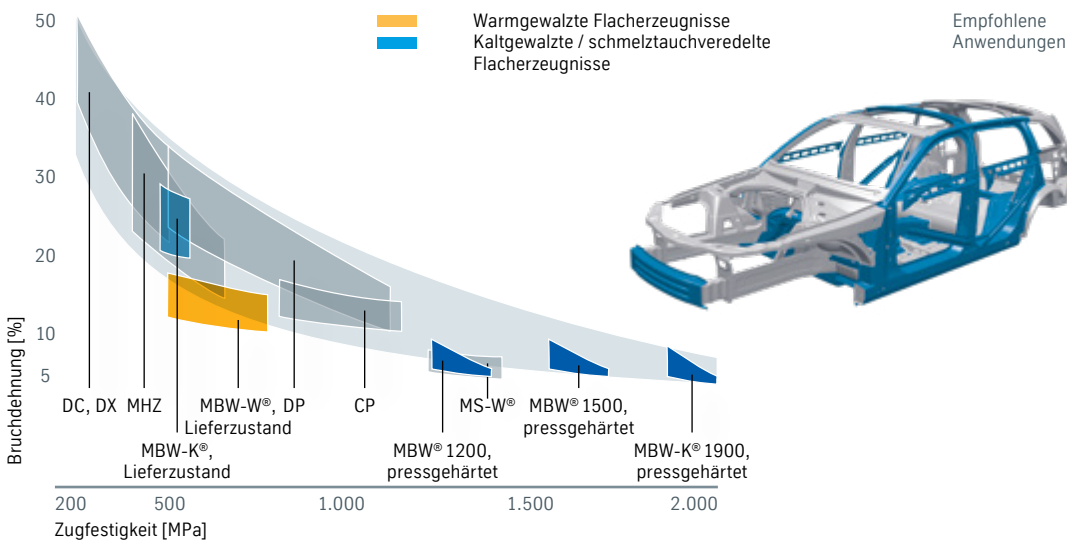




Stand: Juni 2019, Version 1

Stahlsortenübersicht



Inhalt

- 01 Anwendungsbereiche
- 02 Lieferbare Stahlsorten
- 03 Werkstoffcharakteristik
- 05 Technische Merkmale
- 07 Oberflächen
- 08 Hinweise für die Verarbeitung und Anwendung
- 11 Lieferbare Abmessungen
- 17 Anwendungsbeispiel

Anwendungsbereiche

Mangan-Bor-Stähle zum Warmumformen MBW[®] von thyssenkrupp bieten höchste Festigkeiten bei guten Umformeigenschaften und ermöglichen so Gewichtseinsparungen beim Einsatz für festigkeitsrelevante Struktur- und Sicherheitsbauteile im Fahrzeugbau.

Die direkte Warmumformung ist das meistverbreitete Verfahren innerhalb der Warmumformung. Hier finden die Umformung und die Bauteilhärtung in einem Schritt statt. Die Warmumformung erlaubt deutlich höhere Komplexitäten bei der Bauteilgeometrie und eine deutlich höhere Maßhaltigkeit als die Kaltumformung von höchstfesten und ultrahochfesten Stählen.

thyssenkrupp bietet für die Warmumformung sowohl warmgewalzte und kaltgewalzte als auch oberflächenveredelte Mangan-Bor-Stähle MBW[®] an. Aluminium-Silizium-beschichtete MBW[®]-Stähle sind gegen die prozessbedingte Zunderbildung und Abkühlung geschützt. Die Weiterverarbeitung mittels Schweißen oder KT-Lackieren ist ohne Nachbehandlung möglich. Darüber hinaus schützt die AS-Beschichtung das warmumgeformte Bauteil durch eine Barrierewirkung vor Korrosion.

Typische Anwendungsgebiete für Mangan-Bor-Stähle MBW[®] sind Stoßfängerquerträger, Seitenaufprallträger, A- und B-Säulen oder Karosserieverstärkungen.

Stahlsortenbezeichnung und Oberflächenveredelungen

		Oberflächenveredelungen					
		UC	EG	GI	GA	ZM	AS
In Anlehnung an VDA 239-100							
Stahlsortenbezeichnung	Normbezeichnung						
● MBW-W® 1500	Werkssondergüte	●					
● MBW® 500	Werkssondergüte						●
● MBW® 600	Werkssondergüte						●
● MBW® 1200	Werkssondergüte						●
● MBW® 1500	Werkssondergüte						●
● MBW-K® 1500	Werkssondergüte	●					
● MBW-K® 1900	Werkssondergüte	●					

- Warmgewalzte Flacherzeugnisse
 - Kaltgewalzte / schmelztauchveredelte Flacherzeugnisse
 - Serienfertigung für Innenteile
- UC Unbeschichtet
 EG Elektrolytisch verzinkt
 GI Schmelztauchverzinkt
 GA Galvannealed
 ZM ZM Ecoprotect®
 AS Aluminium-Silizium-beschichtet

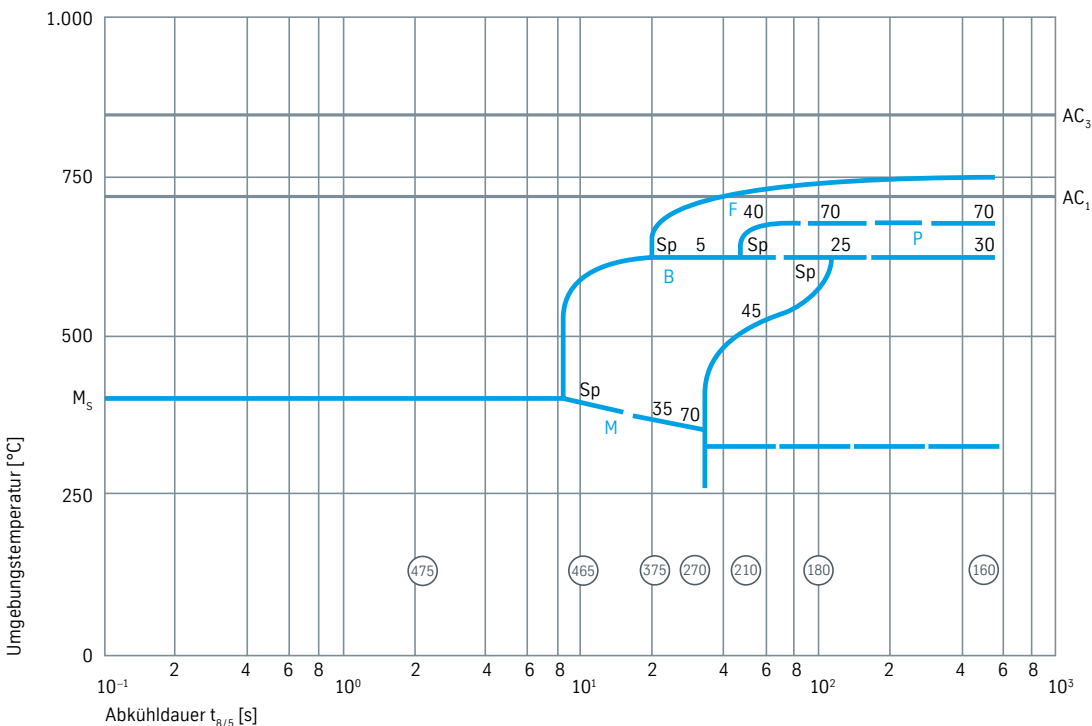
Bemerkungen

thyssenkrupp ist weltweit lizenzierter Lieferant für AS-beschichtete Mangan-Bor-Stähle für die Warmumformung.

