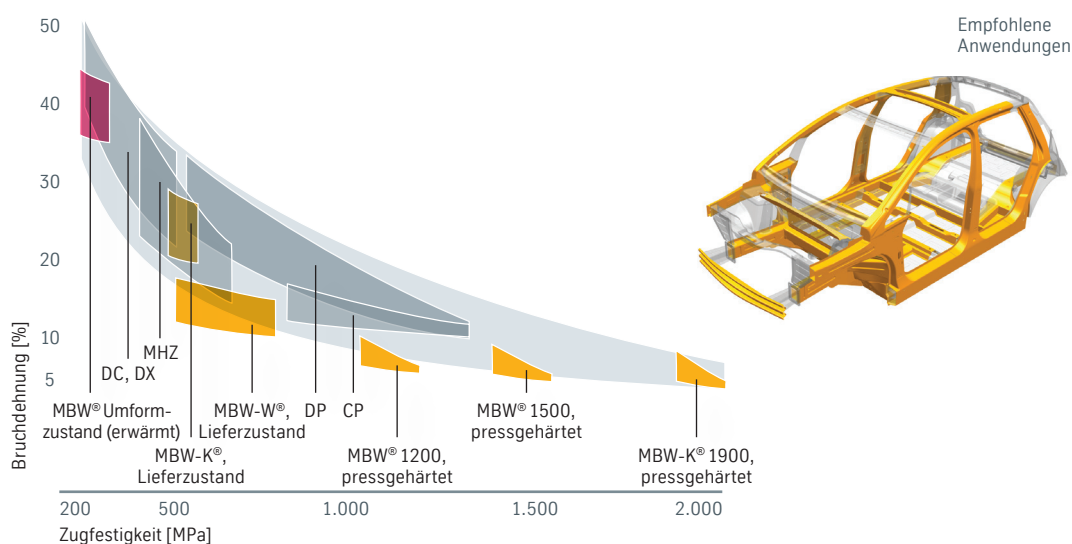




Stand: Dezember 2023, Version 0

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 Warmumformung erlaubt wesentlich höhere Komplexitäten bei der Bauteilgeometrie und eine deutlich höhere Maßhaltigkeit als die Kaltumformung von höchstfesten und ultrahochfesten Stählen.

Unser Portfolio beinhaltet sowohl warmgewalzte und kaltgewalzte als auch oberflächenveredelte Mangan-Bor-Stähle MBW[®]. Aluminium-Silizium beschichtete MBW[®]-Stähle sind gegen die prozessbedingte Zunderbildung und Entkohlung 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.

Der neue Überzug AS Pro sorgt für maximale Prozess- und Bauteilsicherheit im Automobilbau. AS Pro minimiert die prozessbedingte Wasserstoffaufnahme während des Glühprozesses deutlich und schützt das Bauteil nachhaltig vor Versprödung.

Typische Anwendungsgebiete für Mangan-Bor-Stähle MBW[®] sind sicherheitsrelevante Bauteile wie Querträger, Längsträger, A- und B-Säule, Door Ring-Konzepte, Tunnel oder auch Stoßfänger.

Stahlsortenbezeichnung und Oberflächenveredelungen

thyssenkrupp Steel- Stahlsortenbezeichnung	In Anlehnung an VDA 239-500. Version Dez. 2021	Oberflächenveredelungen						
		UC	EG	GI	GA	ZM	AS	AS Pro
● MBW-W® 1500	HR1500T-MB	●						
● MBW® 500	CR500T-LA						●	●
● MBW® 600	CR600T-LA						●	●
● MBW® 1200	CR1100T-MB ¹						●	●
● MBW® 1500	CR1500T-MB						●	●
● MBW® 1900	CR1900T-MB							●
● MBW-K® 1500	CR1500T-MB	●						
● MBW-K® 1900	CR1900T-MB	●						

- Warmgewalzte Flacherzeugnisse
- Kaltgewalzte/schmelztauchveredelte Flacherzeugnisse
- Serienfertigung für Innenteile

¹ Aktuell nicht in VDA 239-500, Version Dez. 2021 enthalten.

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

Bemerkungen

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

AS- und AS Pro-Überzug

Wie alle schmelztauchveredelten Feibleche von thyssenkrupp Steel wird Aluminium-Silizium-beschichtetes Feiblech AS und AS Pro kontinuierlich im Durchlauf erzeugt und dabei in einem Schmelzbad mit einem Überzug versehen.

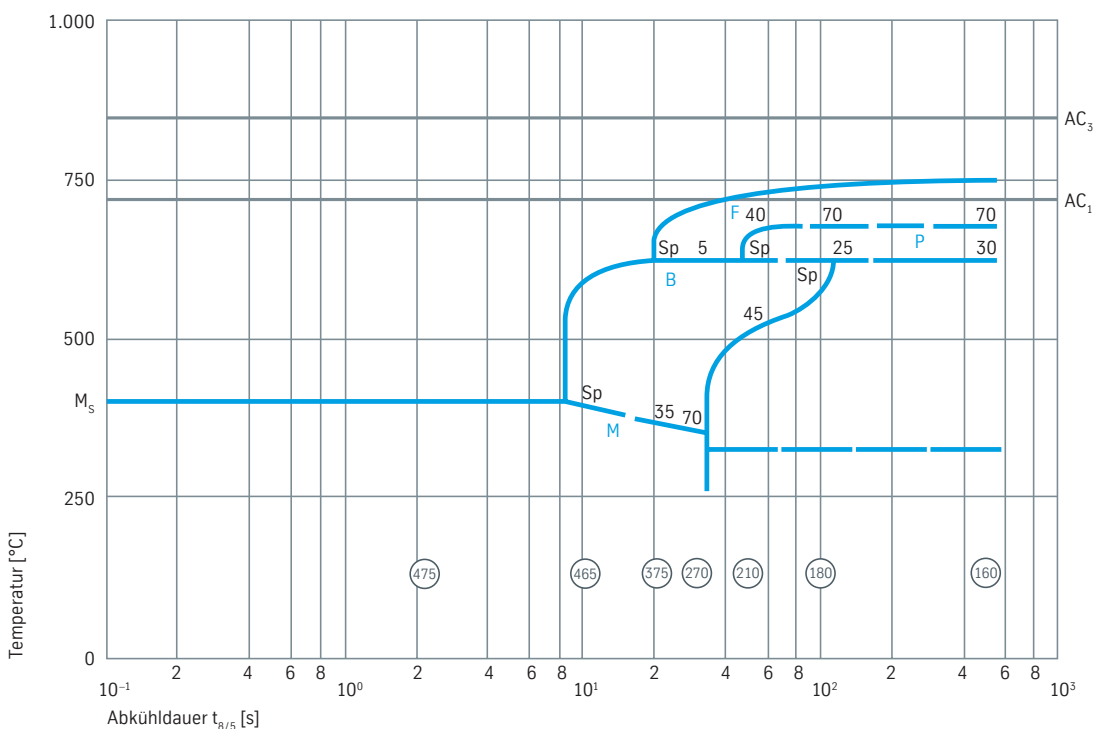
Typischerweise besteht das Schmelzbad von Standard AS aus bis zu 90% Aluminium, etwa 10% Silizium und maximal 4% Eisen. Der Anteil von Silizium variiert zwischen 8 und 11%.

