



# DIE FERRITISCHE LÖSUNG

EIGENSCHAFTEN | VORTEILE | EINSATZMÖGLICHKEITEN



WAS SIE ÜBER FERRITISCHE NICHTROSTENDE STÄHLE WISSEN MÜSSEN







## **Internationales Forum für nichtrostende Stähle (ISSF)**

Das 1996 gegründete Internationale Forum für nichtrostende Stähle (ISSF) ist eine gemeinnützige Forschungsorganisation, die sich als weltweites Forum für die unterschiedlichsten Belange der internationalen Edelstahlindustrie versteht. Formal ist es Teil des International Iron and Steel Institute (IISI), hat aber einen eigenen Vorstand und Generalsekretär und verfügt über ein unabhängiges Budget. Zum ISSF gehören heute ca. 67 Mitglieder (Unternehmen und Organisationen) aus 24 Ländern. Zusammengenommen repräsentieren diese Mitglieder etwa 85 Prozent der Weltproduktion an nichtrostendem Stahl. Eine Liste der Mitglieder findet sich auf den Webseiten des ISSF ([www.worldstainless.org](http://www.worldstainless.org)).

# Inhalt

<b>ÜBERSICHT: „DIE FERRITISCHE LÖSUNG“ VON JEAN-YVES GILET</b>	<b>5</b>
<b>VORWORT: „EIN STAHL, FÜR DEN DIE ZEIT NUN REIF IST“ VON ICDA</b>	<b>6</b>
<b>MEINUNGEN ÜBER FERRITISCHE STÄHLE</b>	<b>9</b>
<b>DIE „FABELHAFTEN“ FERRITE</b>	<b>13</b>
<b>KORROSIONSEIGENSCHAFTEN</b>	<b>21</b>
<b>MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN</b>	<b>27</b>
<b>DAS UMFORMEN FERRITISCHER NICHTROSTENDER STÄHLE</b>	<b>31</b>
<b>FÜGEN VON FERRITISCHEN GÜTEN</b>	<b>37</b>
<b>PRODUKTE UND ANWENDUNGEN</b>	<b>45</b>
<b>ANHÄNGE:</b>	
<b>CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG VON FERRITISCHEN NICHTROSTENDEN STÄHLEN</b>	<b>59</b>
<b>OBERFLÄCHENAUSFÜHRUNGEN</b>	<b>63</b>
<b>LITERATUR</b>	<b>64</b>
<b>LISTE DER ISSF-MITGLIEDER</b>	<b>66</b>
<b>DANKSAGUNGEN</b>	<b>67</b>





TRAGSTRUKTUR AUS LACKIERTEM  
FERRITISCHEM NICHTROSTENDEM  
STAHL (AUTOBAHNBRÜCKE  
IN DURBAN, SÜDAFRIKA).

# Übersicht

## “DIE FERRITISCHE LÖSUNG”

VON JEAN-YVES GILET, VORSITZENDER DES ISSF-KOMITEES FÜR MARKTENTWICKLUNG

Das ISSF hat erstmals im Februar 2004 ein Projekt zur Förderung von ferritischen nichtrostenden Stählen diskutiert, nachdem viele Mitglieder darauf hingewiesen hatten, dass es vorher in dieser Richtung noch keine gemeinsamen Bemühungen der Branche gegeben hatte.

Unter Führung des Komitees für Marktentwicklung begann eine internationale von Philippe Richard geleitete Expertengruppe damit, marktbezogene statistische Daten über ferritische Stahlgüten und deren Einsatz zu sammeln. Es kamen Beiträge aus der ganzen Welt, insbesondere aus Japan, wo der Markt für Ferrite am weitesten entwickelt ist.

Schon bald schlug die ICDA (International Chromium Development Association) vor, sich an der Initiative zu beteiligen und das Projekt mit zu finanzieren. Dem haben wir sehr gerne zugestimmt, einem konkreten Beispiel guter Kooperation zwischen internationalen Industrieorganisationen.

Während der Anlaufphase des Projekts explodierten die Nickelpreise und das Interesse an preisstabileren Edlestahlgüten stieg enorm. Das ISSF gab dem Projekt dann schnell höchste Priorität, und so kann ich heute stolz die Ergebnisse präsentieren, die den Markt genau zur richtigen Zeit erreichen.

Ich bin fest davon überzeugt, dass ferritische nichtrostende Stähle viel öfter eingesetzt werden können und sollten. Diese Broschüre soll zu einer stärkeren Verbreitung dieser Stahlgüten beitragen.

Nichtrostende Stähle heißen so, weil ihr Chromgehalt sie sehr korrosionsbeständig macht. Ferritische Güten, die nur Chrom und möglicherweise andere Elemente (Mo, Ti, Nb etc.) enthalten, sind da keine Ausnahme. Die wohlbekanntesten ferritischen Standardgüten 1.4512 (409), 1.4006 (410) und 1.4016 (430) sind weltweit problemlos erhältlich. Sie werden mit großem Erfolg in wichtigen Anwendungsbereichen wie beispielsweise für Waschmaschinentrommeln und Auspuffanlagen eingesetzt; ihr Einsatzpotenzial ist aber viel größer und erstreckt sich auf viele Gebiete.

In jüngerer Zeit entwickelte ferritische Güten wie etwa 1.4510 (439) und 1.4509 (441) entsprechen sogar einer noch größeren Anforderungspalette. Sie lassen sich in komplexere Formen bringen und mit den meisten herkömmlichen Fügeverfahren (auch Schweißen) verbinden. Dank der Zulegierung mit Molybdän ist die Lochkorrosionsbeständigkeit der ferritischen Güte 1.4521 (444) mindestens ebenso gut wie die des austenitischen 1.4401 (316).

Da ferritische nichtrostende Stähle kein Nickel enthalten, sind ihre Preise niedriger und stabiler als die der austenitischen. Sie eignen sich deshalb zu Folgendem:

- Als Ergänzung der Güte 1.4301 (304) innerhalb der Gruppe der nichtrostenden Stähle (allerdings bleibt die Güte 1.4301 (304) auch weiterhin eine vielseitig einsetzbare und gängige Stahlqualität);
- Als Alternative zu Manganausteniten (ASTM 200er Serie) mit grundsätzlich besseren Verwendungseigenschaften;
- Als Ersatz für andere Materialien in vielen Bereichen (z. B. Kohlenstoffstahl, Cu, Zn, Al, Kunststoff etc.) dank ihrer besonderen technischen Eigenschaften. Treiber für einen Werkstoffwechsel sind für gewöhnlich technische Vorteile bei gleichen oder geringeren Gesamtkosten.