Werkstoffcharakteristik

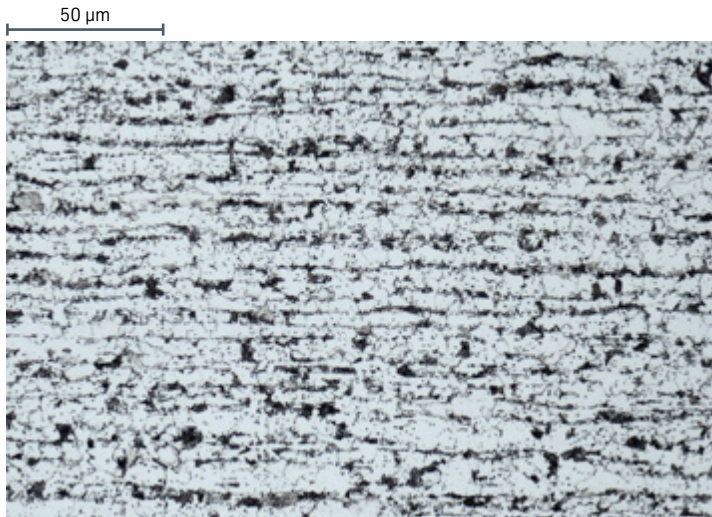
Mangan-Bor-Stähle zählen zu den Vergütungsstählen. Die in dieser Stahlfamilie zugrunde liegenden Werkstoffkonzepte weisen eine ausgewählte und aufeinander abgestimmte chemische Zusammensetzung auf, die eine Härtingsbehandlung nach Warmumformung ermöglicht. Das im Lieferzustand vorliegende ferritisch-perlitische Gefüge wird dabei in ein rein martensitisches Gefüge umgewandelt. Durch diesen Verarbeitungsprozess kann beim Aluminium-Silizium-beschichteten MBW® 1500 beispielsweise die Mindestzugfestigkeit von 500 MPa im Anlieferungszustand auf bis zu 1.500 MPa erhöht werden. Das ZTU-Diagramm veranschaulicht das Umwandlungsverhalten bei einer Austenitisierungstemperatur von 900 °C, einer Haltedauer von 5 Minuten und einer Aufheizung in 1 Minute. Auch bei niedrigen Abkühlgeschwindigkeiten ist noch vollständig martensitisches Gefüge erzielbar.

ZTU-Diagramm Umwandlungsverhalten MBW® 1500

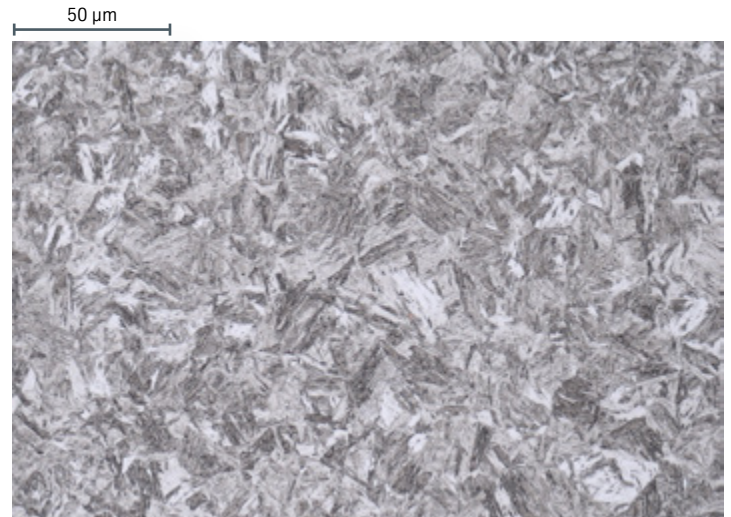


- Härtewerte HV
- M_s Martensitstarttemperatur 400 °C
- AC_1 = Start Austenitisierung 720 °C
- AC_3 = Ende Austenitisierung 845 °C
- F Ferrit
- P Perlit
- B Bainit
- M Martensit

Beispielgefüge MBW® 1500: Gefügekontrastierung über Ätzung mit Nital



Im Anlieferungszustand: Ferrit, Perlit.



Gefüge nach dem Presshärten: Martensit.

Als Partner für die Warmumformung bietet thyssenkrupp nicht nur die passenden Werkstoffe, sondern auch Versuchsanlagen, um beispielsweise die optimalen Prozessparameter für die Warmumformung ermitteln zu können. Dazu gehört ein eigenes Versuchsfeld mit modernsten Warmumformanlagen, das ein Nachstellen der in der Serienfertigung eingesetzten Prozesse im Labormaßstab ermöglicht. So kann die Fahrzeugentwicklung von der Bauteilkonzeption bis zur Serienreife durch Analysen (Thermografie, Umformung, diffusibler Wasserstoff, Crashprüfung) und Troubleshooting umfassend begleitet werden. Darüber hinaus können Prozess, Bauteilmachbarkeit, Crashverhalten und Gefüge durch FEM-Simulationen bei thyssenkrupp untersucht werden.

Darüber hinaus unterstützen wir unsere Kunden mit einer mobilen Umformanalyse warmumgeformter Bauteile, die direkt im Presswerk durchgeführt werden kann.

Technische Merkmale

Chemische Zusammensetzung

Massenanteile der Schmelzanalyse	C [%] max.	Si [%] max.	Mn [%] max.	P [%] max.	S [%] max.	Al [%] min.	Nb [%] max.	Ti [%] max.	Cr + Mo [%] max.	B [%] max.
----------------------------------	---------------	----------------	----------------	---------------	---------------	----------------	----------------	----------------	---------------------	---------------

In Anlehnung an VDA 239-100

Stahlsortenbezeichnung

● MBW-W® 1500	0,25	0,40	1,40	0,025	0,010	0,015	–	0,05	0,50	0,005
● MBW® 500	0,10	0,35	1,00	0,030	0,025	0,015	0,10	0,15	–	0,005
● MBW® 600	0,10	0,50	2,00	0,030	0,025	0,015	0,10	0,15	–	0,005
● MBW® 1200	0,16	0,40	1,40	0,025	0,010	0,015	0,05	0,05	0,50	0,005
● MBW® 1500	0,25	0,40	1,40	0,025	0,010	0,015	–	0,05	0,50	0,005
● MBW-K® 1500	0,25	0,40	1,40	0,025	0,010	0,015	–	0,05	0,50	0,005
● MBW-K® 1900	0,38	0,40	1,40	0,025	0,010	0,015	–	0,05	0,50	0,005

Mangan-Bor-Stähle sind vollberuhigte Stähle.