Das Schmelzbad von AS Pro hingegen besteht aus bis zu 90% Aluminium, etwa 10% Silizium, maximal 4% Eisen und maximal 0,5% Erdalkalimetallen, wie z. B. Magnesium. Der Silizium-Anteil liegt zwischen 8 und 11%.

Werkstoffcharakteristik

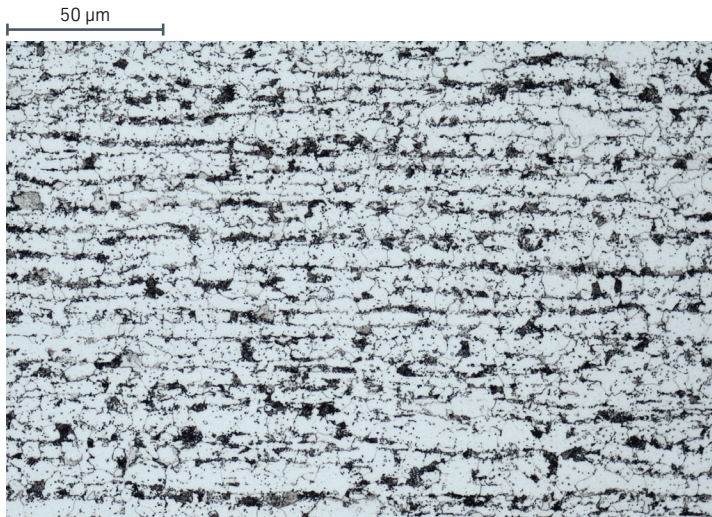
Mangan-Bor-Stähle zählen zu den Vergütungsstählen. Die in dieser Stahlfamilie zugrunde liegenden Werkstoffkonzepte weisen eine ausgewählte und aufeinander abgestimmte chemische Zusammensetzung auf, die eine Härtungsbehandlung nach Warmumformung ermöglicht. Durch diesen Verarbeitungsprozess kann beim Aluminium-Silizium-beschichteten MBW® 1500 beispielsweise die Mindestzugfestigkeit von 450 MPa im Anlieferungszustand auf bis zu 1.500 MPa erhöht werden. Das im Lieferzustand vorliegende ferritisch-perlitische Gefüge wird dabei in ein rein martensitisches Gefüge umgewandelt. Das ZTU-Diagramm veranschaulicht das Umwandlungsverhalten bei einer Austenitisierungstemperatur von 900 °C, einer Haltedauer von fünf Minuten und einer Aufheizung in einer Minute. Auch bei niedrigen Abkühlgeschwindigkeiten ist noch ein vollständig martensitisches Gefüge erzielbar.

ZTU-Diagramm Umwandlungsverhalten MBW® 1500

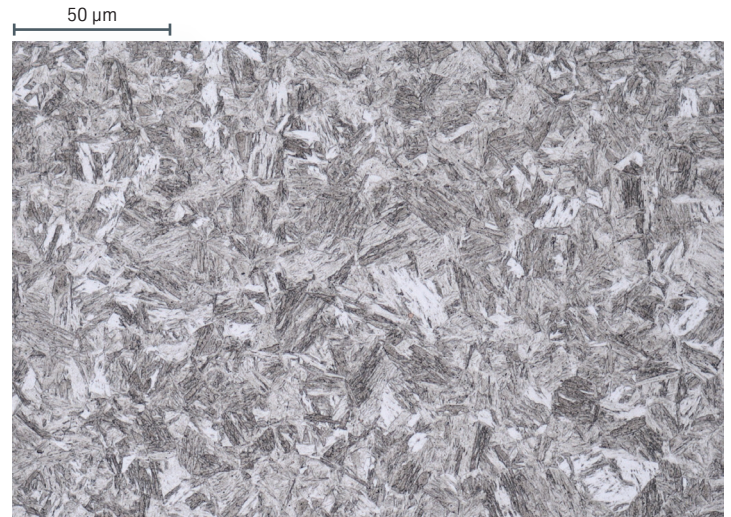


- Härtewerte HV
- M_s Martensitstarttemperatur 400 °C
- AC_1 = Start Austenitisierung 720 °C
- AC_3 = Ende Austenitisierung 845 °C
- F Ferrit
- P Perlit
- B Bainit
- M Martensit

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 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 durch FEM-Simulationen bei thyssenkrupp untersucht werden.

Desweiteren 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.
thyssenkrupp Steel-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	0,14	0,40	1,80	0,025	0,010	0,15 ¹	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® 1900	0,38	0,40	1,40	0,025	0,010	0,1	0,05	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

¹ Maximaler Aluminium-Massenanteil.

Mechanische Eigenschaften

		Kennwerte im Lieferzustand			
		Streckgrenze	Zugfestigkeit	Bruchdehnung	
Prüfrichtung quer zur Walzrichtung		R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A min. [%]	A ₈₀ min. [%]
thyssenkrupp Steel-Stahlsortenbezeichnung					
	Oberflächenveredelung				
● MBW-W® 1500	UC	≥ 320	≥ 500	12	10
● MBW® 500	AS, AS Pro	300–520	400–600	–	16
● MBW® 600	AS, AS Pro	320–650	500–750	–	12
● MBW® 1200	AS, AS Pro	300–580	500–750	–	12
● MBW® 1500	AS, AS Pro	320–620	450–750	–	12
● MBW® 1900	AS Pro	400–650	600–800	–	12
● MBW-K® 1500	UC (rekristallisiert gegläht)	250–450	450–600	–	18
● MBW-K® 1900	UC (rekristallisiert gegläht)	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 können jedoch für Schneidprozesse der Formplatinen sowie für die bei der indirekten Warmumformung vorgeschaltete Kaltumformstufe relevant sein.

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}/A [%]	α [°]	$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A_{80}/A [%]	α [°]
thyssenkrupp Steel-Stahlsortenbezeichnung								
● MBW-W® 1500	1.000	1.500	5/7	60	1.100	1.500	5/7	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	1.150	5	70	950	1.150	5	75
● MBW® 1500	1.000	1.500	5	50	1.100	1.500	5	55
● MBW® 1900	1.250	1.900	4	35	1.400	1.800	4	45
● 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 Bruchdehnung bei einer Proportionalprobe mit $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$ bei Blechdicken $\geq 3,0$ mm

A_{80} Bruchdehnung bei einer Probe mit der Messlänge $L_0 = 80$ mm bei Blechdicken $< 3,0$ mm

Oberflächen

Oberflächenveredelungen, schmelztauchveredelt

	Auflage in Anlehnung an:	Mindestauflage zweiseitig [g/m ²]		Auflage je Seite an Einflächenprobe		Informativ Typische Dicke [µm]
		Dreiflächen- probe	Einflächenprobe	Masse [g/m ²]	Dicke [µm]	
Aluminium-Silizium- beschichtet AS Pro						
<i>Bezeichnung</i>						
AS Pro 30	VDA 239-500			30-65	10-20	
AS Pro 45	VDA 239-100			45-85	15-28	
AS Pro 60	VDA 239-500			60-100	20-33	
AS Pro 80	DIN EN 10346	80	60	–	10-20	14
AS Pro 120	DIN EN 10346	120	90	–	15-27	20
AS Pro 150	DIN EN 10346	150	115	–	19-33	25

MBW®-Stähle können mit einer Aluminium-Silizium Beschichtung mit entsprechenden Auflagen in Anlehnung an VDA 239-500, VDA 239-100 oder DIN EN 10346 bestellt werden. Die Auflagen für AS Pro sind der Tabelle zu entnehmen. Für Ausnahmen sind Sondervereinbarungen schriftlich zu treffen.

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 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/AS Pro
U Ohne Oberflächenbehandlung	●					●
O Geölt	●					●

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

Hinweise für die Verarbeitung und Anwendung

Warmumformung

Mangan-Bor-Stähle verfügen über ein hervorragendes Warmumformverhalten. Im Austenitierungstemperaturbereich ist das Umformvermögen dieser Stahlsorten vergleichbar mit dem weicher Tiefziehstähle 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-Silizium-beschichteten 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 Mehrimpulsschweißen in Anlehnung an DIN EN ISO 18278-2 angewendet werden. Die Schweißbereiche sind sowohl in artreinen als auch in Mischverbindungen für diese Festigkeitsklasse ausreichend breit. Die Punktschweißverbindungen sind relativ duktil. Sie versagen im Meißeltest trotz der hohen Werkstofffestigkeit und

Härte in der Schweißverbindung in der Regel durch Mischbruch mit relativ hohem Ausknöpffanteil. 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.

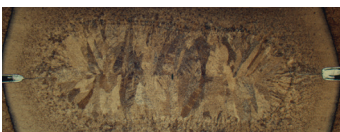
Typische Eigenschaften einer Widerstandspunktschweißverbindung

Stahlsortenbezeichnung	Blechdicke t	Schweißbereich ΔI	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® 500+AS150	1,55	1,8	9,6	15,2	180	330
● MBW® 1200+AS Pro	1,50	1,5	7,4	19,7	390	400
● MBW® 1500+AS150	1,50	1,5	4,4	16,8	485	525
● MBW® 1900+AS Pro	1,50	1,4	4,0	16,2	555	560

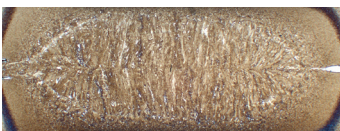
Prüfergebnisse nach SEP 1220-2.

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

MBW® 1900

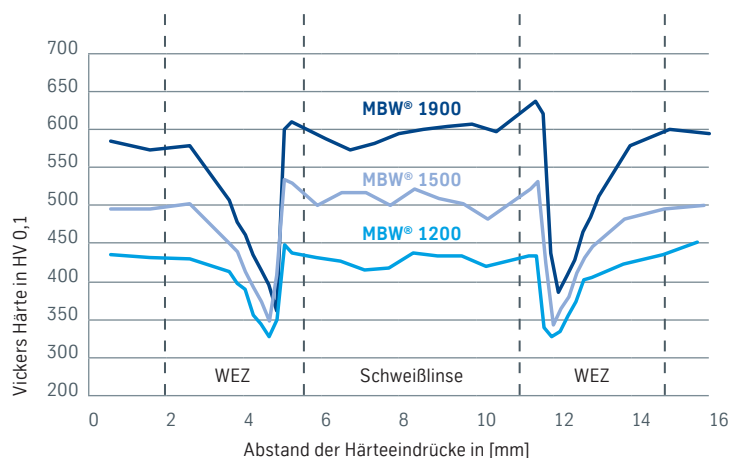


MBW® 1200



Gute Schweißlinseausbildungen.

Härteverlauf der Schweißlinse im Vergleich



Lichtbogenschweißen und -löten

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.

Eine Verbesserung der Lichtbogenstabilität ist durch moderne Kurzlichtbogenprozesse möglich. Beim Metallaktivgasschweißen kann zusätzlich durch 100% CO₂ die Stabilität des Prozesses gesteigert werden.

