

## KARA Produktprogramm Werkstoff **K44X**

# K44X

Ferritischer Edelstahl  
mit 19% Chromgehalt, unter  
Beigabe von Molybdän und  
stabilisiertem Niobium

### Chemische Zusammensetzung

Elemente	C	N	Si	Mn	Cr	Nb	Mo
%	0.015	0.015	0.40	0.30	19	0.6	1.9

Typische Werte

#### Europäische Bezeichnung<sup>(1)</sup>

X2CrMoTi18-2

1. 4521

#### Amerikanische Bezeichnung<sup>(2)</sup>

type 444 UNS S44400

IMDS n° 336853368

<sup>(1)</sup> Gemäß EN 10088-2

<sup>(2)</sup> Gemäß ASTM A 240

Dieser Werkstoff stimmt mit folgenden Normen überein:

- > Material Sicherheitsdatenblatt N°1 Edelstahl (Europäische Richtlinie 2001/58/EC)
- > Richtlinie 2000/53/EC der Europäischen Kommission für Altfahrzeuge sowie Anhang II vom 27. Juni 2002.

### Allgemeine Eigenschaften

Die allgemeinen Eigenschaften von K44X sind:

- > hohe mechanische Eigenschaften ohne Risiko von Phasenbildung  $\sigma$  für zwischenliegende Temperaturen
- > Beständigkeit gegen Oxidation bei Wärme von 1050°C.
- > gute Temperaturwechselfestigkeit.
- > gute Korrosionsbeständigkeit im Abgasbereich
- > bessere Wärmeleitfähigkeit als bei Austenit und ein niedrigerer Dehnungskoeffizient
- > gute Schweißfähigkeit
- > einfache Verformbarkeit

**"X"** für Abgas =

- > Just in time Lieferungen
- > Zuverlässiger Qualität
- > Ständiger Verbesserung, wie von der Automobilindustrie erwartet

### Anwendungen

- > Verschiedene Teile der Fahrzeugabgasanlage (Krümmer, Verbindungsrohre, Partikelfilter und Katalysator)

### Sortiment

**Form:** Bleche, Zuschnitte, Coils und Schmalbänder

**Dicke:** 1,2 bis 2,0 mm

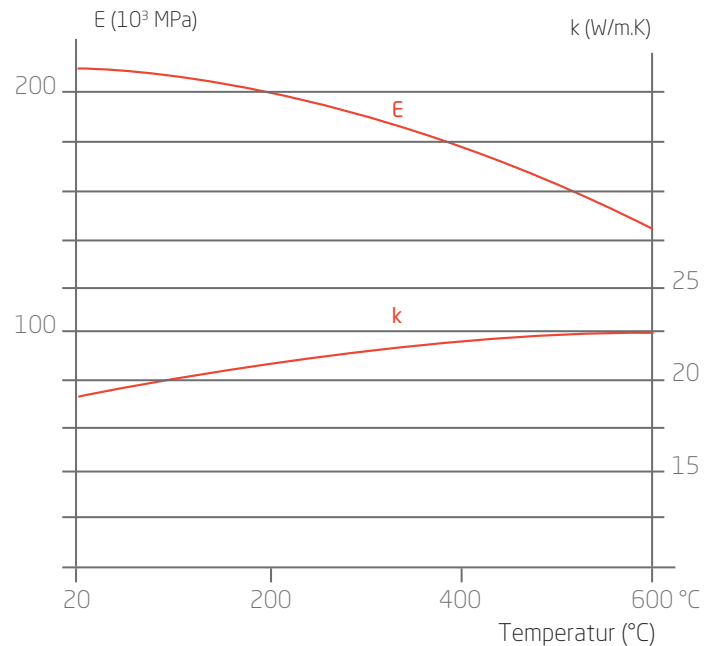
**Breite:** je nach Dicke, fragen Sie bei uns nach