Mechanische Eigenschaften

Kennwerte im Lieferzustand

Prüfrichtung quer zur Walzrichtung	Streckgrenze	Zugfestigkeit	Bruchdehnung	
	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A min. [%]	A ₈₀ min. [%]

In Anlehnung an VDA 239-100

Stahlsortenbezeichnung	Oberflächenveredelung	Streckgrenze		Zugfestigkeit	Bruchdehnung	
● MBW-W® 1500	UC	≥ 320		≥ 500	12	10
● MBW® 500	AS	300–520		400–600	–	16
● MBW® 600	AS	340–580		520–720	–	12
● MBW® 1200	AS	320–580		500–750	–	12
● MBW® 1500	AS	350–550		500–700	–	12
● MBW-K® 1500	UC (rekristallisiert gegläht)	250–450		450–600	–	18
● MBW-K® 1900	UC	300–500		450–650	–	16

- Warmgewalzte Flacherzeugnisse
 - Kaltgewalzte / schmelztauchveredelte Flacherzeugnisse
- R_{p0,2} Dehngrenze bei 0,2% plastischer Dehnung
R_m Zugfestigkeit
A Bruchdehnung bei einer Proportionalprobe mit L₀ = 5,65 √S₀ bei Blechdicken ≥ 3,0 mm
A₈₀ Bruchdehnung bei einer Probe mit der Messlänge L₀ = 80 mm bei Blechdicken < 3,0 mm

Die angegebenen mechanischen Eigenschaften des Ausgangszustands sind für den Umformprozess der direkten Warmumformung vernachlässigbar.

Sie sind jedoch für Schneidprozesse der Formplatinen sowie für die bei der indirekten Warmumformung vorgeschaltete Kaltumformstufe relevant.

Mechanische Eigenschaften

	Typische mechanische Kennwerte nach Warmumformung ¹				Typische mechanische Kennwerte nach Warmumformung und KT-Lackeinbrennsimulation ¹			
	Streckgrenze	Zugfestigkeit	Bruchdehnung	Biegewinkel ²	Streckgrenze	Zugfestigkeit	Bruchdehnung	Biegewinkel ²
Prüfrichtung quer zur Walzrichtung	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A ₈₀ [%]	α [°]	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A ₈₀ [%]	α [°]

In Anlehnung an VDA 239-100

Stahlsortenbezeichnung

● MBW-W® 1500	1.000	1.500	5	60	1.100	1.500	5	65
● MBW® 500	400	550	17	130 ³	400	550	17	130 ³
● MBW® 600	450	650	16	130 ³	450	650	16	130 ³
● MBW® 1200	900	1.200	5	70	1.000	1.200	5	75
● MBW® 1500	1.000	1.500	5	50	1.100	1.500	5	55
● MBW-K® 1500	1.000	1.500	5	60	1.100	1.500	5	65
● MBW-K® 1900	1.200	1.900	4	50	1.300	1.850	4	55

¹ Austenitisieren mit anschließender Kühlung im Werkzeug. thyssenkrupp übernimmt keine Gewähr für die Eigenschaften nach der Warmumformung und nach KTL-Simulation (170 °C, 20 Min.), die Verantwortung obliegt dem Bauteilhersteller.

² Ermittlung des Biegewinkels nach VDA 238-100 bei t = 1,5 mm, Biegeachse quer zur Walzrichtung.

³ Kein Versagen bei maximalem Prüfweg.

- Warmgewalzte Flacherzeugnisse
- Kaltgewalzte / schmelztauchveredelte Flacherzeugnisse

R_{p0,2} Dehngrenze bei 0,2% plastischer Dehnung

R_m Zugfestigkeit

A_m Bruchdehnung bei einer Proportionalprobe mit L₀ = 5,65 √S₀ bei Blechdicken ≥ 3,0 mm

A₈₀ Bruchdehnung bei einer Probe mit der Messlänge L₀ = 80 mm bei Blechdicken < 3,0 mm

Oberflächen

Oberflächenveredelungen, schmelztauchveredelt

	Spezifikation	Mindestauflage zweiseitig [g/m ²]		Auflage je Seite an Einflächenprobe		Informativ
	In Anlehnung an	Dreiflächenprobe	Einflächenprobe	Masse [g/m ²]	Dicke [µm]	Typische Dicke [µm]
Aluminium-Silizium-beschichtet						
<i>Bezeichnung</i>						
AS30	VDA 239-100	–	–	30–65	10–20	–
AS45	VDA 239-100	–	–	45–85	15–28	–
AS060	DIN EN 10346	60	45	–	7–15	10
AS080	DIN EN 10346	80	60	–	10–20	14
AS100	DIN EN 10346	100	75	–	12–23	17
AS120	DIN EN 10346	120	90	–	15–27	20
AS150	DIN EN 10346	150	115	–	19–33	25

Unbeschichtetes Material erfordert den Einsatz von Schutzgas im Ofen der Warmumformanlage und ein abschließendes Strahlen, z. B. mit Trockeneis oder mit Stahlkörnern, zum Entfernen der gebildeten Oxidschichten.

Durch die Aluminium-Silizium-Beschichtung ist der Grundwerkstoff sowohl gegen eine Zunderbildung als auch gegen eine Abkühlung im Ofenprozess geschützt. Darüber hinaus schützt die AS-Beschichtung das warmumgeformte Bauteil vor Korrosion durch Barrierewirkung.

Oberflächenausführungen und Oberflächenarten

	Oberflächenausführung	Oberflächenart
<i>Feinblechsorten</i>		
Kaltgewalzte Flacherzeugnisse	Unbeschichtet	U Unexposed (Innenteile)
Schmelztauchveredelte Flacherzeugnisse	Aluminium-Silizium-beschichtet	U Unexposed (Innenteile)

U nach VDA 239-100

Oberflächenbehandlungen

Art der Oberflächenbehandlung	UC	EG	GI	GA	ZM	AS
U Ohne Oberflächenbehandlung						●
O Geölt	●					●

● Serienfertigung	UC	Unbeschichtet	GA	Galvannealed
	EG	Elektrolytisch verzinkt	ZM	ZM Ecoprotect®
	GI	Schmelztauchverzinkt	AS	Aluminium-Silizium-beschichtet

Hinweise für die Verarbeitung und Anwendung

Warmumformung

Mangan-Bor-Stähle verfügen über ein hervorragendes Warmumformverhalten. Im Austensierungstemperaturbereich ist das Umformvermögen dieser Stahlsorten vergleichbar mit dem von weichen Tiefziehstählen bei Raumtemperatur. Hierdurch bedingt lassen sich in einer Umformstufe Bauteile mit komplexen Geometrien bei geringen Pressenkräften fertigen. Die Einstellung der Bauteileigenschaften erfolgt im Gegensatz zur klassischen Kaltumformung im Wesentlichen durch die Abkühlung im Werkzeug und weniger durch die Umformung.

Die Änderung von Prozessparametern ermöglicht eine gezielte Einstellung der gewünschten Bauteileigenschaften, z. B. bei der Festigkeit oder der Restdehnung, um u. a. ein optimales Crashverhalten von Struktur- und Sicherheitsbauteilen einzustellen.

Als Verfahren sind heute die direkte und indirekte Warmumformung üblich. Der einstufige Prozess, die direkte Warmumformung, ist das am häufigsten eingesetzte Verfahren. Es eignet sich besonders für die Verarbeitung von Aluminium-Siliziumbeschichteten Mangan-Bor-Stählen. Die AS-Beschichtung bietet einen Schutz vor der Verzunderung, die bei der Warmumformung typischerweise auftritt, und sorgt somit für eine Standzeiterhöhung der Umformwerkzeuge.

Warm umgeformte Bauteile zeichnen sich zusätzlich durch eine äußerst geringe Rückfederung aus, wodurch die Produktion höchstmaßhaltiger Bauteile ermöglicht wird.

Partielles Presshärten

Das partielle Presshärten bietet die Möglichkeit, lokal unterschiedliche Eigenschaften hinsichtlich Festigkeit und Dehnung in einem monolithischen Bauteil zu vereinen. Es gibt mehrere Möglichkeiten funktionsoptimierte Eigenschaften in einem Bauteil einzustellen.

Beim patentierten Tailored-Tempering-Verfahren wird dies durch partiell beheizte Werkzeuge eingestellt. Durch die gezielte Steuerung der Abkühlgeschwindigkeit für jedes Werkzeugsegment lassen sich Bauteile mit lokal angepassten Funktionseigenschaften, d. h. anforderungsgerechten mechanischen Eigenschaften, herstellen.

Weitere Optionen sind die Beeinflussung des Erwärmungsprozesses (partielle Ofentechnologie), Unterdrückung der Erwärmung durch Abschirmbleche oder getrennte Ofenkammern, oder die Tail-Hang-Out-Methode (Luftabkühlung).

Verarbeitungshinweise zum Fügen

Mangan-Bor-Stähle zum Warmumformen sind sowohl im Anlieferungs- als auch im warm umgeformten (gehärteten) Zustand in artreinen und in Mischverbindungen mit anderen gängigen Stahlsorten schweißgeeignet.

Voraussetzung hierfür sind auf den Werkstoff abgestimmte Schweißparameter. Insbesondere sind das Widerstandspunkt-, das Schutzgas- sowie das Laserstrahlschweißverfahren anwendbar.

Widerstandspunktschweißen

Im Vergleich zu Stählen mit niedrigeren Festigkeiten müssen beim Widerstandspunktschweißen höhere Elektrodenkräfte und längere Schweißzeiten verwendet werden oder das Mehrimpuls-schweißen in Anlehnung an DIN EN ISO 18278-2 angewendet werden. Die Schweißbereiche sind sowohl in artreinen als auch in Mischverbindungen für diese Festigkeitsklasse groß. Die Punkt-schweißverbindungen sind relativ duktil. Sie versagen im Meißel-test trotz der hohen Werkstofffestigkeit und Härte in der

Schweißverbindung in der Regel durch Mischbruch mit relativ hohem Ausknöpfunganteil. Die Verbindungsfestigkeiten folgen in ihrer Höhe den Festigkeiten der an der jeweiligen Verbindung beteiligten Grundwerkstoffe und werden bei Mischverbindungen naturgemäß durch den weicheren Fügepartner beeinflusst.

Typische Eigenschaften einer Widerstandspunktschweißung

Stahlsortenbezeichnung	Blechdicke t	Schweißbereich Δl	Kopfzugkraft bei $d_{w \min.}$	Scherzugkraft bei $d_{w \min.}$	Gemittelte Härte HV 0,1	
	[mm]	[kA]	[kN]	[kN]	Grundwerkstoff	Schweißlinse
● HX340LAD+Z (Vergleichswerkstoff)	1,50	2,0	9,9	13,7	165	330
● MBW® 1500+AS150	1,50	1,5	4,4	16,8	485	525
● MBW® 500+AS150	1,55	1,8	9,6	15,2	180	330

Prüfergebnisse nach SEP 1220-2.

- Kaltband
- t Blechdicke der Prüfkörper
 $d_{w \min.}$ Schweißpunktdurchmesser von $4 \sqrt{t}$

MBW® 1500

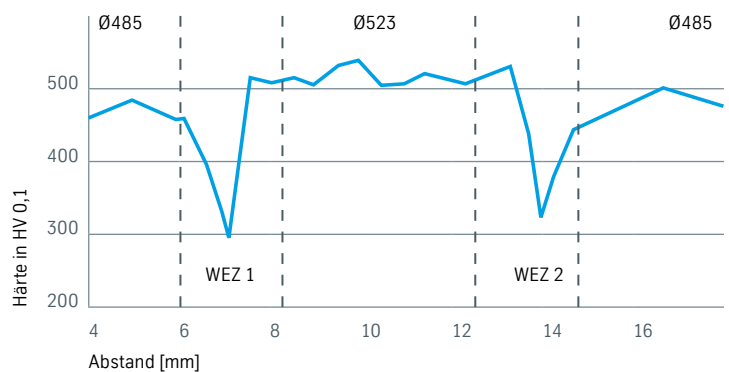


MBW® 500



Gute Schweißlinsenausbildungen.

Härteverlauf der Schweißlinse an einem MBW® 1500



Lichtbogenlöten und -schweißen MIG/MAG

Bei den Lichtbogenverfahren kommt es zu einer Materialerweichung in der Wärmeeinflusszone, diese sollte neben dem eingesetzten Zusatzwerkstoff durch den Konstrukteur berücksichtigt werden. Die durch die Warmumformung thermisch beeinflusste AS-Beschichtung kann gerade bei Verbindungen mit Z-beschichteten Stahlfeinblechen zu einer Einschränkung der Lichtbogenstabilität führen.

Das MIG-Löten bzw. der Sonderprozess „Cold Metal Transfer“ zeigt hierbei deutliche Vorteile bzgl. Prozessstabilität und Nahtgeometrie gegenüber dem Standardprozess Metallaktivgas-schweißen (MAG).

Die in der Regel eingesetzten Standardzusätze G4Si1 (MAG) und das Kupferlot CuAl7 (MIG-Löten) erreichen ausreichende Verbindungsfestigkeiten. Um das hohe Festigkeitspotenzial des Werkstoffes auszuschöpfen, sollten möglichst kerbfreie Verbindungen hergestellt werden. Durch eine anschließende Wärmebehandlung bzw. Vergütung des Bauteils mit Schweißnaht können in Sonderfällen mit geeigneten Zusatzwerkstoffen Härtesäcke in der Wärmeeinflusszone vermieden werden und somit kann das Festigkeitspotenzial des Grundwerkstoffes ausgenutzt werden.

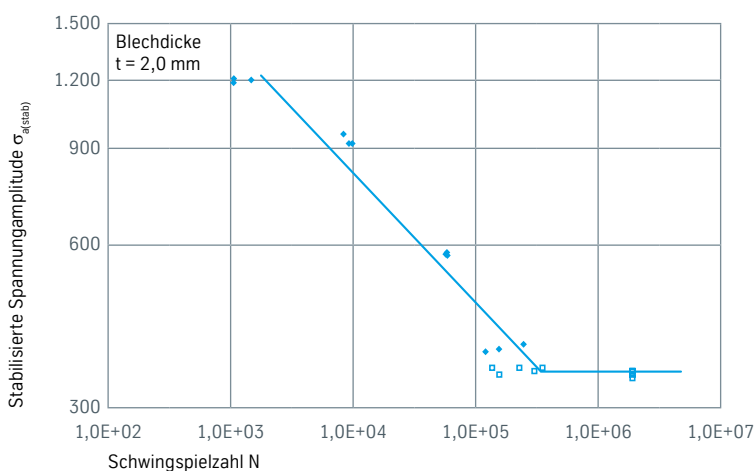
Laserstrahlschweißen

Das Laserstrahlschweißen von MBW®-Stählen ist sowohl mit CO₂- als auch mit Festkörperlasern gut möglich. Das Schweißen mit CO₂-Lasern geschieht unter Verwendung der gängigen Schutzgase. Im unvergüteten Zustand sollte die Feualuminierung vor dem Laserschweißen lokal entfernt werden, da es sonst zu festigkeitsmindernden AlSi-Einschlüssen kommen kann. Im vergüteten Zustand ist die Beschichtung durchlegiert und braucht nicht entfernt zu werden. Grundsätzlich ist zu beachten, dass es in der Wärmeeinflusszone der Schweißnaht zu einem Festigkeitsabfall des Grundwerkstoffes kommt. Dieser kann durch erneute Vergütung beseitigt werden.

Betriebsfestigkeit und Crashverhalten

Mangan-Bor-Stähle werden gezielt für die Warmumformung angeboten. Erst durch die Wärmebehandlung beim Presshärten werden die Werkstoffeigenschaften eingestellt, die im weiteren Verlauf die Beanspruchbarkeit (Festigkeit, Betriebsfestigkeit und Crash) charakterisieren. Durch den eindeutigen Haupteinfluss des Presshärtens auf die Werkstoffeigenschaften muss die Beschreibung der Werkstoffeigenschaften durch den Bauteilhersteller erfolgen. Im Allgemeinen werden aufgrund des sehr hohen Festigkeitsniveaus diese Stähle jedoch für Bauteile eingesetzt, die während des Crashes nicht deformieren sollen. Die Wöhlerkurve zeigt die gute Dauerschwingfestigkeit eines MBW® 1500.

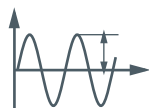
Dehngeregelte Wöhlerkurve eines pressgehärteten MBW® 1500



Testbedingungen Probe
K₁ = 1



Testbedingungen, dehnngeregelt
Sinus R = -1

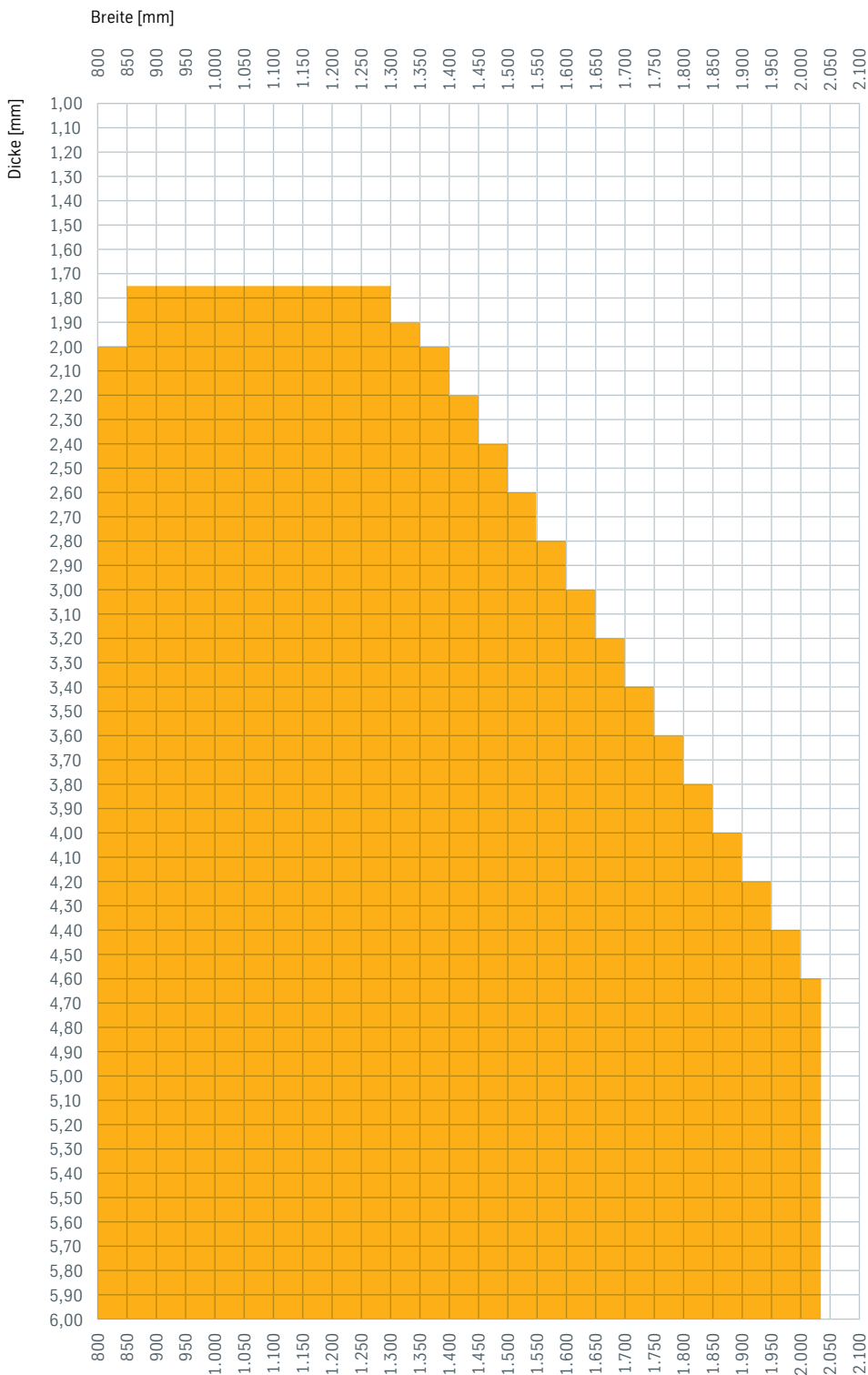


Abschaltkriterien 0,5 kN Kraftabfall
(Anriss)

