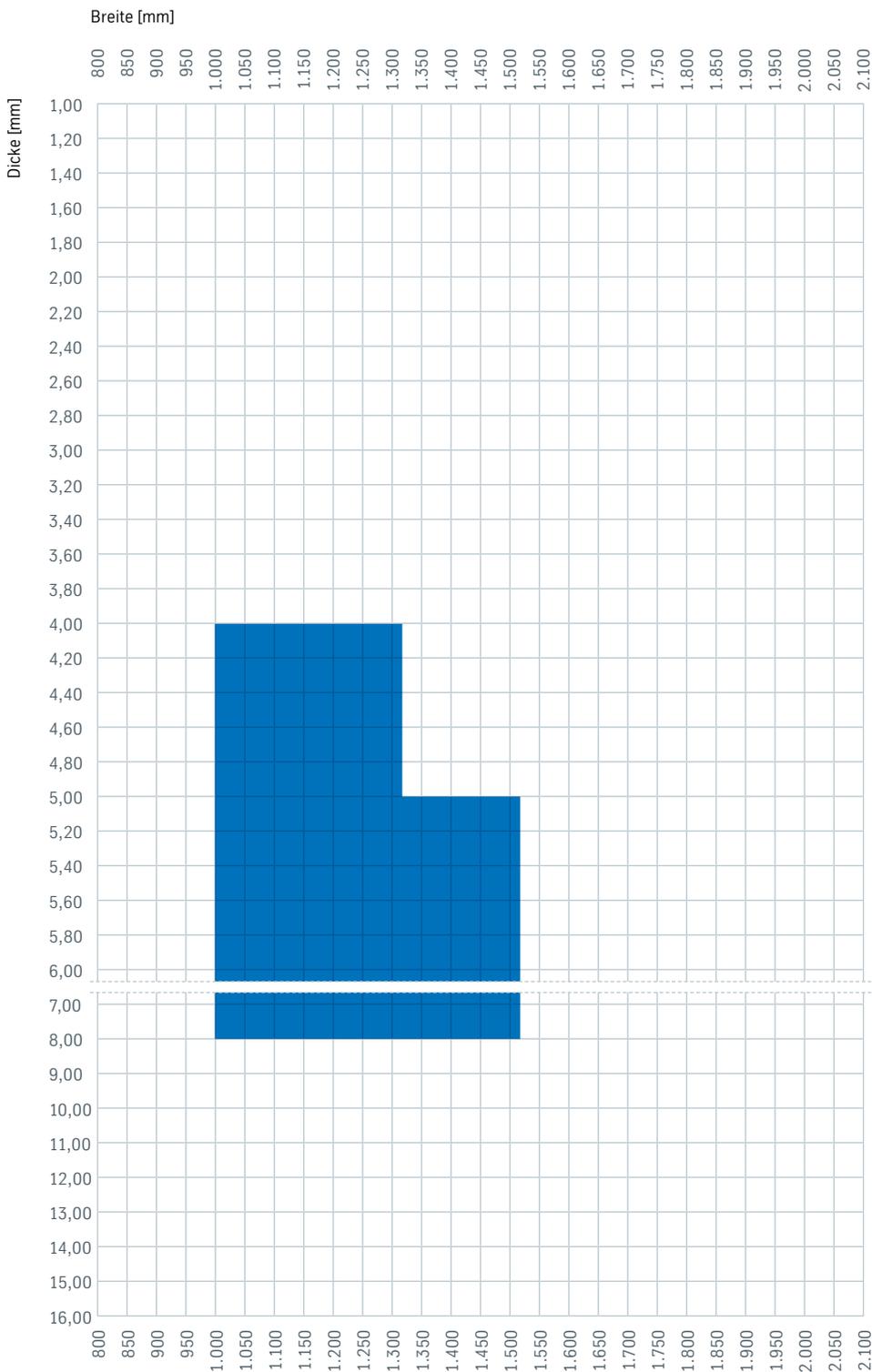
Toleranzen nach DIN EN 10051 oder eingeschränkt nach Vereinbarung.

Bandblech

perform® 900, perform® 960



Bandblech
perform® 1100



Anwendungsbeispiele



Achskonstruktionen und Felgen im Nutzfahrzeugbereich.



Bordkrane und ihre Ausleger im Sonderfahrzeugbau.

Werkssondergütern werden mit den besonderen Eigenschaften von thyssenkrupp geliefert. Weitere, hier nicht angegebene Lieferbedingungen werden in Anlehnung an die jeweils gültige Spezifikation ausgeführt. Zur Anwendung kommen die zum Ausgabedatum dieser Produktinformation gültigen Spezifikationen.

Allgemeiner Hinweis

Angaben über die Beschaffenheit oder Verwendbarkeit von Materialien bzw. Erzeugnissen dienen der Beschreibung. Zusagen in Bezug auf das Vorhandensein bestimmter Eigenschaften oder einen bestimmten Verwendungszweck bedürfen stets schriftlicher Vereinbarungen. Technische Änderungen vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der thyssenkrupp Steel Europe AG. Die aktuellste Version der Produktinformation finden Sie unter: www.thyssenkrupp-steel.com/publikationen