**Oberflächenausführung:** kaltgewalzt.

## Physikalische Eigenschaften

kaltgewalztes Blech - angelassen  
(typische Werte)

Dichte	d	kg/dm <sup>3</sup>	20 °C	7.7
Schmelztemperatur		°C	Liquidus	1447
Spezifische Wärme	c	J/kg.K	20 °C	452
Wärmeleitfähigkeit	k	W/m.K	20 °C 600 °C	19.7 22.8
Mittlerer Wärmeausdehnungskoeffizient	$\alpha$	10 <sup>-6</sup> /K	20-200 °C 20-400 °C 20-600 °C 20-800 °C	10.6 11 11.4 11.9
Elektrischer Widerstand	$\rho$	$\Omega$ mm <sup>2</sup> /m	20 °C	0.66
Magnetische Permeabilität	$\mu$	at 0.8 kA/m DC or AC	20 °C	751
Elastizitätsmodul	E	MPa.10 <sup>3</sup>	Walzrichtung 20 °C	215



## Mechanische Eigenschaften

### Angelassener Zustand

In Übereinstimmung mit ISO 6892-1.  
Prüfkörper quer zur Walzrichtung.

### Prüfkörper

L = 80 mm (Dicke < 3 mm)  
L = 5.65  $\sqrt{So}$  (Dicke  $\geq$  3 mm)

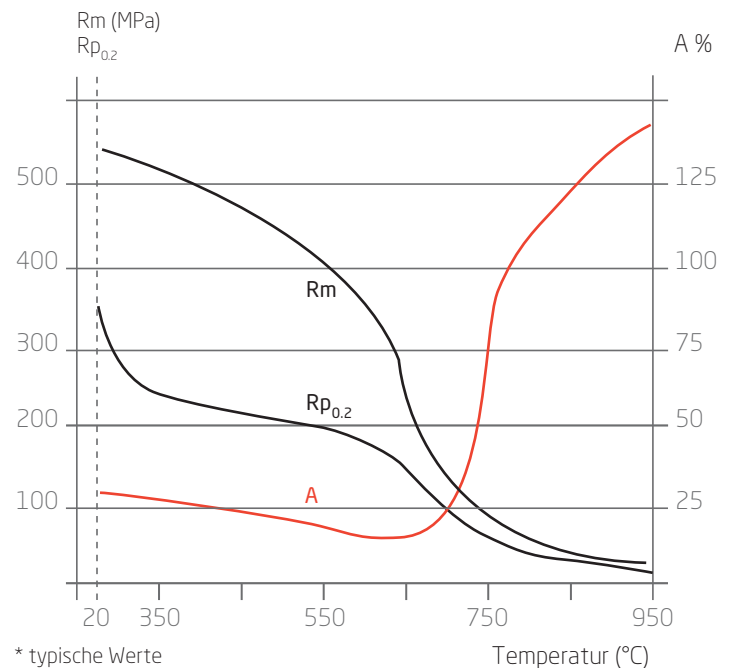
Ausführung	R <sub>m</sub> <sup>(1)</sup> (MPa)	R <sub>p0.2</sub> <sup>(2)</sup> (MPa)	A <sup>(3)</sup> (%)	HRB
Kaltgewalzt*	540	370	29	86

1 Mpa = 1 N/mm<sup>2</sup>.

\*Typische Werte

<sup>(1)</sup> Zugfestigkeit (UTS) <sup>(2)</sup> Streckgrenze (YS) <sup>(3)</sup> Streckdehnung (A).

### Bei hohen Temperaturen\*



\* typische Werte

## Eigenschaften des Werkstoffes bei hoher Temperatur

Die chemische Zusammensetzung des **K44X** wurde optimiert, um die für die verschiedenen Teile des Abgassystems, wie z.B. Krümmer, Katalysator oder Partikelfilter erforderlichen Eigenschaften erfüllen zu können. Diese Teile werden zahlreichen Start- und Stopp - Zyklen des Fahrzeugs ausgesetzt. Es wurde deshalb die Beständigkeit gegen Wärmeermüdung sowie die Fähigkeit, eine natürliche Schutzschicht gegen Korrosion zu bilden, als erstes berücksichtigt.

### Kriechwirkung / Sag-Test bei 1000°

Dicke = 2mm

Der hohe Anteil an Niob verleiht dem Werkstoff **K44X** große mechanische Widerstandsfähigkeit bei hohen Temperaturen und eine erhöhte Kriechfestigkeit wie in beiliegender Tabelle anhand eines Versuches bei 1000° gut erkennbar ist

Kriechwirkung-SagTest 1000°- Dauer: 100 Stunden	<b>K44X</b>	1.4509 K41X	1.4828 R20-12
<b>Durchbiegung (mm)</b>	6	21	>30

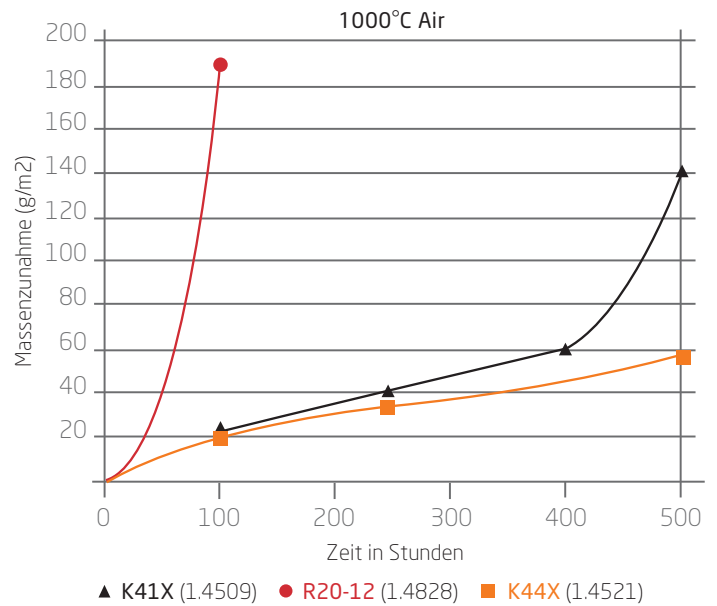
### Oxidationsbeständigkeit

Umgebung/ Luft  
Prüfwerkstoff/Dicke: 1,5 mm

Die Streuung des Chroms ist in der Ferrit-Matrix des **K44X** gegenüber der Austenit-Matrix vereinfacht. Somit wird der Chromverlust vermieden und die Bildung einer natürlichen, chromreichen Schutzschicht gegen Korrosion begünstigt.

Der Ausdehnungskoeffizient des **K44X** ist dem der Oxidschicht, die es bildet, näher verglichen mit dem Austenit-Gütegrad. Auch die Temperaturbeanspruchungen sind somit wesentlich geringer. Es ist praktisch kein Aufreißen der Oxidschicht zu beobachten. Dies hat einen äußerst schwachen Masseverlust zur Folge.

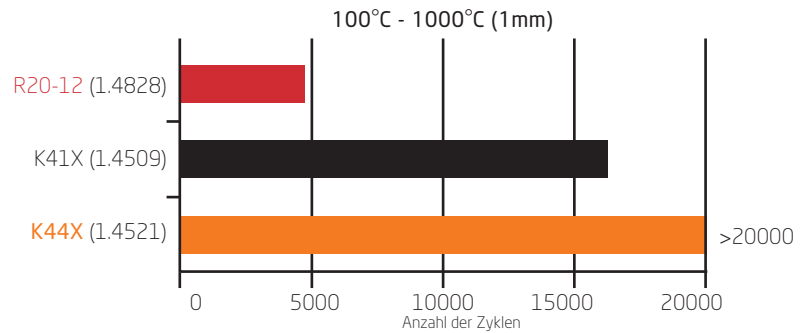
Bei hoher Temperatur hat der Werkstoff **K44X** eine außergewöhnlich hohe Oxidationsbeständigkeit, vor allem bei zyklischer Belastung. Daher ist er auch bei Temperaturen bis zu 1050° einsetzbar.



### Thermoermüdung

Prüfkörperdicke: 1 mm

**K44X** weist in unseren Testversuchen in V-Formanordnung für 100° bis 1000°C- verglichen mit Austenit 1.4828 und 1.4509 -ein ausgezeichnetes Werkstoffverhalten auf.



### Korrosionsbeständigkeit

#### Lochfraßkorrosionsbeständigkeit

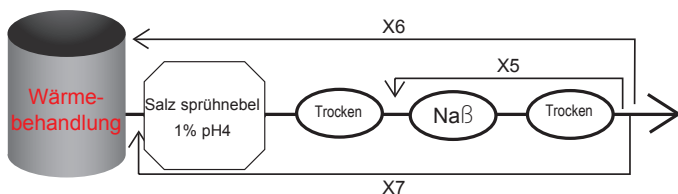
Unser Werkstoff **K44X** weist aufgrund des Chrom - und Molybdän-Anteiles und der gegebenen Niob-Stabilisierung eine sehr hohe Beständigkeit gegenüber allen Korrosionsarten auf. Sein PREN-Wert ist 26. Dies bedeutet eine äußerst hohe Lochfraßkorrosionsbeständigkeit, höher als die der Austenit-Sorten wie 304D (18-9ED).

#### Werte der Lochfraßkorrosionsbeständigkeit (MV/ECS) in 4 Versuchsbereichen

Werkstoffbezeichnung	NaCl 0.02M, 23°C	NaCl 0.02M, 50°C	NaCl 0.5M, 23°C	NaCl 0.5M, 50°C
304D (18-9ED)	540	385	305	175
<b>K44X</b>	775	550	555	310

#### Salzwasserkorrosionsbeständigkeit

Neben dem Kriterium der Nachhaltigkeit gewinnt der ästhetische Aspekt des Abgassystems eine immer bedeutendere Rolle. Dafür haben wir einen spezifischen Korrosionsbeständigkeitstest ausgearbeitet. Eine spezielle Teststrecke setzt unseren Werkstoff den - in Form von abwechselnden Salzsprühnebel, anschließender Trocknungsphasen und Erhitzung auf 300°- nachgeahmten äußeren Schadstoffbedingungen aus. Die Prüfmuster werden nach Oxydations- und Korrosionsgrad geordnet. **K44X** beweist gegenüber dem austenitischen Werkstoff 1.4301 eine weitaus höhere Korrosionsbeständigkeit.



Die Sprühversuche werden zur Nachahmung der Schadstoffbedingungen des Straßenbereiches im Wechselklima durchgeführt.  
 Zyklusdauer: 24h Test/Gesamtdauer: 500h  
 Wärmebehandlung: 300°C  
 Salzsprühnebel: Natrium Chlor: 10 000ppm

Werkstoffbezeichnung nach Güteklasse	mangelhaft	annehmbar	mittelmäßig	gut	Sehr gut
K09X					
K39M					
K33X					
K41X					
18-9ED					
<b>K44X</b>					

Güteklassen hinsichtlich kosmetischer Korrosion

## Verformbarkeit

Der Werkstoff **K44X** ist für die Anforderungen der Kaltverformung bestens geeignet. Dies trifft speziell auf Krümmer mit komplizierter Ausführung zu. Die Streckungs- und Tiefzieheffekte beim Stanzen sind anhand der angeführten Testergebnisse verifizierbar. Die Streckungsfähigkeit wird nach der Maßeinheit Erichsen gemessen.

Die Bestimmung der Tiefungsfähigkeit nach LDR Der Werkstoff **K44X** weist hinsichtlich Verformbarkeit ähnliche Eigenschaften wie der Werkstoff K41X auf.

Bei der immer komplexer werdenden Bauweise der Auspuffrohre sollten die Rohre möglichst geringen Biegeradius aufweisen. Die Eignung zu dieser Biegefähigkeit wird durch das Limit Bending Ratio bemessen, nämlich mittels des Verhältnisses zwischen dem durchschnittlichen Biegeradius und dem Rohrdurchmesser.

## Schweißverfahren

Unser Werkstoff **K44X** ist für das Punktschweißen ebenso geeignet wie für das Rollnahtschweißen. Man kann, wenn die Naht ausreichend geschmiedet ist, sehr gute Ergebnisse ohne nachträgliche Bearbeitung erreichen.

Der Zusatz von Wasserstoff oder Stickstoff ins Argon ist zu vermeiden, weil es die Verformbarkeit der Nähte verringert. Aus ähnlichen Gründen ist die Verwendung von Stickstoff verboten, die Verwendung CO<sub>2</sub> auf 3% begrenzt. Um die Vergrößerung des Kornes in der WEZ zu begrenzen, vermeidet man am besten übermäßige Schweißenergien. Für eine Stärke von 1,5 mm beim automatischen WIG-Schweißverfahren darf z.B. die Schweißenergie nicht 2,5 kJ/cm überschreiten. Ein anderes Beispiel: durch das Impuls-MIG/MAG-Schweißen ist eine bessere Kontrolle der Nahtgeometrie sowie der Korngröße möglich (die Schweißenergie liegt unter der beim konventionellen MIG verwendeten Energie).

Der **K44X** weist ferner eine sehr gute Induktionsschweißbarkeit – bei hoher und mittlerer Frequenz – auf. In der Regel ist es nicht nötig, eine Wärmebehandlung nach dem Schweißverfahren durchzuführen. Die Nähte müssen mechanisch oder chemisch gebeizt sowie passiviert werden und nach dem Beizen dekontaminiert werden. Das Autogenschweißen ist zu vermeiden.

Schweißverfahren	Ohne Schweißzusatz		Mit Schweißzusatz		Schutzgas*
	Richtstärken	Stärken	Hartlot		
			Stangen	Draht	
Widerstand: Punkt, Naht	≤ 2 mm				
TIG (Wolframschutzgas)	< 1.5 mm	> 0.5 mm	G 19 12 3L Or G 18 LNb		Argon Argon + Helium
PLASMA	< 1.5 mm	> 0.5 mm		G 19 12 3L or G 18 LNb	Argon Argon + Helium
MIG		> 0.8 mm		G 19 12 3L (Si) or G 18 LNb	Argon + 2% CO <sub>2</sub> Argon + 2% O <sub>2</sub> Argon + 2% CO <sub>2</sub> + Helium
Electrode		Reparatur	E 19 12 3L		
Laser	< 5 mm				Helium Unter Bedingungen: Argon

G 18LNb Gemäß EN ISO 14343 A or 430LNb Gemäß EN ISO 14343 B, 1.4511 Gemäß EN 1600: für hoch Wärmeermüdung Bedarf  
G 19 12 3L (Si) Gemäß EN ISO 14343 A or ER 316L (Si) Gemäß ISO 14343B, 1.4430 Gemäß ISO 1600 : für optimierte Korrosionsbeständigkeit Bedarf.

## Deep drawing (LDR) / Stretching (Erichsen test)

Werkstoff bezeichnung	EN	LDR*	Erichsen Index (mm)*
<b>K44X</b>	1.4521	2.05	<b>10</b>
<b>K41X</b>	1.4509	2.08	9.9

\* \* auf Blechstärke 1,5mm mit Schmiermittel

## Biegung von längsnahtgeschweißten Rohren

Biegung	Ra=R/Dmini
Tube Ø 35 x 1.5	1.1

Labor Ergebnisse

Ra: Biegeverhältnis  
D: Rohrdurchmesser  
R: Biegeradius