Der Magnetismus ferritischer nichtrostender Stähle ist keine negative Eigenschaft, die sie gedanklich irgendwie in Verbindung mit normalen Kohlenstoffstählen bringen könnte. Im Gegenteil, Magnetismus ist ein besonderes Qualitätsmerkmal dieser ausgezeichneten nichtrostenden Stähle, das sie von anderen nichtrostenden Qualitäten unterscheidet.

Um aus ferritischen Güten das Beste herauszuholen, ist Folgendes von Bedeutung:

- Unerfahrene Anwender sollten in Umform- und Fügeverfahren geschult werden;
- Anwender sollten die Hersteller nichtrostender Stähle zur Stahlauswahl konsultieren;
- Anwender sollten ihr Material bei einem zuverlässigen Lieferanten kaufen, der nachgewiesenermaßen Garantien hinsichtlich Stahlgüte, Qualität und Herkunft anbieten kann.

Die professionellen Anstrengungen des Teams und die starke Unterstützung durch die ICDA ermöglichen uns, heute ein Übersichtsdokument für unsere Aktivitäten mit nichtrostendem Stahl vorzulegen. Das Dokument profitiert von sehr interessanten Kundenstatements, die ein lebhaftes Interesse an neuen Entwicklungen erkennen lassen. Das ISSF ist für alle diese Beiträge sehr dankbar.

Jean-Yves Gilet, Vorsitzender  
Marktentwicklungs-Komitee, ISSF



# Vorwort

## „EIN STAHL, FÜR DEN DIE ZEIT NUN REIF IST.“

VON FRIEDRICH TEROERDE, INTERNATIONAL CHROMIUM DEVELOPMENT ASSOCIATION

Zuallererst muss ich dem ISSF dafür danken, die ICDA aufgefordert zu haben, das Vorwort für „Die ferritische Lösung“ zu schreiben - eine Veröffentlichung, die sich unweigerlich eloquent mit dem Thema Chrom befasst.

Die ICDA ist 1990 in Paris gegründet worden und kann heute stolz auf ungefähr 96 Mitglieder aus 26 Ländern auf 5 Kontinenten verweisen. Unser Anliegen ist es, der Welt die positive Geschichte des Chroms zu erzählen.

Chrom wird als Zusatz zu Eisen und Stahl verwendet, um nichtrostenden Stahl und andere Legierungen zu erzeugen. Im nichtrostenden Stahl ist Chrom eine ganz besondere Zutat. Es ist das Legierungselement, das diesen Stahl „rostfrei“ macht und ihm seine außerordentliche Korrosions- und Oxidationsbeständigkeit verleiht. Chrom ist leicht verfügbar und lässt sich in seinem „Edelstahldasein“ problemlos und für die Umwelt gefahrlos recyceln.

Als eine die Chromerzeuger repräsentierende Organisation sponsern wir das vorliegende Handbuch, weil wir meinen, dass es der Entwicklung der Chrombranche dient. Chrom wird nie als reines Metall benutzt; deshalb führt das Marktentwicklungs-Komitee der ICDA seit einigen Jahren zusammen mit Schwesterorganisationen wie dem ISSF Projekte durch, die im gemeinsamen Interesse liegen. Chrom ist das wichtigste Legierungselement aller nichtrostenden Stähle mit einem durchschnittlichen Gehalt von 18 %. Der Jahresverbrauch von nichtrostendem Stahl steigt derzeit mit einer Gesamtwachstumsrate von 5 Prozent; er wird immer öfter in der Nahrungsmittel-, Getränke-, Bergbau- und Fahrzeugindustrie sowie in der Architektur eingesetzt.

Jedem bewusst ist die Tatsache, dass der Preis für Nickel, typisches Legierungselement für austenitische nichtrostende Stähle, aufgrund von Börseneinflüssen ganz erheblich schwanken kann. Tatsächlich ist der Nickelpreis in den letzten paar Jahren auf nie zuvor erreichte Höhen gestiegen, was wiederum die Preise für austenitische Güten stark beeinflusst hat.


Ferritische Güten, die zweite große Gruppe der nichtrostenden Stähle, enthalten kein Nickel. Allerdings enthalten sie Chrom. Im Interesse unserer eigenen Entwicklung und vor dem Hintergrund eines extremen Marktanstiegs für nichtrostenden Stahl sollten wir unserer Ansicht nach heute ganz energisch einen breiteren Einsatz der ferritischen Edelstahlqualitäten propagieren.

Wir haben uns deshalb über die Bitte des ISSF gefreut, sein Projekt zur Entwicklung neuer, marktfähiger Anwendungen für ferritische Edelstähle zu unterstützen. Dieses Projekt hat das anspruchsvolle Ziel, ein nachhaltiges Marktwachstum für nichtrostenden Stahl zu bewirken und diesen ausgezeichneten Stahlgüten eine glänzende Zukunft zu sichern.

Sucht man nach bereits verfügbaren Informationen über ferritische Edelstähle, so findet man sehr viel Material über nichtrostende Stähle im Allgemeinen, aber wenig speziell über ferritische Güten, und das, obwohl es sie seit fast 100 Jahren gibt! Dieser Mangel an Informationen hat das ISSF zum Erstellen dieses Handbuchs angeregt. Das Handbuch enthält wichtige Informationen über die technischen Eigenschaften, die Vorteile und die Einsatzmöglichkeiten ferritischer nichtrostender Stähle; außerdem gibt es Verarbeitungsempfehlungen. Es versucht auch mit einigen verbreiteten Irrtümern bezüglich des Einsatzes und der Eigenschaften ferritischer nichtrostender Stähle aufzuräumen.

Abschließend möchte ich noch sagen, dass die ICDA weiß, welch großes Problem die Preisinstabilität von Nickel für die Verwender von nichtrostendem Stahl darstellt. Wir unterstützen die Branche und ihre Kunden sehr engagiert, indem wir uns an der Suche nach Alternativen beteiligen. Wir sind davon überzeugt, dass ferritische nichtrostende Stahlgüten dank ihrer bewährten technischen Eigenschaften und Kostenvorteile Stähle sind, deren Zeit nun gekommen ist.

Auf den folgenden Seiten finden erfahrene und neue Anwender von nichtrostenden Stählen nützliche Hinweise dafür, wie sie den Einsatz ferritischer Güten auf neue und interessante Gebiete erweitern können.



*Friedrich Teroerde*  
*Vorsitzender*  
*Marktentwicklungs-Komitee*  
*ICDA*





FERRITISCHER NICHTROSTENDER  
STAHL – IDEAL FÜR SICHTBARE  
OBERFLÄCHEN IN  
PROFESSIONELLEN GROSSKÜCHEN.





DAS GLÄNZENDE AUSSEHEN  
 FERRITISCHER NICHTROSTENDER  
 STÄHLE SIGNALISIERT  
 SAUBERKEIT UND HYGIENE  
 BEI OBERFLÄCHEN MIT  
 LEBENSMITTELKONTAKT.

**注意**  
 警告：「微波爐」內物件，不應作高壓電氣用途。  
 警告：「微波爐」內物件，不應作醫療用途。  
 警告：「微波爐」內物件，不應作通訊用途。  
 警告：「微波爐」內物件，不應作工業用途。  
 警告：「微波爐」內物件，不應作其他用途。

微波爐使用指南

項目	微波方式	微波+烘培	微波+蒸	微波+燒
食物保潔	✓	✓	✓	✓
食物變質	✗	✗	✗	✗

注：「✓」表示適用，「✗」表示不適用。



# Meinungen über ferritische Stähle

*Die wirtschaftlichen Vorteile und das technische Leistungsspektrum ferritischer Güten werden in bestimmten Marktsegmenten seit Jahren sehr geschätzt. Die nachfolgenden Aussagen von Personen aus gestandenen wie auch aus aufstrebenden Märkten zeigen, dass der damit verbundene Nutzen zunehmend bewusst wird.*

## STEFAN RAAB

**LEITER ROHSTOFFEINKAUF, BSH BOSCH UND SIEMENS HAUSGERÄTE GMBH, MÜNCHEN, DEUTSCHLAND**

„Wir verwenden nichtrostenden Stahl für etwa ein Drittel unserer Produkte. Einer unserer Gründe dafür ist die Korrosionsbeständigkeit, ein anderer die ästhetische Wirkung. Derzeit liegt der Anteil ferritischer nichtrostender Stähle bei etwa 50 Prozent. Wir wollen diesen Anteil aber erhöhen, weil ferritische Güten dem Kunden in vielen Einsatzgebieten Vorteile hinsichtlich Funktion und Design zu überschaubaren Preisen bieten. Wir werden ferritische Güten verwenden, wo immer es Korrosionsbeständigkeit und Umformbarkeit erlauben.“



## ROBERTA BERNASCONI

**MANAGER, GLOBALE TECHNOLOGIE – ROHSTOFFE, WHIRLPOOL CORPORATION, CASSINETA DI BIANDRONNO, ITALIEN**

„Als Hersteller von Haushaltsgeräten verwenden wir ferritische Stähle für Kühlschränke und Waschmaschinen, außerdem untersuchen wir derzeit die Möglichkeiten, solche Stähle in Kochgeräten und Geschirrspülern einzusetzen. Der Preisvorteil ist so groß, dass es für uns und unsere Kunden sinnvoll ist, solche Qualitäten vermehrt zu nutzen.“



Wir entwickeln unsere Produkte unter Beachtung der Fertigungsanfordernisse und wählen manchmal auch eine beschichtete oder gar eine Anti-Fingerprint-beschichtete Qualität, um eine hohe Lebensdauer der Endprodukte zu erreichen. Gelegentlich verwenden wir auch mal eine höherlegierte ferritische Güte. Wichtig ist bei alledem, die wirtschaftlichen Vorteile ferritischer Stähle zu nutzen.

Wir sind der Meinung, dass diese Stähle für unsere Zwecke ausgezeichnet geeignet sind. Bei Fortbestehen hoher Nickelpreise sind diese hochqualitativen Stähle für unsere Anwendungen klar der Werkstoff der Zukunft.“

## JEAN-LOUIS LALBA

**EINKÄUFER BEI DER SEB-GRUPPE (TEFAL, ROWENTA, KRUPS, MOULINEX, ARNO, ALL CLAD, PANEX ETC.), RUMILLY, FRANKREICH**

„Wir verarbeiten etwa 15.000 t nichtrostenden Stahl im Jahr, davon sind etwa 40 Prozent ferritische Stähle. Anfangs hat unsere Gruppe ferritische Güten für Topfdeckel (dafür sind sie ideal), für die aufgeschlagenen oder gelöteten Böden von Induktionskochgeschirr und für Herdverkleidungen verwendet. Später haben wir begonnen, das Material auch für Bratpfannen einzusetzen, womit die Endverbraucher hochzufrieden sind.“



Für solche Anwendungen haben sich die Korrosionsbeständigkeit sowie die Tiefzieh- und Oberflächenverarbeitbarkeit (Schleifen, Bürsten, Polieren) der ferritischen Stähle oft als sehr annehmbar erwiesen, sowohl für uns als auch für unsere Kunden. Es gibt allerdings Fälle, in denen sehr hohe Anforderungen hinsichtlich der Verarbeitung des Materials oder der Qualität der Endprodukte bestehen, die über die Grenzen ferritischer Güten hinausgehen. Auch gibt es in einigen Ländern tatsächlich ein irrationales Vorurteil gegenüber ferritischen Stählen. Dennoch halten wir diese Güten in vielen Fällen für die optimale Wahl. Tatsächlich ist beispielsweise ihr Magnetismus für Induktionskochgeschirr aus nichtrostendem Stahl unabdingbar. Und natürlich ist ihr Preis stabil und kalkulierbar.

Aufgrund unserer guten Erfahrungen mit ferritischen Stählen planen wir sie auch für andere Einsatzzwecke zu verwenden.“



IN DER ZUCKERINDUSTRIE  
HABEN SICH FERRITISCHE  
NICHTROSTENDE  
STÄHLE GEGENÜBER  
KOHLENSTOFFSTÄHLEN  
AUF JEDER EBENE ALS  
ÜBERLEGEN ERWIESEN.



## GAETANO RONCHI

### EINKAUFSLEITER FÜR METALLE, IKEA

„Wir verwenden nichtrostenden Stahl für Töpfe und Pfannen, für Bestecke (einschl. Messer) und für Bad- und Küchenzubehör. Unser gegenwärtiger Jahresverbrauch von 60.000 t steigt um etwa 15 Prozent pro Jahr; ein wesentlicher Teil davon sind ferritische Qualitäten.“

Mitte 2003 hat sich IKEA dafür entschieden, ferritische nichtrostende Qualitäten als Allzweck-Edelstähle zu verwenden, hauptsächlich wegen der stabilen, vorhersagbaren Preise dieser Werkstoffe. Tests haben gezeigt, dass man für geschweißte Artikel eine Stahlqualität mit höherem Chromgehalt als dem der Standardgüte 1.4016 (430) benötigt, wenn die Korrosionsbeständigkeit optimal sein soll. Tests haben auch gezeigt, dass geschweißte Artikel eine zusätzliche Nachbearbeitung benötigen, um den Anforderungen gerecht zu werden. Dennoch hat die Entscheidung einen Durchbruch bei unserer Entwicklung von Produkten aus nichtrostendem Stahl bewirkt. Unser Umsatzwachstum und die Verwendung von nichtrostenden Stählen bei der Entwicklung neuer Produkte wären ernstlich in Gefahr geraten, wenn wir bei austenitischen Güten geblieben wären.

Eine bedeutende Anzahl von IKEA's Artikeln aus nichtrostendem Stahl wird von einem asiatischen Hersteller produziert. Der Erfolg unserer Umstellung auf ferritische Güten beruht auf Schulungen der asiatischen Einkaufsbüros des Konzerns und der weiterverarbeitenden Subunternehmer. Unser Ziel ist von austenitischen Güten völlig wegzukommen und sie durch verbesserte ferritische zu ersetzen. Derzeit testen wir neue ferritische Edelstahlqualitäten mit verbesserten Tiefzieheigenschaften und höherer Korrosionsbeständigkeit.“

## MICHAEL LEUNG

### STELLVERTRETENDER DIREKTOR, YIU HENG INTERNATIONAL COMPANY LIMITED, MACAO

„Die Hauptprodukte unserer Tochter Xinhui RiXing Stainless Steel Products mit Sitz in der chinesischen Provinz Guangdong sind Kochgeschirr und Küchenutensilien aus nichtrostendem Stahl. Als dieser Text geschrieben wurde, hat das Unternehmen ungefähr 800 t nichtrostenden Stahl pro Monat verarbeitet, davon 66-70 Prozent ferritische Güten. Als wir 1999 unser Werk in Betrieb nahmen, verwendeten wir Ferrite nur für die Böden von Kochgeschirr. 2002 haben wir dann damit begonnen, auch die Topfkörper daraus herzustellen.“

Geringe Kosten sind aber nicht der einzige Grund ferritische Qualitäten zu bevorzugen. Diese Güten sind magnetisch und besitzen eine hohe



Wärmeleitfähigkeit. Sie lassen sich auch einfach recyceln, so dass Bodenschätze eingespart werden können. Eine Umstellung von 1.4301 (304) auf eine ferritische Güte bedeutet, dass der Hersteller wettbewerbsfähiger wird und der Verbraucher ein sicheres Produkt zu einem geringeren Preis erhält. Wir müssen das unbegründete Vorurteil korrigieren, dass ferritische Stähle wegen ihres Magnetismus von geringer Qualität und schlechter Korrosionsbeständigkeit sind.

In Werken, in denen die Verwendung von 1.4301 (304) dominiert, bedeutet die Umstellung auf ferritische Güten Veränderungen der Fertigungsprozesse und Presswerkzeuge – eine kostenträchtige Angelegenheit. Unsere Erfahrungen zeigen allerdings, dass die Fertigungsgesamtkosten durch Verwendung ferritischer Qualitäten gesenkt werden können.

Insgesamt gesehen sind wir mit den ferritischen nichtrostenden Stählen sehr zufrieden. Es wurde eine breite Palette von ferritischen Güten entwickelt, die die unterschiedlichsten Anforderungen abdeckt. Wir hoffen, dass ferritischer nichtrostender Stahl möglichst überall bei Stahllieferanten erhältlich werden wird und in vielen Branchen in noch größerem Maße Verwendung findet.“

## ATUSHI OKAMOTO

### LEITER DES FERTIGUNGSBEREICHS 1, OSAKA WORKS, TAKARA STANDARD CORP., JAPAN

„Takara Standard ist ein bedeutender japanischer Hersteller von Küchen- und Badprodukten. Wir verwenden nichtrostenden Stahl für Spülbecken und Abdeckplatten von Einbauküchen, außerdem für Badewannen und Befestigungsteile von Einbaubädern. Das Unternehmen verwendet seit ungefähr 40 Jahren ferritische Qualitäten, und zwar aus dem einfachen Grund, dass ihre Eigenschaften für die erwähnten Einsatzzwecke gut genug sind.“

Wir haben mit den ferritischen Güten Erfolg, weil wir bei der Entwicklung unserer Produkte die besonderen mechanischen Eigenschaften dieser Stähle berücksichtigen und weil wir über eine geeignete Umform- und Werkzeugtechnik verfügen. Wir haben keine wesentlichen Probleme mit ferritischen Güten. Wenn wir ein Teil mit komplizierter Form benötigen, führen wir Versuche durch, um die besten Verarbeitungsparameter zu bestimmen.

Kurz gesagt, wir sind mit ferritischen nichtrostenden Stählen sehr zufrieden. Ich würde es begrüßen, wenn ein Leitfaden veröffentlicht würde, der Unternehmen bei der Auswahl der richtigen ferritischen Güte für ihren Einsatzfall hilft.“



WEITERE MEINUNGEN FOLGEN  
AUF DEN LINKEN SEITEN VOR JEDEM KAPITEL ...



GESCHWEISSTE ROHRE  
AUS FERRITISCHEM  
NICHTROSTENDEM STAHL  
HABEN EINE DYNAMISCHE ZUKUNFT  
IM RÖHRENMARKT VOR SICH.  
GRUND DAFÜR SIND  
DIE TECHNISCHE UND  
WIRTSCHAFTLICHEN VORZÜGE  
DES MATERIALS.

## MEINUNGEN ÜBER FERRITISCHE STÄHLE

### CLOVIS TRAMONTINA

CHAIRMAN, TRAMONTINA, SÃO PAULO, BRASILIEN.

„Als bedeutender, stark im Export aktiver brasilianischer Hersteller von Haushaltswaren und Werkzeugen verarbeitet Tramontina derzeit pro Monat etwa 850 t nichtrostenden Stahl; davon entfallen knapp 30 % auf ferritische Qualitäten.

Hauptsächlich verwenden wir die ferritischen Güten für kostengünstige Tablettts, Schneidwaren, Spülbecken und Pfannenböden.

Ferritische Stähle setzen wir seit 1974 ein, als wir in unserem Werk in Farroupilha mit der Produktion von Pfannen und Servierbestecken begonnen haben. Unser Hauptmotiv ferritische Stähle zu verwenden war der niedrige Preis dieses Materials; hinzu kam die Tatsache, dass die Eigenschaften dieser Stähle für solche Einsatzzwecke sehr zufriedenstellend sind.



Wenn es um die Herstellung von Umformteilen wie etwa Einbauspülen geht, lassen sich ferritische Stähle nicht ganz so einfach verarbeiten wie austenitische: sie erfordern einen zwischengeschalteten Glühvorgang. Dennoch betrachte ich ferritischen nichtrostenden Stahl als gute Wahl, und zwar wegen des günstigen Kosten/Nutzen-Verhältnisses. Dieses Material ist leicht zu reinigen und zu pflegen und deshalb sehr hygienisch. Auch bietet es alle ästhetischen Vorteile von nichtrostenden Stählen und ist mit vielen unterschiedlichen Oberflächen erhältlich.

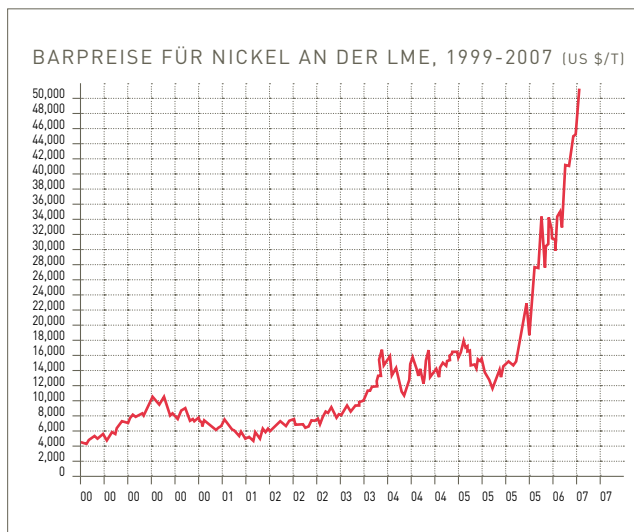
Insgesamt sind wir mit ferritischen Güten zufrieden, wir verwenden sie ja auch schon seit langem. Tatsächlich suchen wir ständig nach neuen Möglichkeiten sie einzusetzen und ihre Kostenvorteile zu nutzen.“



# Die „fabelhaften“ Ferrite

**Angesichts explodierender Rohstoffkosten sind ferritische nichtrostende Stähle heute stark im Kommen, und zwar als nutzbringende Lösung in vielen Einsatzbereichen, in denen ein kostensparender Wechsel zu einem anderen Material unumgänglich geworden ist.**

In den letzten Jahren sind die Preise von Rohstoffen wie Aluminium, Kupfer, Zink und Nickel geradezu explodiert. Vor allem Hersteller und Verwender von nichtrostendem Stahl sind von dem hohen und täglich schwankenden Nickelpreis stark betroffen. Nickel ist ein Bestandteil der sehr häufig verwendeten austenitischen Edelstahlqualitäten (ASTM 300er Serie).



Hersteller von nichtrostendem Stahl haben keinen Einfluss auf diese Preisentwicklungen, deren unvermeidliche Konsequenz steigende und instabile Kosten der nickelhaltigen Güten sind. Diese Situation zwingt einige der Verwender solcher Güten heute nach Materialien zu suchen, die weniger kosten als Austenite, aber dennoch zufriedenstellende Eigenschaften hinsichtlich der Verarbeitung des Materials und der späteren Nutzung der Endprodukte bieten.

Die Situation schreckt möglicherweise potenzielle Verwender von nichtrostendem Stahl ab, die glauben könnten, dass nichtrostende Stähle mit den von ihnen benötigten Eigenschaften finanziell unerschwinglich sind.

## GERINGERE KOSTEN, STABILE PREISE

Die gute Nachricht ist, dass ferritische nichtrostende Stahlsorten (ASTM 400er Serie) mit niedrigen, stabilen Preisen und mit dennoch beeindruckenden technischen Eigenschaften sofort verfügbar sind und ein nachweislich ausgezeichnetes Ersatzmaterial für viele Einsatzfälle darstellen, in denen man glaubt, nur Austenite verwenden zu können.



Grillplatte aus 1.4016 (230).



Vordach aus 446L, Südkorea.

Ferritische Güten enthalten kein Nickel, sie bestehen im Wesentlichen aus Eisen und Chrom (min. 10,5 %). Der Preis von Chrom – die Zutat, die den nichtrostenden Stahl korrosionsbeständig macht – ist seit jeher ziemlich stabil gewesen. Manche ferritische Güten enthalten weitere Legierungszusätze (z. B. Molybdän) zum Verbessern bestimmter Eigenschaften.

Ferritische nichtrostende Stähle gleichen in den meisten mechanischen Eigenschaften und in der Korrosionsbeständigkeit ihren teureren Verwandten, den Austeniten, und sind diesen in manchen Eigenschaften sogar überlegen. Warum also unnötigerweise für Nickel zahlen?

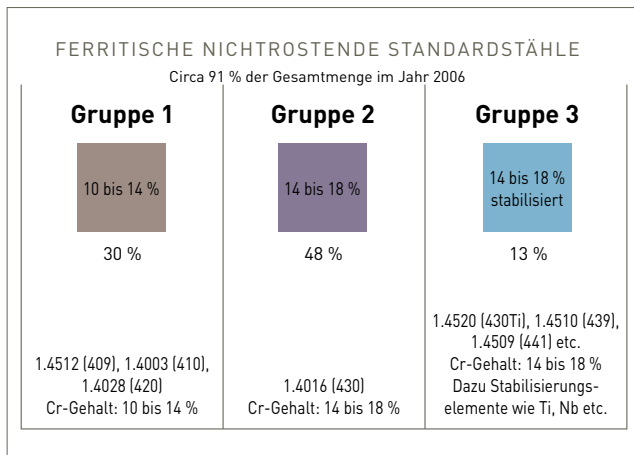
Verwender von Kupfer, Aluminium oder austenitischen nichtrostenden Stählen, die auf der Suche nach anderen Lösungen sind, sollten Mut beweisen. Der Einsatz von Ferriten ist oft ein erschwinglicher und technisch idealer Weg, um von den einzigartigen Eigenschaften von nichtrostendem Stahl in jeder Hinsicht zu profitieren.



**„Warum unnötigerweise für Nickel zahlen?“**

## DIE 5 FERRITISCHEN STAHLGRUPPEN

Die ferritischen nichtrostenden Stähle lassen sich in 5 Untergruppen aufteilen: drei Gruppen mit Standard- und zwei mit Spezialgütern. Hinsichtlich Materialmenge und Zahl der Einsatzmöglichkeiten sind die Standardgütern heute bei weitem am bedeutendsten. Diese ferritischen Standardstähle sind für viele anspruchsvolle Anwendungen völlig ausreichend und absolut geeignet.



Gruppe 1 [1.4512 (409) und 1.4003 (410L)] hat den niedrigsten Chromgehalt aller nichtrostenden Stähle und ist auch die kostengünstigste Gruppe. Sie kann für nicht oder nur leicht korrosive Umgebungen oder Einsatzfälle ideal sein, wo leichte Lokalkorrosion akzeptabel ist. 1.4512 (409) wurde ursprünglich für Auspufftöpfe von Automobilen (außen liegende Teile in nur gering korrosiver Umgebung) geschaffen. 1.4003 (410L) wird oft für Container, Autobusse und Bahnwaggons sowie in jüngster Zeit für Rahmen von LCD-Monitoren verwendet.

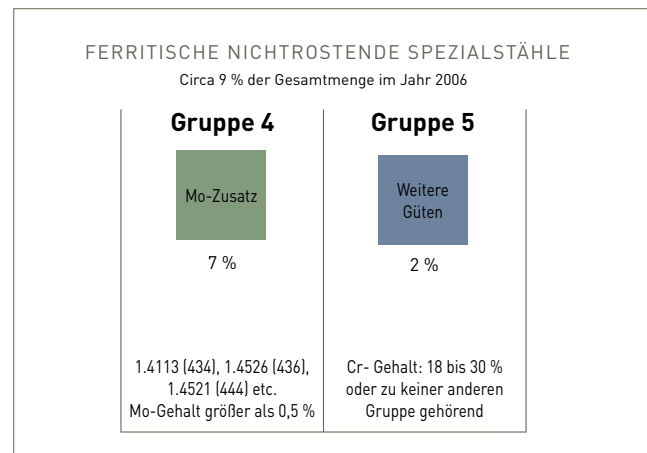
*„Ferritische nichtrostende Standardstähle sind für viele anspruchsvolle Anwendungen völlig ausreichend und absolut geeignet.“*



Container aus 1.4512 (409) und 1.4003 (410L)

Gruppe 2 [1.4016 (430)] ist die Gruppe ferritischer Stähle mit der weitesten Verbreitung. Sie haben einen höheren Chromgehalt und sind damit korrosionsbeständiger. In manchen Einsatzfällen sind diese Gütern ein geeigneter Ersatz für 1.4301 (304), normalerweise genügt ihre Korrosionsbeständigkeit für den Einsatz im Innenbereich. Typische Anwendungen sind Waschmaschinentrommeln, Innenraumverkleidungen etc. 1.4016 (430) wird bei Haushaltsgegenständen, Spülmaschinen, Töpfen und Pfannen oft als Ersatz für 1.4301 (304) verwendet. Für Informationen über ihre Schweißigenschaften siehe Seite 37 ff.

Gruppe 3 beinhaltet 1.4520 (430Ti), 1.4510 (439), 1.4509 (441) etc. Verglichen mit Gruppe 2 sind diese Stähle besser schweißbar und umformbar. Typische Anwendungen sind Spülen, Wärmetauscherrohre (Zuckerindustrie, Energieerzeugung etc.), Auspuffanlagen (höhere Lebensdauer als 1.4512 (409)) und die geschweißten Teile von Waschmaschinen. Die Stähle der Gruppe 3 können sogar 1.4301 (304) ersetzen, wenn dieser für den konkreten Einsatzfall „besser als nötig“ ist.



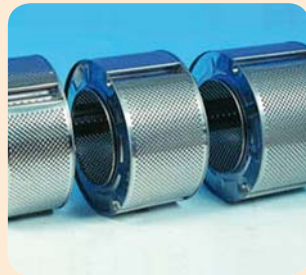


■ Gruppe 4 beinhaltet die Stahlgüten 1.4113 [434], 1.4526 [436], 1.4521 [444] etc. Sie enthalten zusätzlich Molybdän für eine höhere Korrosionsbeständigkeit. Typische Anwendungen sind Warmwassertanks, Solar-Wasserkessel, Sichtteile von Auspuffanlagen, Teile für elektrische Wasserkocher und Mikrowellenöfen, Verkleidungen und Zierteile bei PKWs etc. Die Korrosionsbeständigkeit der Güte 1.4521 [444] entspricht etwa der von 1.4401 [316].

■ Gruppe 5 [446, 445/447 etc.] enthält mehr Chrom und zusätzlich Molybdän für höhere Korrosions- und Zunderbeständigkeit (Oxidationsbeständigkeit). Hinsichtlich dieser Eigenschaften sind diese Stähle 1.4401 [316] überlegen. Typischerweise werden sie in Umgebungen mit Seeklima oder ähnlich stark korrosiven Umgebungen eingesetzt. Die Korrosionsbeständigkeit von JIS 447 entspricht der von Titan.

### BEEINDRUCKENDE REFERENZEN

Unter den Erfolgsgeschichten ferritischer nichtrostender Stähle ragen zwei besonders heraus. Seit Jahren sind ferritische nichtrostende Stähle sehr häufig in zwei äußerst anspruchsvollen Einsatzfällen verwendet worden: bei Auspuffanlagen von Fahrzeugen und bei Waschmaschinentrommeln.



Auspuffanlagen sind hohen Temperaturen und korrosiven Umgebungsbedingungen ausgesetzt. Die Verwendung von nichtrostendem Stahl (ferritisch) ermöglicht es, die Garantiezeiten für daraus gefertigte Teile zu verlängern.

Waschmaschinentrommeln müssen Waschmitteln und einer praktisch ständig feuchten Umgebung standhalten. Hierbei ist Lokalkorrosion allerdings völlig untolerierbar.

Auto- und Waschmaschinenbesitzer werden gern bezeugen, dass sie mit der hohen Lebensdauer ihrer Auspuffanlagen bzw. Waschmaschinentrommeln zufrieden sind. Für die Hersteller dieser Produkte sind „Fertigungsfreundlichkeit“ und größere wirtschaftliche Vorteile zusätzliche Faktoren, die ferritischen nichtrostenden Stahl klar zum Material der Wahl machen.

Weitere heutige Einsatzfälle für ferritische Güten reichen von Küchengerät und -geräten und Großkücheneinrichtungen bis zu

*„... in vielen Fällen werden Ferrite immer mehr zur besseren Wahl im Vergleich mit teureren Materialien.“*

Innenraummöblierungs- und -dekorationsgegenständen, Zierteilen für Autos, Rohren für Überhitzer und Zwischenüberhitzer, Brennern, Klimaanlagekanälen, Outdoor-Grills etc. Und viele neue Anwendungen warten schon auf ihre Entdeckung.



Solar-Wasserkessel, Taiwan.

### MODERNE HERVORRAGENDE FERRITE

Hochqualitative ferritische nichtrostende Stähle gibt es nun schon seit einigen Jahren, und für die Realisierung der heute verfügbaren bemerkenswerten Güten ist sehr viel Aufwand in Forschung und Entwicklung gesteckt worden.

Sie sind weder neu auf dem Markt, noch neu für ihre hocherfahrenen Hersteller. Merkwürdig ist allerdings, dass die Einstellungen zu diesen Stählen durch ein gewisses Maß an Missverständnissen und Unwissen mitbestimmt zu werden scheinen, was sich wohl hauptsächlich aus der Vergangenheit erklärt. Die Güte 1.4016 [430] war einstmals die einzig verfügbare Qualität, und ihre allerersten Verwender haben möglicherweise keine ausreichende technische Beratung hinsichtlich des Einsatzes dieser Stahlart bekommen. Insbesondere war dies vielleicht für den Einsatz in geschweißten Teilen oder in stark korrosiven Umgebungen der Fall. Wie dem auch sei, mancherorts setzte sich die irrtümliche Meinung fest, dass ferritische Stähle minderwertig seien und nur austenitische den Anforderungen genügen. Tatsächlich aber hat es schon vor langer Zeit Fortschritte bei den Ferriten gegeben! Heute ist umfassende technische Unterstützung verfügbar und die Palette der Stahlgüten weitaus umfangreicher und vielseitiger. Sie erfüllt hinsichtlich der Materialeigenschaften fast alle Bedürfnisse der Anwender. Da diese Eigenschaften in großem Maße denen der Austenite vergleichbar sind, ist es falsch, ferritische Güten als minderwertig oder aber als besser anzusehen. Sie sind einfach nur anders und auf ihre Art nützlich.



Schallabsorbierende Brückenverkleidung, Japan.

Genau genommen stellen sich Ferrite im Vergleich mit teureren Materialien oftmals als bessere Wahl heraus. Sie entsprechen manchmal genauer der Spezifikation einer bestimmten Anwendung, indem sie genau die benötigten Qualitäten besitzen – keine geringeren und – ebenso wichtig! – keine höheren.



Milchtransportwagen, Verkleidung aus 1.4016 (430), Südafrika.

## UMFORMEN KEIN PROBLEM

Ferritische nichtrostende Stähle sind genauso wie Kohlenstoffstahl gut kaltumformbar und damit für die meisten Umformprozesse geeignet. Sie sind nicht so gut kaltumformbar wie austenitische nichtrostende Stähle, die in dieser Hinsicht überragende Eigenschaften haben, was aber in vielen Fällen einfach nur „besser als nötig“ bedeutet.

Kohlenstoffstahl und ferritischer nichtrostender Stahl zeigen ein vergleichbares Umformverhalten. Man muss dafür nur mal an die komplizierten Formen (z. B. Autokarosserien) denken, in die Kohlenstoffstahl heutzutage gebracht wird, um die vielfältigen Möglichkeiten für ferritische nichtrostende Stähle zu erkennen. Werden die Werkzeuge korrekt eingerichtet und die Stahlgüten richtig gewählt, dann lassen sich nichtrostende Ferrite in unzählige Formen bringen.

## MAGNETISMUS – GRUND ZUM STOLZ

Ein verbreitetes Missverständnis besteht in der Annahme, dass Ferrite, da sie magnetisch sind, keine echten nichtrostenden Stähle sind und wie Kohlenstoffstähle rosten. Dies ist einfach Unfug. Allein aufgrund der unterschiedlichen Atomstruktur sind einige nichtrostende Stähle magnetisch und andere nicht. Korrosionsbeständigkeit ist keine Frage

**„Ein verbreitetes Missverständnis besteht in der Annahme, dass Ferrite, da sie magnetisch sind, keine echten nichtrostenden Stähle sind und wie Kohlenstoffstähle rosten. Dies ist einfach Unfug.“**

der Atomstruktur, sondern der chemischen Zusammensetzung und insbesondere des Chromgehalts. Magnetismus hat damit nichts zu tun.

Genau betrachtet ist der Magnetismus der ferritischen Güten einer ihrer großen Pluspunkte. Er bietet viele schon genutzte und weitere potenzielle Vorteile, vom Haften von Notizen an die Kühlschranktür bis zum Aufbewahren von Messern und anderen metallischen Gerätschaften. Tatsächlich ist es z. B. für auf Induktionsherden benutzte Töpfe und Pfannen wichtig, dass sie magnetisch sind, weil das Prinzip dieser Herde ja darin besteht, die Wärme durch Übertragung magnetischer Energie direkt im Kochgeschirr zu erzeugen.



Kühlschrankverkleidung aus 1.4016 (430).

## BESONDERE TECHNISCHE VORTEILE

Nichtrostender Stahl ist ein besonders dauerhaftes und pflegeleichtes Material mit gegenüber Kohlenstoffstahl beträchtlichen Vorteilen hinsichtlich der Lebensdauergesamtkosten. Außerdem ist er 100%ig recyclebar: Mehr als 60 % des neuen nichtrostenden Stahls wird aus Schrott erschmolzen.

Die Haupteigenschaften von nichtrostendem Stahl sind folgende:

- Korrosionsbeständigkeit
- Ästhetisches Aussehen
- Hitzebeständigkeit
- Geringe Lebensdauergesamtkosten
- Vollständige Recyclebarkeit
- Biologische Neutralität (Anforderungen der RoHS-Richtlinie der EU werden eingehalten)
- Einfache Herstellung

Die ferritischen Güten bieten alle Vorteile der nichtrostenden Stähle gegenüber den Kohlenstoffstählen, was Korrosionsbeständigkeit, niedrige Lebensdauergesamtkosten und Langlebigkeit angeht. Darüber hinaus haben sie, verglichen mit ihren austenitischen Verwandten, nicht einfach nur Kostenvorteile. In der Tat übertreffen Ferrite die Austenite bezüglich einer Vielzahl von Eigenschaften.

## BESONDERE TRUMPFKARTEN DER FERRITE

- Ferritische Stähle sind **magnetisch**.
- Ferritische Stähle zeigen **eine geringe Wärmeausdehnung** (sie dehnen sich bei Erwärmung weniger stark aus als austenitische Stähle).
- Ferritische Stähle haben **eine ausgezeichnete Hochtemperaturoxidationsbeständigkeit** (sie verzundern weniger stark als austenitische Stähle).
- Ferritische Stähle haben **eine hohe Wärmeleitfähigkeit** (sie leiten Wärme gleichmäßiger als austenitische Stähle).
- Ferritische Stähle, die mit Niob stabilisiert sind, haben **eine sehr hohe Kriechfestigkeit** (sie werden durch Langzeitbelastung weniger stark verformt als austenitische Stähle).
- Ferritische Stähle lassen sich **leichter zerspanen und bearbeiten** als austenitische (Austenite erfordern stärkere Maschinen und Spezialwerkzeuge, die obendrein schneller verschleifen).
- Ferritische Stähle neigen beim Kaltumformen **deutlich weniger zum Rückfedern** als Austenite.
- Ferritische Stähle haben **eine höhere Streckgrenze** (entspricht etwa der von gängigen Kohlenstoffstählen) als Austenite der Güte 1.4301 (304).
- Ferritische Stähle sind im Gegensatz zu austenitischen **nicht anfällig für Spannungsrisskorrosion**.



## PERFEKTION BEDEUTET »PASSEND ZUR SPEZIFIKATION«

Unter den derzeit herrschenden Marktbedingungen sollten heutige und künftige Anwender vor allem eines vermeiden, nämlich die Stahlqualität für einen konkreten Einsatzfall „besser als nötig“ zu wählen.

Historisch bedingt ist die austenitische Güte 1.4301 (304) bis heute die am weitesten entwickelte und best verfügbare Sorte von nichtrostendem Stahl. Grund dafür ist ihr breites Einsatzspektrum. Die heutigen ferritischen nichtrostenden Stähle können, falls passend spezifiziert, oftmals den Austenit 1.4301 (304) ersetzen, und zwar mit ausgezeichnetem Ergebnis.

Eine genaue und realistische Ermittlung der für die Fertigung und spätere Nutzung eines Endprodukts notwendigen Eigenschaften wird oft zeigen, dass eine preislich günstigere ferritische Stahlqualität die Anforderungen des Herstellers und des Endkunden vollständig erfüllt.



*„Die heutigen ferritischen nichtrostenden Stähle können passend spezifiziert oftmals den Austenit 1.4301 (304) ersetzen, und zwar mit ausgezeichnetem Ergebnis.“*



Kücheneinheit aus 1.4016 (430), Südafrika.

In manchen Fällen reicht ein sinnvoller Kompromiss hinsichtlich der Nutzung (z. B. ein Hinweis für die Endkunden, die Oberfläche eines Produktes regelmäßig zu reinigen), um einen besonders preisgünstigen Ferrit während der Produktlebensdauer korrosionsfrei zu halten.



Verkleidungsbleche aus beschichtetem 1.4016 (430), Italien.

## „EIN STAHL, DESSEN ZEIT NUN GEKOMMEN IST“

Angesichts der Qualität der heutigen ferritischen Güten, ihres Preisvorteils und der durch zusätzliche Legierungselemente erreichbaren außergewöhnlichen Eigenschaften erscheinen die Chancen für ferritische nichtrostende Stähle grenzenlos.

Mit dieser Broschüre wird versucht, die Qualitäten ferritischer nichtrostender Stähle leicht verständlich zu beschreiben. Sie soll generell zum vermehrten Einsatz von nichtrostenden Stählen anregen, indem sie auf die Vorteile dieser preisgünstigeren Güten aufmerksam macht. Damit ist sie eine Initiative der Edelstahlindustrie, um Anwendern zu helfen, die jeweils richtige Stahlgüte für ihr Produkt zu finden.

Auf den nachfolgenden Seiten werden die Eigenschaften der heutigen Ferrite, die Wirkung der Legierungselemente und die vielen bereits genutzten und potenziellen Anwendungen für diese Stähle dargelegt.



IN BESTIMMTEN UMGEBUNGEN  
SIND FERRITISCHE NICHTROSTENDE  
STÄHLE EINE OPTISCH  
ANSPRECHENDE, LANGLEBIGE  
UND WIRTSCHAFTLICHE LÖSUNG  
FÜR STADTMÖBEL.





## DOMINIQUE MARET

MARKETINGLEITUNG, FAURECIA EXHAUST SYSTEMS, FRANKREICH

„Als weltweit aktiver Automobilzulieferer verwenden wir bei Faurecia nichtrostende Stähle hauptsächlich für Auspuffanlagen. Von den circa 200.000 t nichtrostenden Stahl, die wir jährlich hierfür verarbeiten, sind ungefähr 90 % ferritisch. Tatsächlich verwenden wir ferritische Güten bereits seit Mitte der 1970er Jahre, als wir mit der Produktion von Abgaskatalysatoren zur Erfüllung der US-amerikanischen Emissionsvorschriften begonnen haben. Ferrite haben eine deutlich geringere Wärmedehnung als Austenite, was für die Lebensdauer dieser Katalysatoren entscheidender Faktor war.



Ferrite haben bei uns Erfolgsgeschichte geschrieben, weil unser tiefgehendes Wissen über das besondere Verhalten dieser Stähle in unterschiedlichen Abgasumgebungen es ermöglicht für jeden Einsatzbereich die passende Güte zu wählen. Natürlich müssen Einschränkungen hinsichtlich der Umformbarkeit und der Vermeidung interkristalliner Korrosion berücksichtigt werden, und zwar sowohl beim Produktdesign wie beim Fertigungsprozess. Immer dringender benötigen wir weitere Fortschritte bei den ferritischen Güten hinsichtlich Korrosionsbeständigkeit und den Eigenschaften bei Temperaturen oberhalb von 900 °C. Wir glauben, dass solche Verbesserungen den Qualitätsabstand zu den Austeniten verringern werden, aber zu immer noch niedrigeren und stabileren Preisen. Aber auch schon heute sind wir mit den Ferriten sehr zufrieden.“



# Korrosionseigenschaften

**Nichtrostende Stähle heißen so, weil ihr Chromgehalt sie sehr korrosionsbeständig macht.**

Alle Stähle neigen unterschiedlich stark zu Korrosion. