



**W400**



**BÖHLER W400**  
**VMR<sup>®</sup>**

WARMARBEITSSTAHL  
HOT WORK TOOL STEEL

## Lebensdauererhöhung durch höhere Einsatzhärte

Eine Verringerung von Produktionskosten wird neben anderen Faktoren wesentlich von langen Werkzeugstandzeiten und niedrigen Instandhaltungs- und Stillstandskosten beeinflusst.

Erreichbar ist dies in der Praxis mit Werkzeugwerkstoffen, welche beispielsweise durch höchste **Homogenität** und **Mikroreinheit** eine wesentliche Verzögerung bei der Brandrissbildung bewirken.

Zusätzlich kann unter Ausnutzung des hohen **Zähigkeitspotenzials** bei einzelnen Anwendungen eine gravierende Verbesserung der Werkzeuglebensdauer durch Einstellung einer **höheren Einsatzhärte** erzielt werden. Aufgrund des Einsatzes derartig angepasster Werkzeugwerkstoffe ergeben sich für den Anwender neben der **höheren Werkzeuglebensdauer** noch eine Reihe von zusätzlichen Vorteilen durch beispielsweise:

- höhere Werkzeuglebensdauer
- weniger Werkzeuge
- weniger Werkzeugwechsel
- geringerer Reparaturaufwand
- längere Einsatzzyklen zwischen den Werkzeugreparaturen

## Service life increase through higher working hardness

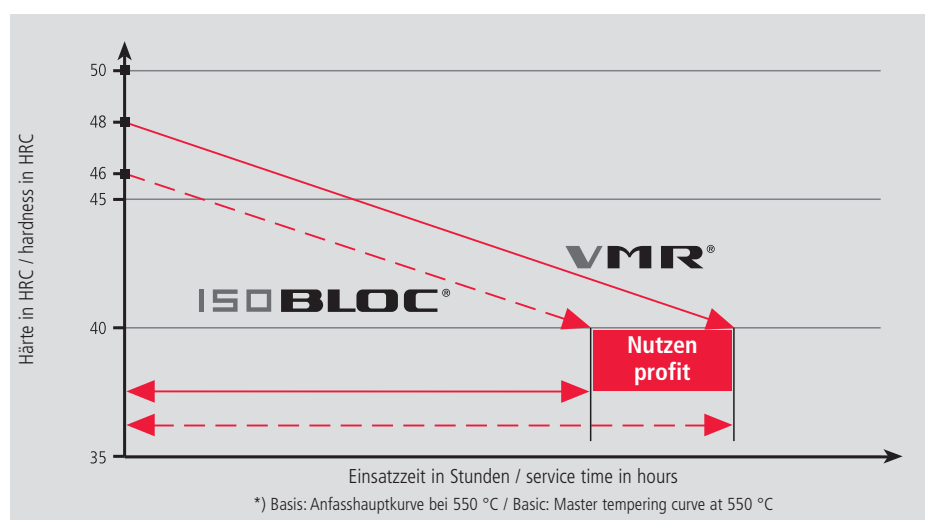
The most important factors, among others, which can result in a lowering of production costs are a long tool life and low maintenance and stand still costs.

This is achieved in practice by using tool materials which, for example, are highly homogenous and have a high **micro-cleanliness**, causing a significant delay in the onset of heat checking.

In addition, the high **potential for toughness** means for certain applications that an improvement in the service life of the tool can be achieved by **increasing the working hardness**.

Employing such a specially adapted tooling material can result in several advantages for the user, besides the **longer service life**, due to:

- Longer tool life
- Fewer tools
- Fewer tool changes
- Fewer repairs
- Longer tool-in-service time between repairs



## Qualitativer Vergleich

## Qualitative comparison

BÖHLER Marke BÖHLER grade	Warmfestigkeit High temp. strength	Warmzähigkeit High temp. toughness	Warmverschleißwiderstand High temp. wear resistance	Bearbeitbarkeit Machinability
BÖHLER W300				
BÖHLER W302				
BÖHLER W303				
BÖHLER W320				
BÖHLER W321				
BÖHLER W360				
BÖHLER W400 VMR				
BÖHLER W403 VMR				

## Qualitätsmerkmale

Die hervorragenden Eigenschaften des neuen Stahles BÖHLER W400 VMR sind neben einer adaptierten chemischen Zusammensetzung von folgenden technologisch abgestimmten Verfahrensschritten abhängig:

- durch die Auswahl hochreiner Schmelzeinsatzstoffe
- durch ein Umschmelzen unter Vakuum (VMR)
- durch optimalste Verfahrensschritte bezüglich Diffusions- und Strukturbehandlung
- sowie eine abschließende Sonderwärmebehandlung zur Einstellung eines ausgezeichneten Glühzustandes.

## Quality characteristics

The outstanding properties of BÖHLER's new tool steel W400 VMR are dependant not only on a modified chemical composition, but also on the following technologically optimised production steps:

- Selection of highly clean raw materials for melting
- Remelting under vacuum (VMR)
- Optimised diffusion annealing and structural treatment
- Final, special heat treatment for an excellent annealed condition.

	ISODISC®	ISOBLOC®	VMR®
Erschmelzung Melting	ELBO + VD EAF + VD	ELBO + VD EAF + VD	ELBO + VD EAF + VD
Umschmelzung Remelting	–	ESU / ESR	VLBO / VAR
Strukturbehandlung Structural treatment	ja / yes	ja / yes	ja / yes
Sonder-Wärme- behandlung Special heat treatment	ja / yes	ja / yes	ja / yes

## Eigenschaften

Aufgrund einer ausgewogenen Kombination von Legierungsanpassung und Verfahrensschritten werden für BÖHLER W400 VMR optimale Werkstoffeigenschaften eingestellt:

- günstigste Makro- und Mikrostruktur mit geringstem Seigerungsverhalten
- niedrigste Gasgehalte
- niedrigste Gehalte an unerwünschten Spurenelementen
- ausgezeichnete Homogenität und Isotropie
- höchster Reinheitsgrad
- höchste Zähigkeit
- beste Polierbarkeit
- beste Wärmeleitfähigkeit
- höchste Maßhaltigkeit bei der Wärmebehandlung
- gute Bearbeitbarkeit
- höhere Arbeitshärte für eine längere Werkzeuglebensdauer (geringerer Warmverschleiß, höhere Warmfestigkeit)

## Verwendung

Hochbeanspruchte Warmarbeitswerkzeuge, vornehmlich zur Verarbeitung von Leichtmetalllegierungen, wie Pressdorne, Pressmatrizen und Blockaufnehmer für das Metallrohr- und Strangpressen, Warmfließpresswerkzeuge, Werkzeuge für die Hohlkörperfertigung, Werkzeuge für die Schrauben-, Mutter-, Nieten- und Bolzenerzeugung. Druckgießwerkzeuge, Formteilpressgesenke, Gesenkeinsätze, Warmscherenmesser, Kunststoffformen.

## Properties

Due to the balanced combination of a modified chemical composition and an optimised processing route, optimum material properties have been achieved in BÖHLER W400 VMR:

- Good macro- and microstructure with lowest levels of segregation
- Lowest gas contents
- Lowest levels of unwanted trace elements
- Excellent homogeneity and isotropy
- Highest degree of cleanliness
- Highest toughness
- Best polishability
- Best thermal conductivity
- Highest dimensional stability during heat treatment
- Good machinability
- Higher working hardness for increased service life (less hot wear, higher hot strength)

## Application

Heavy duty hot work tools and dies, mainly for light alloy processing: mandrels, dies, and containers for metal tube and rod extrusion; hot extrusion equipment; tools and dies for the manufacture of hollow bodies, screws, rivets, nuts and bolts. Die casting equipment, forming dies, die inserts, hot shear blades, and plastic moulding dies.

### Chemische Zusammensetzung (Anhaltswerte in %) / Chemical composition (average %)

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0,37	0,20	0,30	5,00	1,30	0,50

## Normen

**EN / DIN**  
~ 1.2343  
~ X37CrMoV5-1

**AFNOR**  
Z36CDV5  
~ Z38CDV5

**BS**  
~ BH11

**UNI**  
~ X37CrMoV5-1KU

**UNE**  
~ F5317  
~ X37CrMoSiV5

~ SKD6

## Standards

**AISI**  
~ H11

**JIS**  
~ 4Ch5MFS

**UNS**  
~ T20811

**GOST**

## Zähigkeit verschiedener Warmarbeitsstahl-Herstelltechnologien

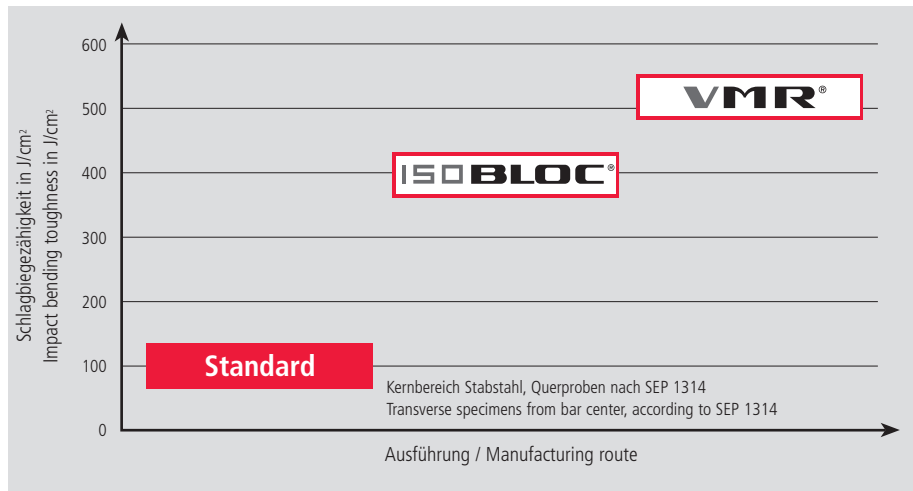
Ein Vergleich der unterschiedlichen Produktgüten von Standard, ISOBLOC und VMR zeigt, dass ein Warmarbeitsstahl mit größter Homogenität, Isotropie und Mikroreinheit auch das höchste Zähigkeitsniveau aufweist. Eine der gängigsten Prüfmethode zur Erfassung der Zähigkeit ist der Schlagbiegeversuch.

Geprüft werden dabei ungekerbte Proben der Abmessung 7 x 10 x 55 mm, die einzeln auf  $45 \pm 2$  HRC vergütet werden (STAHL-EISEN-Prüfblatt SEP 1314, April 1990). BÖHLER W400 VMR weist bis zu einer Abmessung von 810 x 365 x 3000 mm bzw. 710 x 450 x 3000 mm, in allen Probelagen extrem hohe Schlagbiegegeziigkeiten auf.

## Toughness of hot work tool steels manufactured by different routes

A comparison of different quality materialsstandard, ISOBLOC and VMR shows, that a material with high homogeneity, high isotropy and high microcleanliness also has the highest levels of toughness. One of the best methods of measuring the toughness is in an impact bending test.

Un-notched specimens of dimension 7 x 10 x 55 mm, hardened and tempered to  $45 \pm 2$  HRC, are used in this test (according to the STAHL-EISEN-Prüfblatt SEP 1314, April 1990). BÖHLER W400 VMR shows an extremely high impact toughness in all orientations up to a size of 810 x 365 x 3000 mm or 710 x 450 x 3000 mm.



Ein Überblick über erzielbare Reinheitsgrade in Abhängigkeit von Werkstoffgüte und Herstellungsverfahren zeigt, dass mit BÖHLER W400 VMR Reinheitsgradwerte erzielbar sind, wie sie üblicherweise nur für Luft- und Raumfahrt gefordert werden. Demzufolge können auch mit der ISODISC- und ISOBLOC-Güte teilweise Werte um 10 bzw. 5 nach DIN 50602/K0 erzielt werden, bei BÖHLER W400 VMR ist ein K0-Wert von 5 je doch bereits der Maximalwert in der Bandbreite.

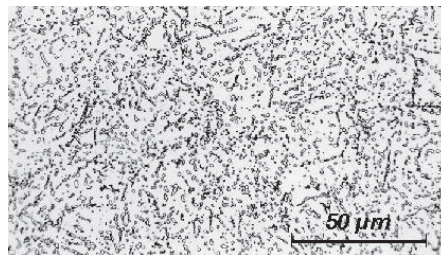
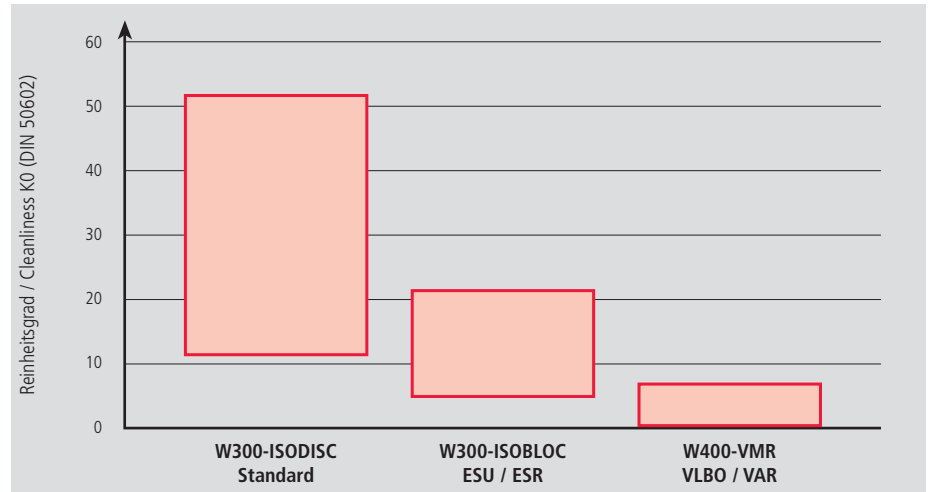
Gleichzeitig zeigt das vorliegende Gefügebild die ausgezeichnete Homogenität des durch die Herstellungsrouten über VLBO erreichbaren Gefügestandes.

The summary of the micro-cleanliness levels of various qualities manufactured by different routes shows that BÖHLER W400 VMR has a micro-cleanliness level comparable to that which is generally only demanded by the aerospace industry. Values of around 10 or 5 according to the German standard DIN 50602/K0, can also be achieved for the ISODISC and ISOBLOC qualities respectively. For BÖHLER W400 VMR however a K0-value of 5 is the maximum value in the scatter band.

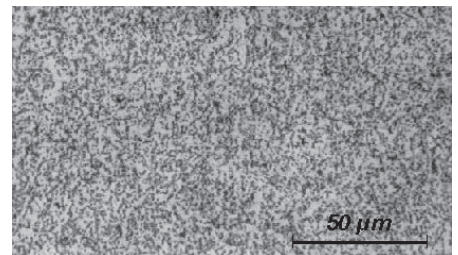
The micrographs reproduced here show the excellent homogeneity of the microstructure achieved by manufacturing via VAR.

## Reinheitsgrad und Gefüge

## Micro-cleanliness and Microstructure



Gefüge nach dem Weichglühen – Standardqualität /  
Microstructure after soft annealing – Standard quality



Gefüge nach dem Weichglühen – VMR (VLBO)-Qualität /  
Microstructure after soft annealing – VMR (VAR) quality

Die Gefüge- und Mikrohomogenitätsbeurteilung von Warmarbeitsstahl wird nach dem aktuellen STAHL-EISEN-Prüfblatt SEP 1614 (September 1996) oder nach der NADCA-Norm durchgeführt.

Bei dem Glühgefüge wird BÖHLER W400 VMR nach Bildstufe GA1 bis GA5, GB1 bis GB4 und GC1 bis GC2 eingestuft. Bezüglich der Mikrohomogenität zeigt BÖHLER W400 VMR eine Gefügeausbildung entsprechend der Premiumstufe SA1, SA2 und SA3.

The evaluation of microstructure and micro-segregation of hot work tool steels is carried out according to the current STAHL-EISEN-Prüfblatt SEP 1614 (September 1996) or according to the NADCA specification.

The microstructure of BÖHLER W400 VMR corresponds to pictures GA1 to GA5, GB1 to GB4 and GC1 to GC2. The micro-segregation of BÖHLER W400 VMR corresponds to the pictures for premium grades SA1, SA2 and SA3.

## Lieferzustand

Weichgeglüht max. 205 HB

## Wärmebehandlung

### Weichglühen:

800 bis 850 °C

Geregelte langsame Ofenabkühlung mit 10 bis 20 °C/h bis ca. 600 °C, weitere Abkühlung in Luft.

## Condition of delivery

Annealed max. 205 HB

## Heat treatment

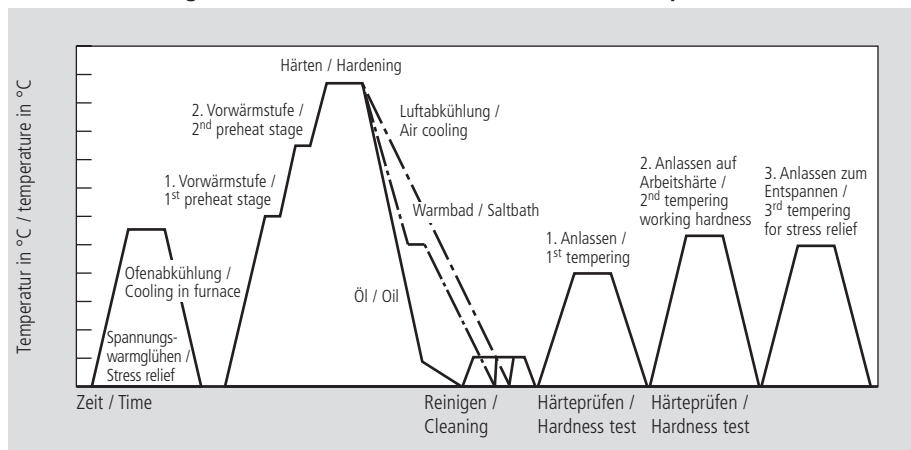
### Annealing:

800 to 850 °C (1472 to 1562 °F)

Slow controlled cooling in furnace at a rate of 10 to 20 °C/hr down to approx. 600 °C (1112 °F), further cooling in air.

## Wärmebehandlungsschema

## Heat treatment sequence



### Spannungsarmglühen:

600 bis 650 °C

Langsame Ofenabkühlung.

Zum Spannungsabbau nach umfangreicher Zerspaltung oder bei komplizierten Werkzeugen. Haltezeit nach vollständiger Durchwärmung 1 – 2 Stunden (in neutraler Atmosphäre).

### Stress relieving:

600 to 650 °C (1112 to 1202 °F)

Slow cooling in furnace.

To relieve stresses caused by extensive machining, or for complex shapes. Soak for 1 – 2 hours after temperature equalisation (in neutral atmosphere).

### Härten:

980 bis 990 °C

Öl, Warmbad (500 – 550 °C), Luft oder Vakuum mit Gasabschreckung. Haltezeit nach vollständigem Durchwärmen: 15 bis 30 Minuten.

Erzielbare Härte:

52 – 54 HRC bei Öl- oder Warmbadhärtung;

50 – 53 HRC bei Luft- oder Vakuumhärtung.

**Zur Vermeidung einer Kornvergrößerung ist unbedingt die empfohlene Härtetemperatur von 980 – 990 °C einzuhalten.**

Aufgrund der hervorragenden Zähigkeit von BÖHLER W400 VMR ist es jedoch möglich, die Härte um ca. 1 – 2 HRC anzuheben, wodurch die Brandrissbildung zusätzlich verzögert werden kann.

### Hardening:

980 to 990 °C (1796 to 1814 °F)

Oil, salt bath (500 – 550 °C [932 – 1022 °F]), air or vacuum with gas quenching. Holding time after temperature equalization: 15 to 30 minutes.

Obtainable hardness:

52 – 54 HRC in oil or salt bath hardening,

50 – 53 HRC in air or vacuum hardening.

**In order to prevent coarsening of the grain, hardening must be carried out at the recommended temperature of 980 – 990 °C (1797 – 1814 °F).**

Due to the outstanding toughness of BÖHLER W400 VMR it is possible to raise the working hardness of the tooling by 1 – 2 HRC, in order to further delay the on set of heat checking.

## Anlassen:

Langsames Erwärmen auf Anlasstemperatur unmittelbar nach dem Härten/Verweildauer im Ofen 1 Stunde je 20 mm Werkstückdicke, jedoch mindestens 2 Stunden/Luftabkühlung.

Es wird empfohlen mindestens zweimal anzulassen. Ein 3. Anlassen zum Entspannen ist vorteilhaft.

1. Anlassen ca. 30 °C oberhalb des Sekundärhärtemaximums.
2. Anlassen auf Arbeitshärte. Richtwerte für die erreichbare Härte nach dem Anlassen bitten wir dem Anlassschaubild zu entnehmen.
3. Anlassen zum Entspannen 30 bis 50 °C unter der höchsten Anlasstemperatur.

## Tempering:

Slow heating to tempering temperature immediately after hardening/time in furnace 1 hour for each 20 mm of workpiece thickness but at least 2 hours/cooling in air. It is recommended to temper at least twice.

A third tempering cycle for the purpose of stress relieving may be advantageous.

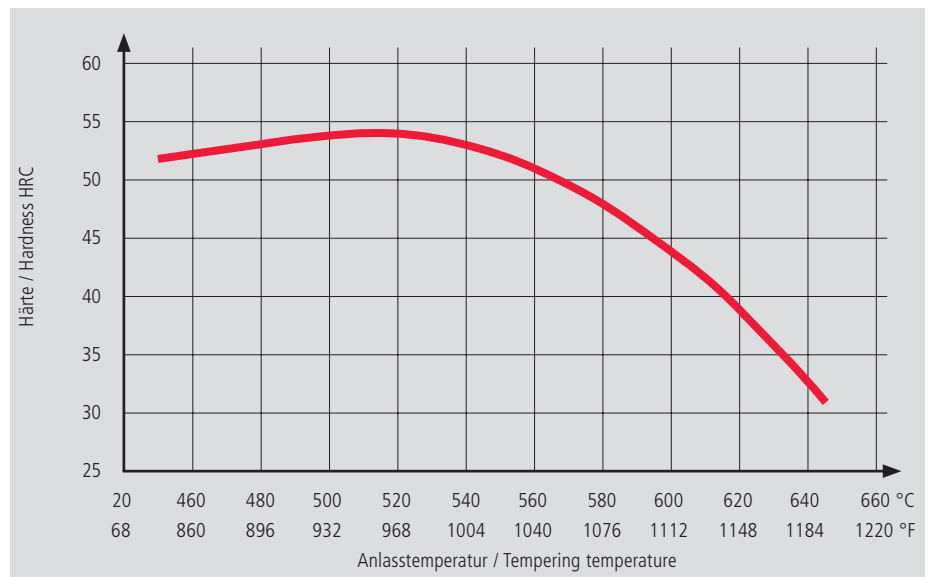
1<sup>st</sup> tempering approx. 30 °C (86 °F) above maximum secondary hardness.

2<sup>nd</sup> tempering to desired working hardness. The tempering chart shows average tempered hardness values.

3<sup>rd</sup> for stress relieving at a temperature 30 to 50 °C (86 – 122 °F) below highest tempering temperature.

## Anlassschaubild

## Tempering chart



Härtetemperatur: 990 °C  
Probenquerschnitt: Vkt. 20 mm

Hardening temperature: 990 °C (1814 °F)  
Specimen size: square 20 mm

## Oberflächenbehandlung

### Nitrieren:

Für Bad-, Gas- und Plasmanitrierung geeignet.

## Surface treatment

### Nitriding:

Suited for bath, gas and plasma nitriding.

## Reparaturschweißen

Die Gefahr von Rissen bei Schweißarbeiten ist, wie allgemein bei Werkzeugstählen, vorhanden. Sollte ein Schweißen unbedingt erforderlich sein, bitten wir Sie, die Richtlinien Ihres Schweißzusatzwerkstoffherstellers zu beachten.

## Repair welding

There is a general tendency for tool steels to develop cracks after welding. If welding cannot be avoided, the instructions of the appropriate welding electrode manufacturer should be sought and followed.

## ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung / Continuous cooling CCT curves

Austenitizing temperature: 990 °C  
 Haltedauer: 15 Minuten

647 ..... 226 Härte in HV  
 0,15 ..... 400 Abkühlungsparameter,  
 d. h. Abkühlungsdauer von  
 800 – 500 °C in  $s \times 10^{-2}$

Austenitizing temperature: 990 °C (1814 °F)  
 Holding time: 15 minutes

647 ..... 226 Vickers hardness  
 0.15 ..... 400 Cooling parameter, i.e.  
 duration of cooling from 800 – 500 °C  
 (1472 – 932 °F) in  $s \times 10^{-2}$

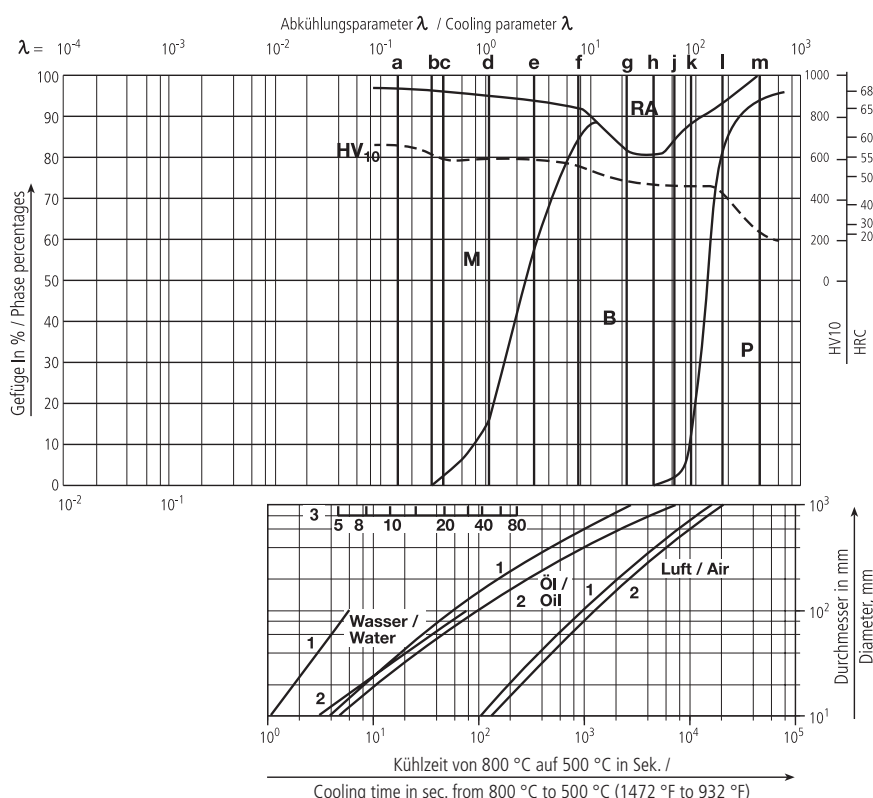
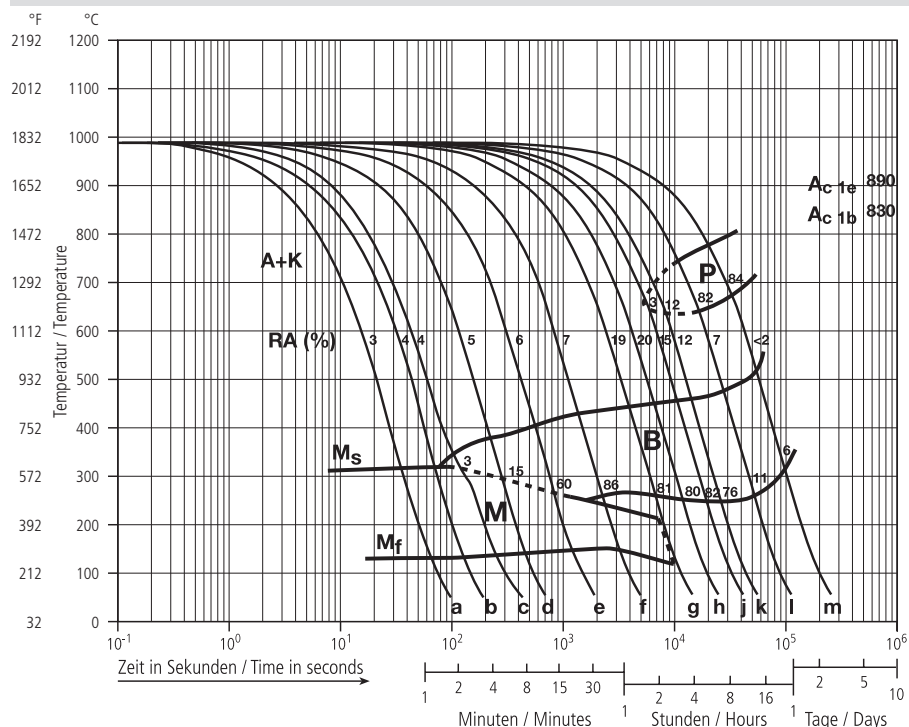
Probe / Sample	$\lambda$	HV <sub>10</sub>
a	0,15	647
b	0,31	619
c	0,40	590
d	1,1	595
e	3	582
f	8	546
g	23	478
h	40	462
j	65	462
k	90	454
l	180	434
m	400	226

## Gefügemengenschaubild / Quantitative phase diagram

A..... Austenit / Austenite  
 B..... Bainit / Bainite  
 K..... Karbid / Carbide  
 P..... Perlit / Pearlite  
 M..... Martensit / Martensite  
 RA..... Restaustenit / Retained austenite

1..... Werkstückrand / Edge or face  
 2..... Werkstückzentrum / Core  
 3..... Jominy-Probe: Abstand von der Stirfläche /  
 Jominy test: distance from end

Chemische Zusammensetzung (Anhaltswerte in %) / Chemical composition (average %)											
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	W	N	Al
0,37	0,20	0,18	<0,003	0,002	4,83	1,23	0,06	0,44	<0,05	0,0038	0,011



## Bearbeitungshinweise

## Recommendations for machining

Zerspanung *) Type of machining *)		Schneidstoff 1) Tool material 1)	Schnittgeschwindigkeit Cutting speed	Vorschub Feed	Spantiefe Depth of cut	Bearbeitung mit Working with
<b>Drehen</b> <b>Turning</b>	Vorschruppen Pre-roughing	P35 <sup>1)</sup>	80 m/min	1,0 mm/U / mm/rev.	14 mm	Kühlschmiermittel coolant / lubrication
	Schruppen Roughing	P25 <sup>1)</sup>	120 m/min	0,8 mm/U / mm/rev.	8 mm	Kühlschmiermittel coolant / lubrication
	Schruppen Roughing	P15 <sup>1)</sup>	180 m/min	0,3 mm/U / mm/rev.	2 mm	Kühlschmiermittel coolant / lubrication
<b>Fräsen</b> <b>Milling</b>	Schruppen Roughing	P25 <sup>1)</sup>	120 m/min	0,15 Zahn / tooth	5 mm	Trocken / Druckluft dry / compressed air
	Schlichten Finishing	P25 <sup>1)</sup>	140 m/min	0,10 mm Zahn / tooth	1 mm	Trocken / Druckluft dry / compressed air
<b>Bohren</b> <b>Drilling</b>		HSS	18 m/min	0,16 mm Zahn / tooth	nach Werkzeug depending on tool	Kühlschmiermittel coolant / lubrication
	D = 40 – 80 mm	P25 <sup>1)</sup>	100 m/min	0,17 mm/U / mm/rev.	–	Kühlschmiermittel coolant / lubrication
	D = 20 – 40 mm	P25 <sup>1)</sup>	100 m/min	0,12 mm/U / mm/rev.	–	Kühlschmiermittel coolant / lubrication
	D = 0 – 20 mm	K20	70 m/min	0,10 mm/U / mm/rev.	–	Kühlschmiermittel coolant / lubrication

\*) für geglähtes Material

1) Schneidstoff mit jeweils mehrlagiger Beschichtung

\*) for annealed material

1) Tools with multi-layer coating

HSC-Bearbeitung **) High Speed Cutting **)	Werkzeug Tool	Schnittgeschwindigkeit Cutting speed	Vorschub Feed	Spantiefe Depth of cut	Schmierung Lubricant
Schruppen Roughing	Wendeplattenfräser Milling cutter with indexable inserts d15 r3,5	330 m/min	0,2 mm Zahn / tooth	0,4 mm	Trocken dry
Vorschlichten Pre-finishing	HM-Kugelfräser Solid carbide milling cutter (TiAlN) d8	360 m/min	0,2 mm Zahn / tooth	0,5 mm	Ölnebel oil-mist
Schlichten Finishing	HM-Kugelfräser Solid carbide milling cutter (TiAlN) d6	400 m/min	0,12 mm Zahn / tooth	0,15 mm	Ölnebel oil-mist

\*\*) bei einer Arbeitshärte von ~50 HRC

\*\*) For a working hardness of approx. 50 HRC.

Um optimale Zerspanungsparameter zu erreichen, bitten wir Sie um Rücksprache mit Ihrem Zerspanungswerkzeuglieferanten.

Optimum machining parameters can only be obtained in consultation with the appropriate machine tool manufacturer.

## Physikalische Eigenschaften

Zustand: vergütet (Richtwerte)

Dichte bei /

Density at	20 °C (68 °F)	7,80	kg/dm <sup>3</sup>
	500 °C (932 °F)	7,64	kg/dm <sup>3</sup>
	600 °C (1112 °F)	7,60	kg/dm <sup>3</sup>

Spezifische Wärme bei /

Specific heat at	20 °C (68 °F)	460	J/(kg.K)
	500 °C (932 °F)	550	J/(kg.K)
	600 °C (1112 °F)	590	J/(kg.K)

Spez. elektr. Widerstand bei /

Electrical resistivity at	20 °C (68 °F)	0,52	Ohm.mm <sup>2</sup> /m
	500 °C (932 °F)	0,86	Ohm.mm <sup>2</sup> /m
	600 °C (1112 °F)	0,96	Ohm.mm <sup>2</sup> /m

Elastizitätsmodul bei /

Modulus of elasticity at	20 °C (68 °F)	215 x 10 <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>
	500 °C (932 °F)	176 x 10 <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>
	600 °C (1112 °F)	165 x 10 <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>

### Wärmeausdehnung zwischen 20 °C und ... °C, 10<sup>-6</sup> m/(m.K) bei Thermal expansion between 20 °C (68 °F) and ... °C (°F), 10<sup>-6</sup> m/(m.K) at

100 °C (212 °F)	200 °C (392 °F)	300 °C (572 °F)	400 °C (752 °F)	500 °C (932 °F)	600 °C (1112 °F)	700 °C (1292 °F)
11,5	12,0	12,2	12,5	12,9	13,0	13,2

### Wärmeleitfähigkeit bei, W/(m.K) Thermal conductivity at, W/(m.K)

100 °C (212 °F)	200 °C (392 °F)	300 °C (572 °F)	400 °C (752 °F)	500 °C (932 °F)	600 °C (1112 °F)	700 °C (1292 °F)
32,1	32,6	32,8	32,6	32,1	30,5	29,6

Für Anwendungen und Verarbeitungsschritte, die in der Produktbeschreibung nicht ausdrücklich erwähnt sind, ist in jedem Einzelfall Rücksprache zu halten.

As regards applications and processing steps that are not expressly mentioned in this product description/data sheet, the customer shall in each individual case be required to consult us.

Überreicht durch: \_\_\_\_\_

Your partner:



BÖHLER Edelstahl GmbH  
Mariazeller Straße 25  
A-8605 Kapfenberg/Austria  
Telefon: (+43 3862) 20-71 81  
Fax: (+43 3862) 20-75 76  
E-Mail: [info@bohler-edelstahl.com](mailto:info@bohler-edelstahl.com)  
[www.bohler-edelstahl.com](http://www.bohler-edelstahl.com)

Die Angaben in diesem Prospekt sind unverbindlich und gelten als nicht zugesagt; sie dienen vielmehr nur der allgemeinen Information. Diese Angaben sind nur dann verbindlich, wenn sie in einem mit uns abgeschlossenen Vertrag ausdrücklich zur Bedingung gemacht werden. Bei der Herstellung unserer Produkte werden keine gesundheits- oder ozonschädigenden Substanzen verwendet.

The data contained in this brochure is merely for general information and therefore shall not be binding on the company. We may be bound only through a contract explicitly stipulating such data as binding. The manufacture of our products does not involve the use of substances detrimental to health or to the ozone layer.