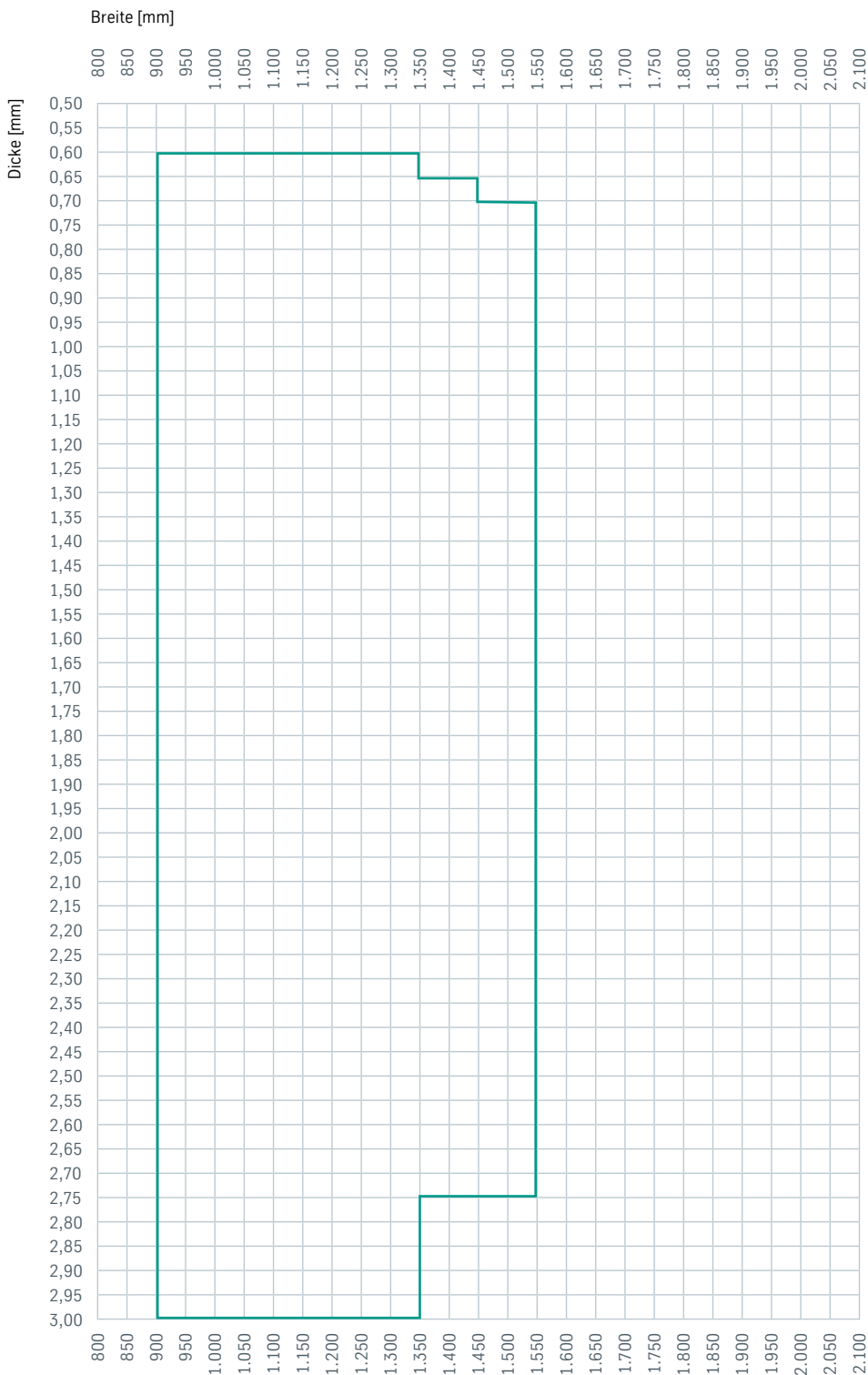
- ◆ Zeitfestigkeit stabiler Spannung
- Dauerfestigkeit

Lieferbare Abmessungen

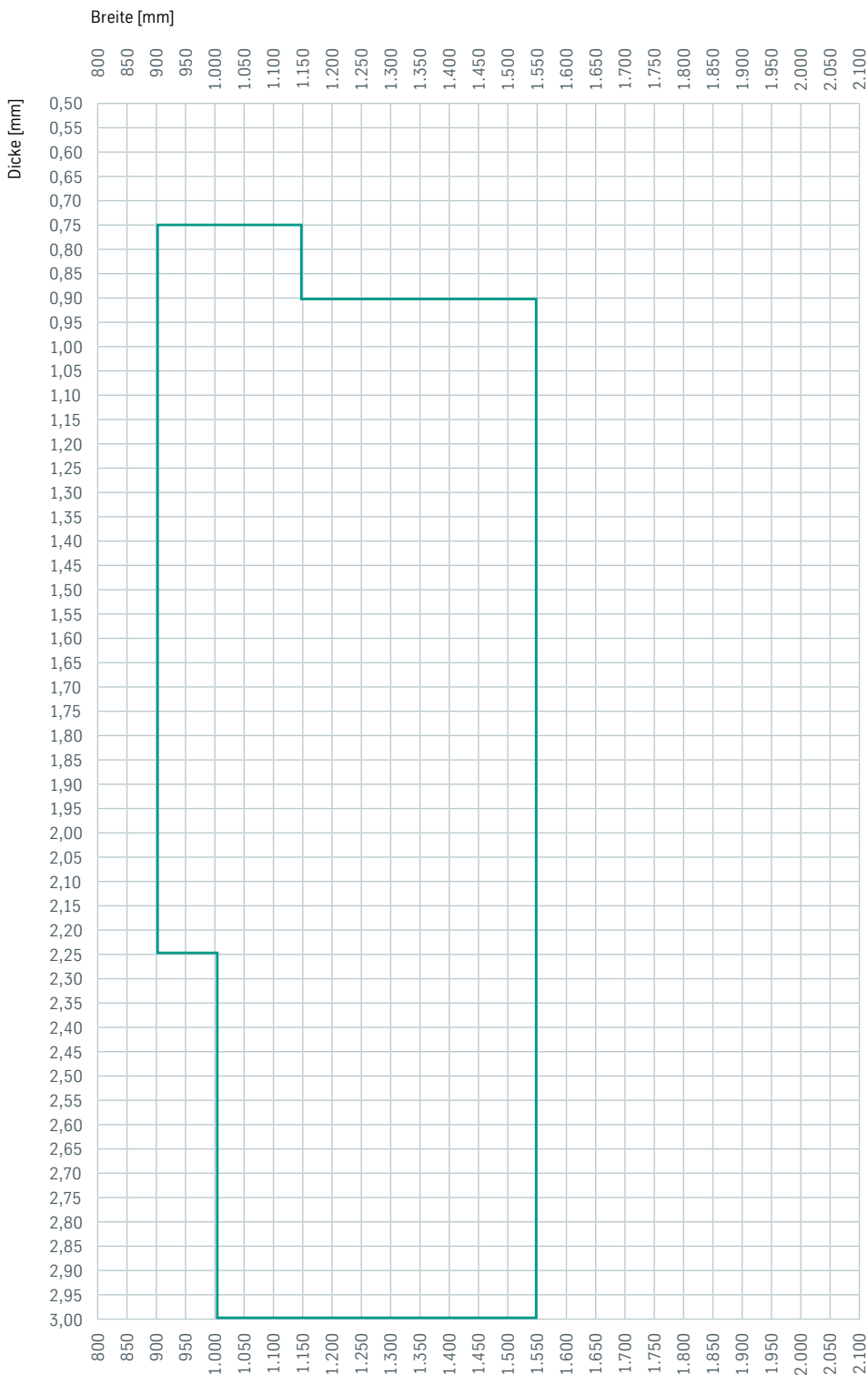
MBW-W® 1500



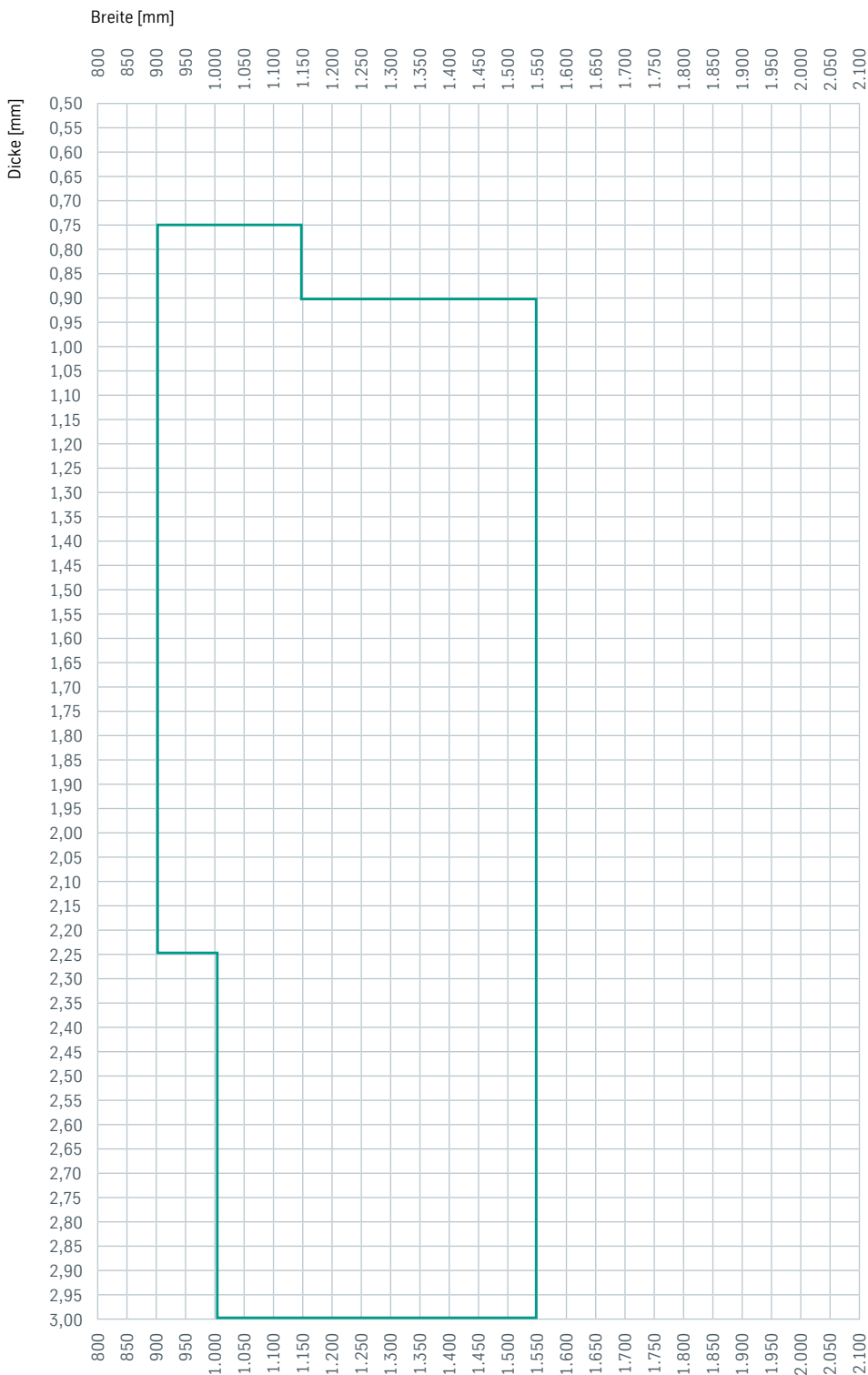
MBW® 500, MBW® 600



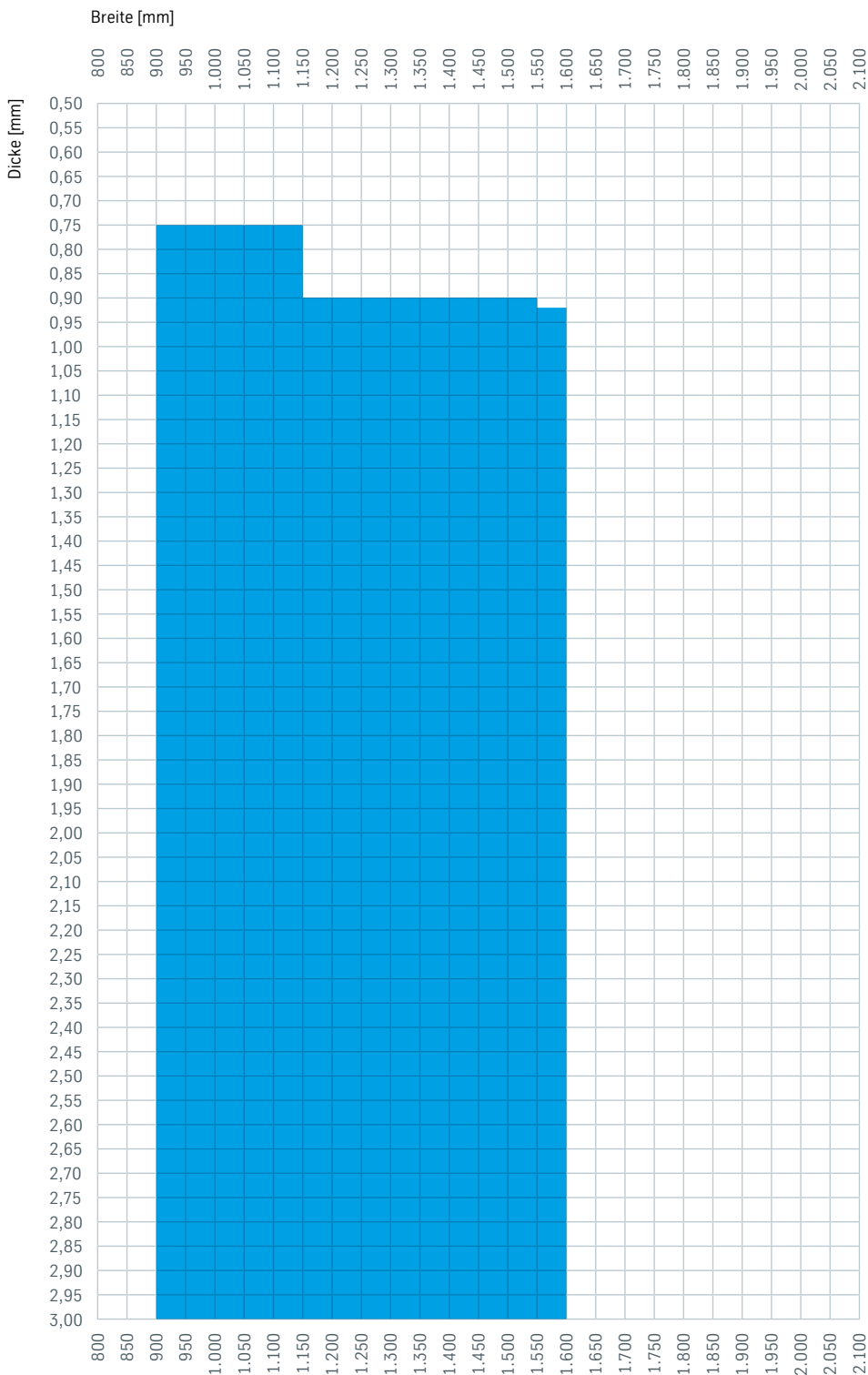
MBW® 1200



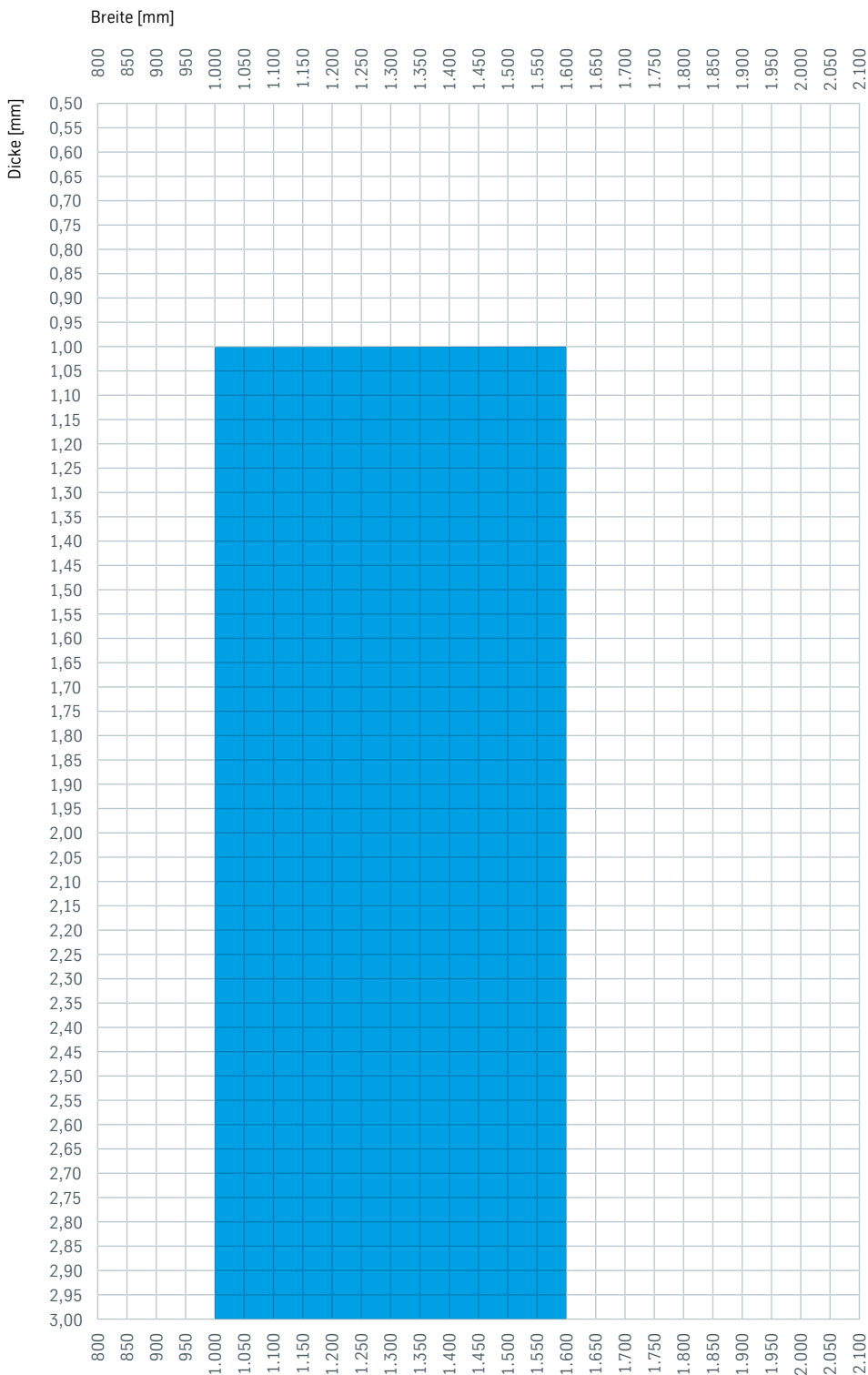
MBW® 1500



MBW-K® 1500



MBW-K® 1900



Anwendungsbeispiel



B-Säule aus presshärtablem Mangan-Bor-Stahl MBW®.

Werksondergütern 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