Die in der Regel eingesetzten Standardzusätze G462CG4Si1 (MAG) und das Kupferlot CuAl7 (MIG-Löten) erreichen ausreichende Verbindungsfestigkeiten. Die Konstruktion des Bauteils sollte die Erweichung in der Wärmeeinflusszone berücksichtigen, um das hohe Festigkeitspotential der Werkstoffe zu nutzen.

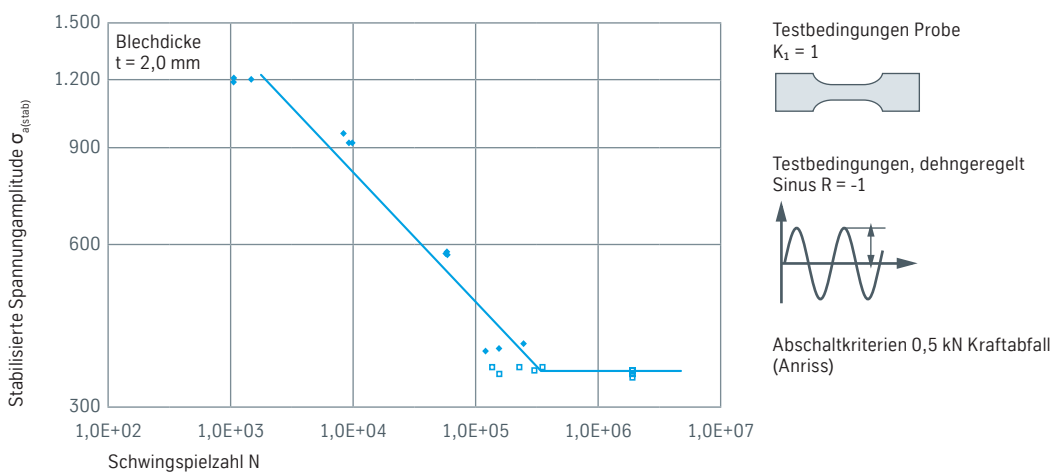
Laserstrahlschweißen

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. In unvergütetem Zustand sollte die Feualuminierung vor dem Laserschweißen lokal entfernt werden, da es sonst zu festigkeitsmindernden AlSi-Einschlüssen kommt. Im vergüteten Zustand kommt es im Bereich der Wärmeeinflusszone ohnehin zu einem nicht zu vermeidenden Festigkeitsabfall. Daher wird auf die Entfernung der durchlegierten Beschichtung in der Regel verzichtet. Ein Festigkeitsabfall in der Wärmeeinflusszone kann durch erneute Vergütung des Bauteils beseitigt werden. Die Festigkeitsminderung durch AlSi-Einschlüsse verbleibt jedoch.

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. Da das Presshärten einen signifikanten Einfluss auf die Werkstoffeigenschaften hat, obliegt es dem Bauteilhersteller, die Beschreibung dieser Eigenschaften vorzunehmen. Im Allgemeinen werden diese Stähle aufgrund des sehr hohen Festigkeitsniveaus jedoch für Bauteile eingesetzt, die während des Crashes nicht deformieren sollen. Die Wöhlerkurve zeigt die gute Dauerschwingfestigkeit eines MBW® 1500.

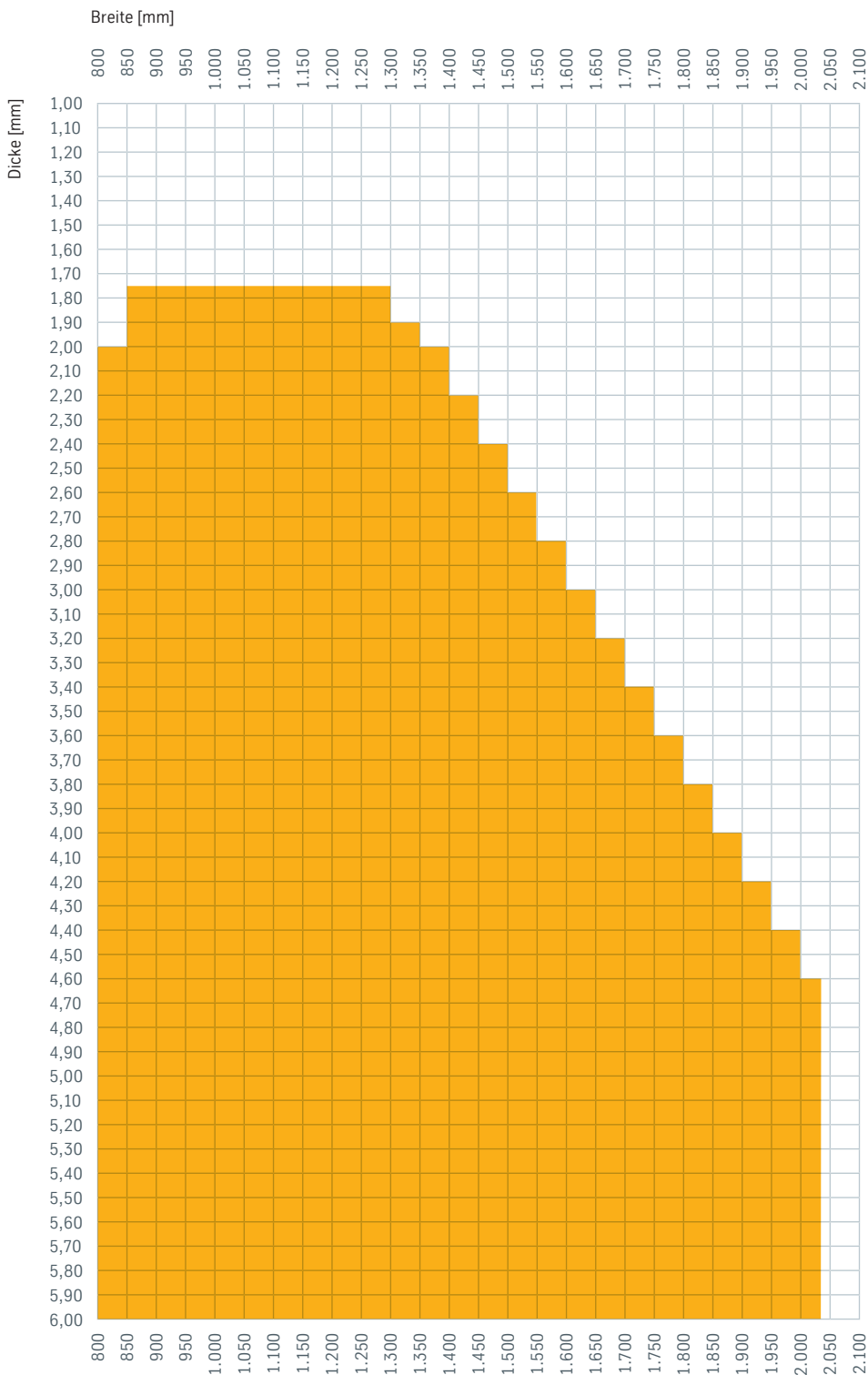
Dehngeregelte Wöhlerkurve eines pressgehärteten MBW® 1500



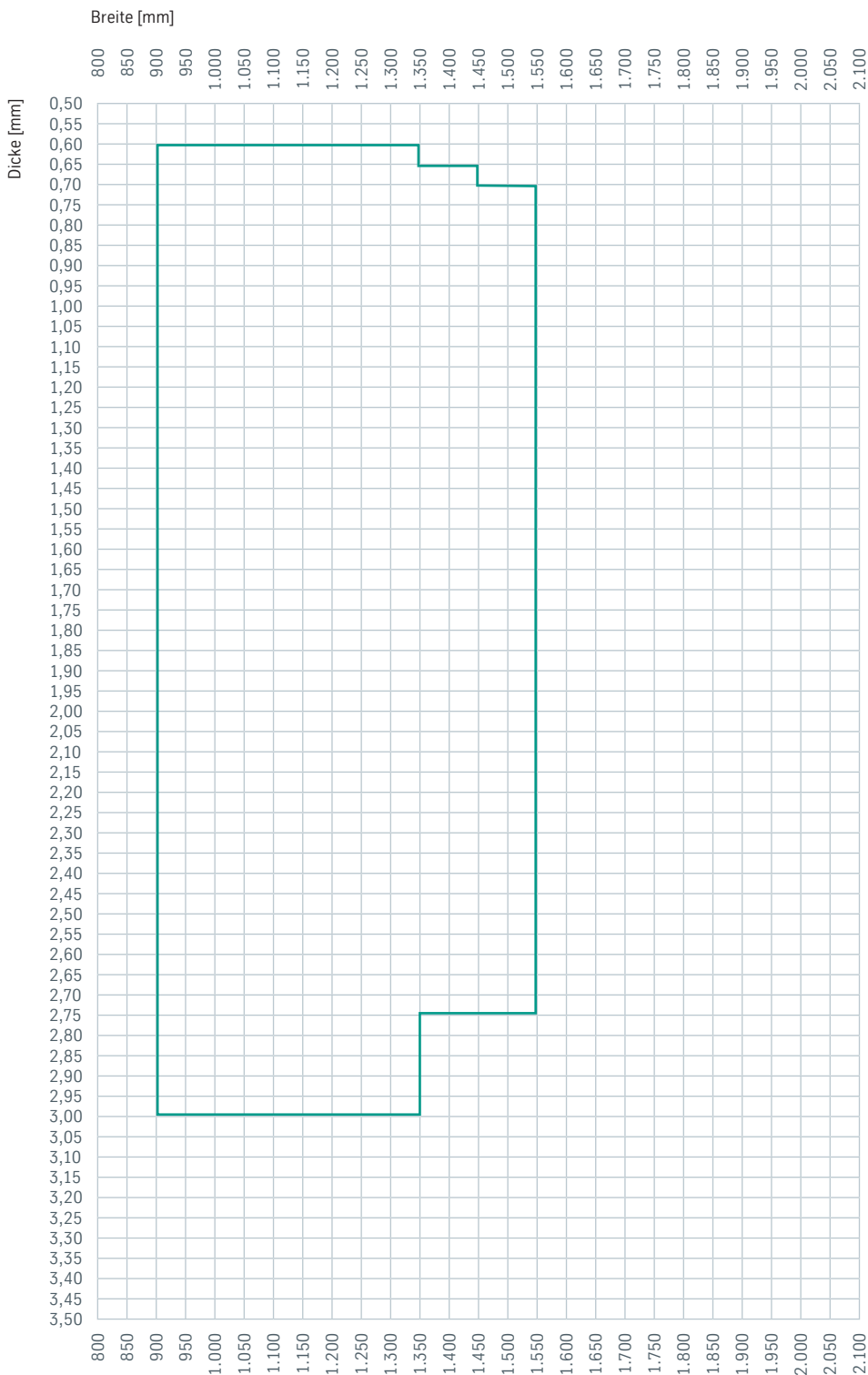
- ◆ Zeitfestigkeit stabiler Spannung
- Dauerfestigkeit

Lieferbare Abmessungen

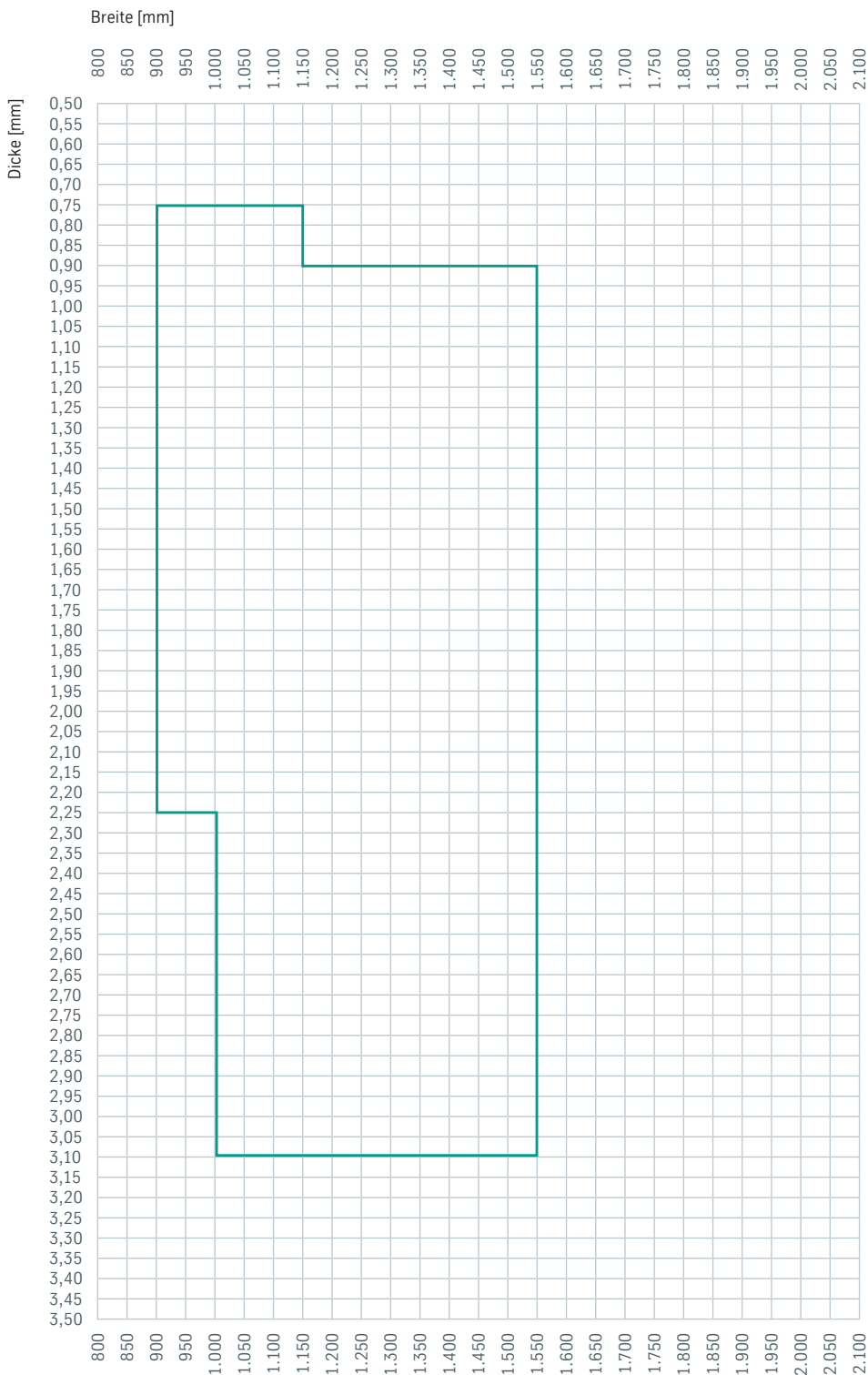
MBW-W® 1500



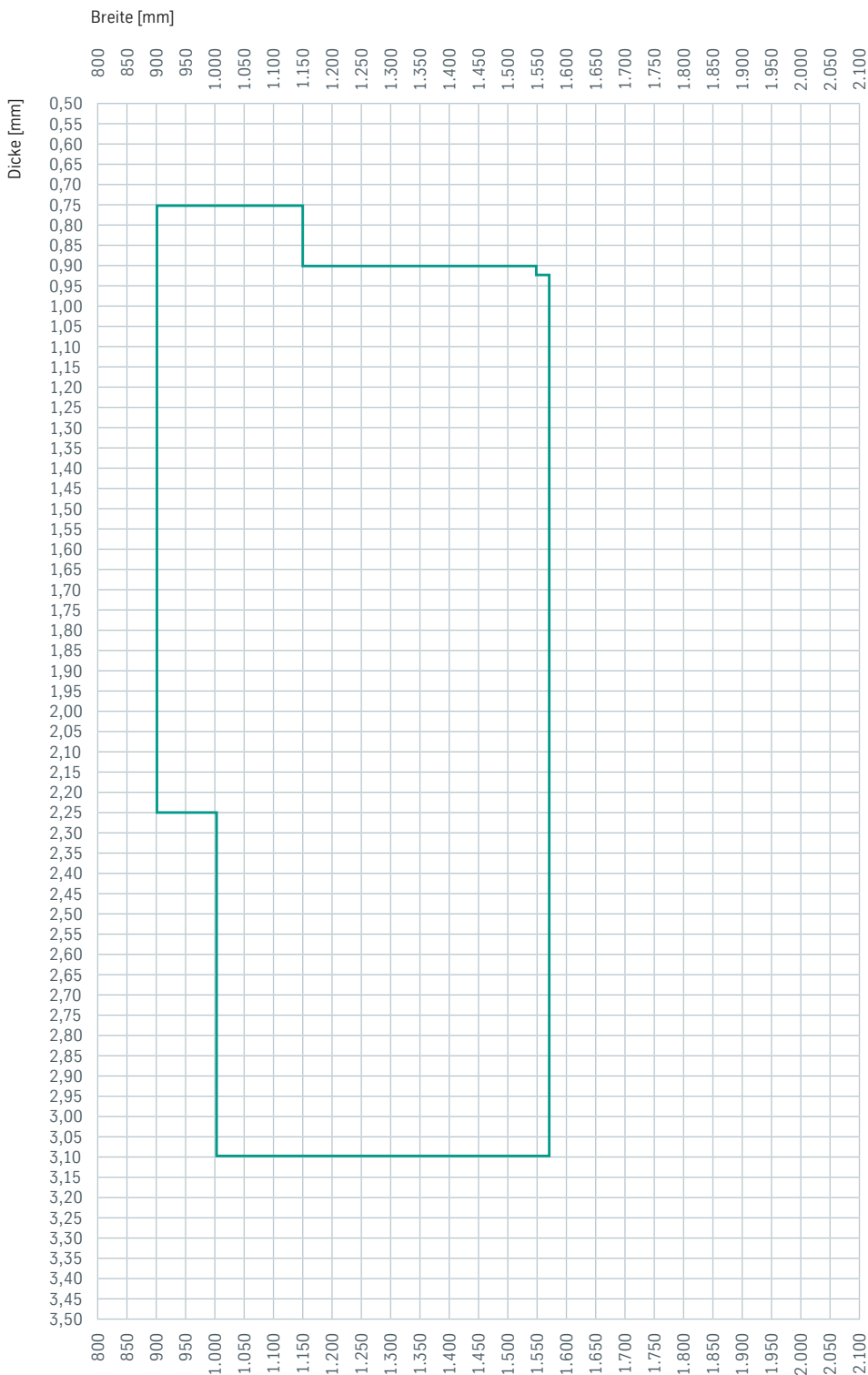
MBW® 500, MBW® 600



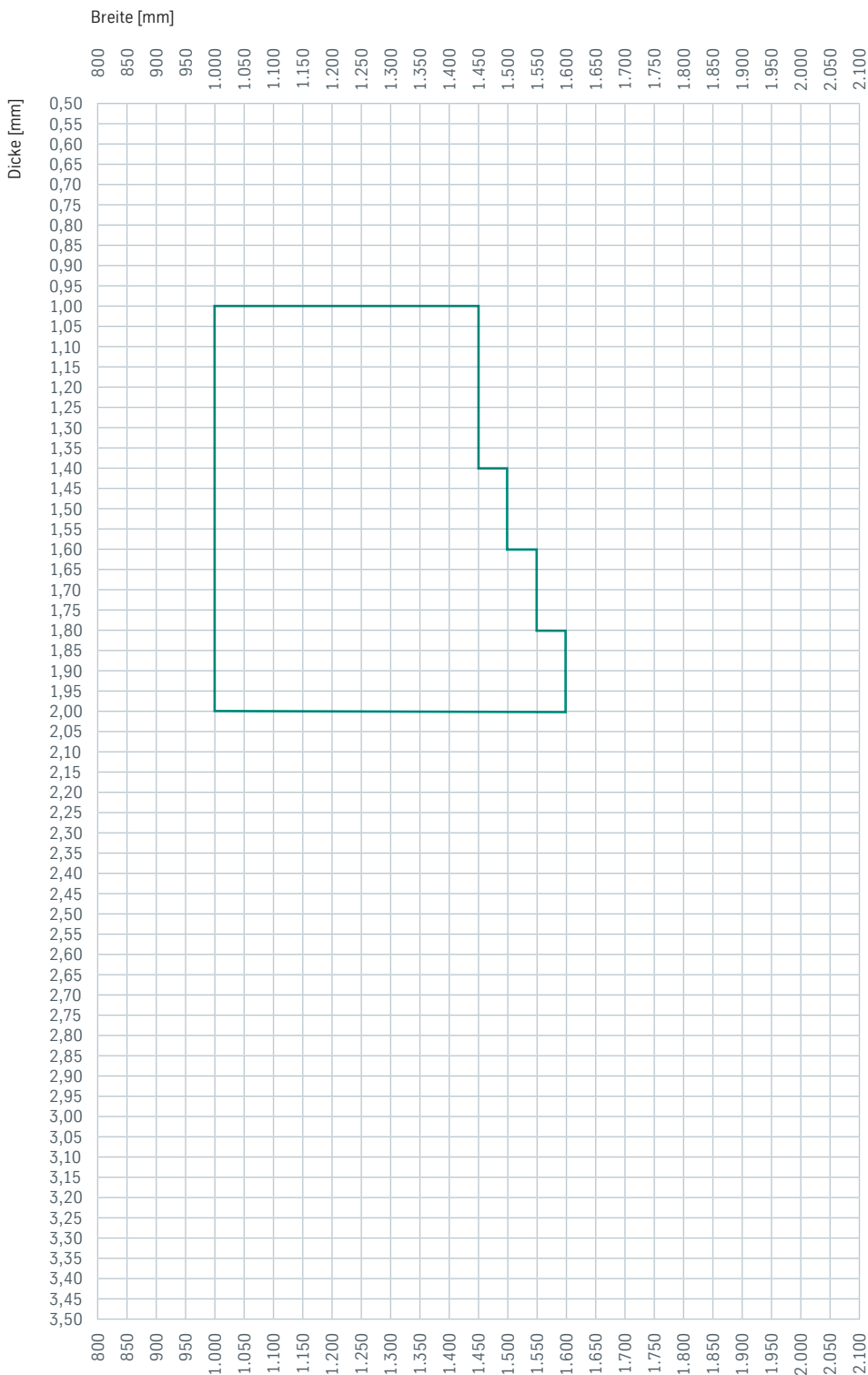
MBW® 1200



MBW® 1500



MBW® 1900

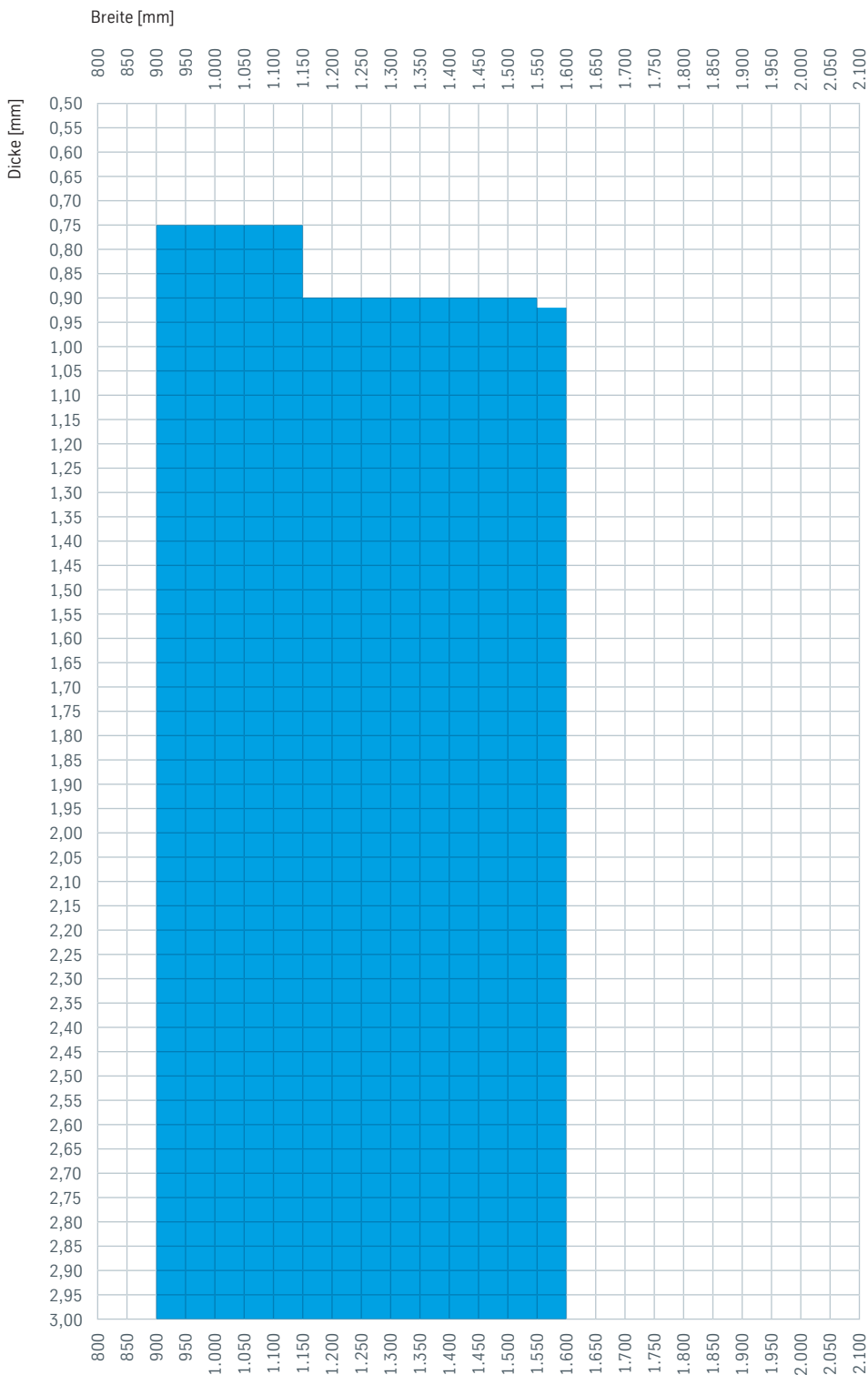


AS Pro Aluminium-Silizium-beschichtet

Für Innenteile.
Übliche Abmessungen für
Automobilkunden.

Weitere Abmessungen auf Anfrage.

MBW-K® 1500

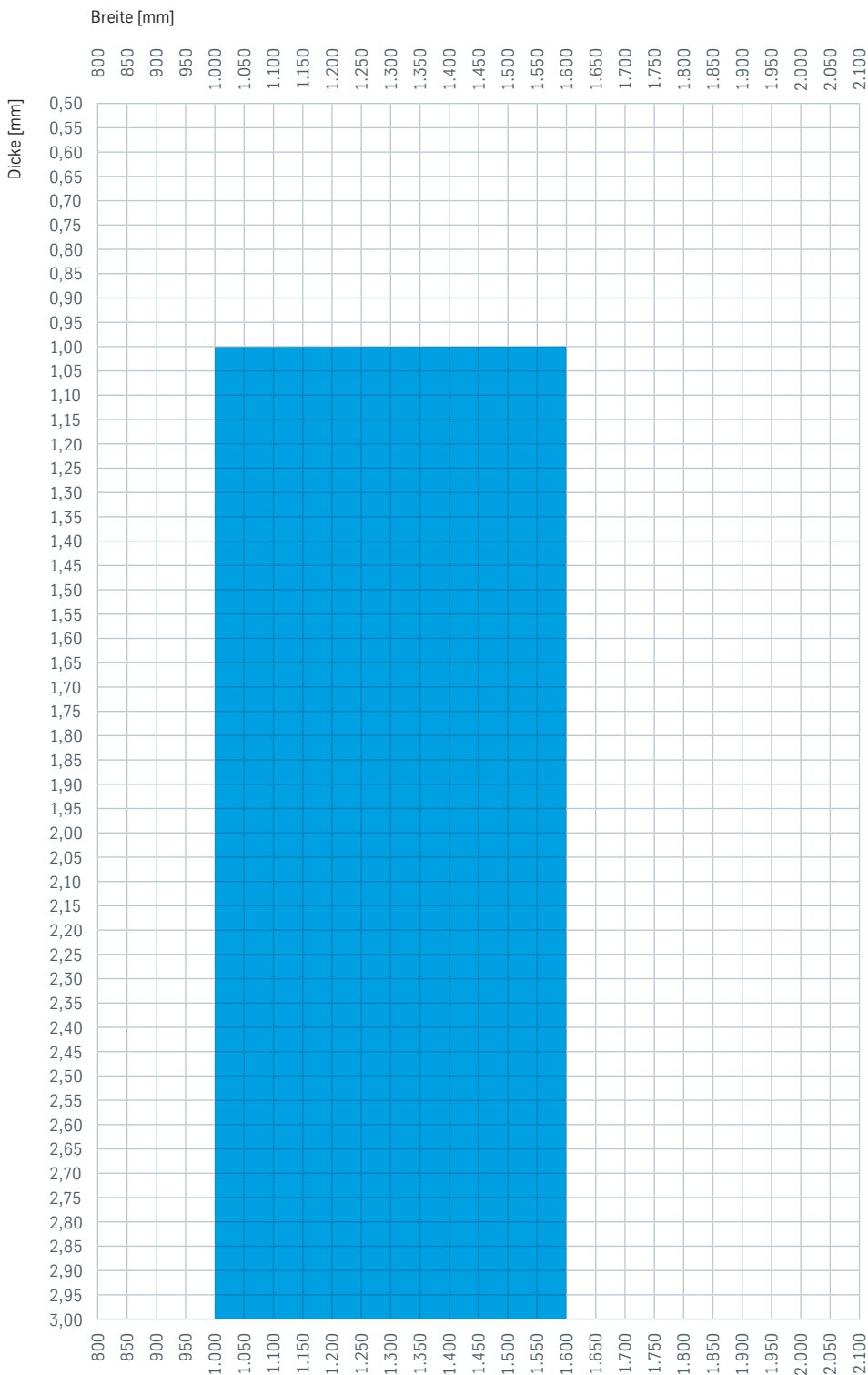


■ Unbeschichtet mit Naturkante

Für Innenteile.
 Übliche Abmessungen für
 Automobilkunden.

Weitere Abmessungen auf Anfrage.

MBW-K® 1900



Anwendungsbeispiel



B-Säule mit Verstärkung aus presshärtbarem 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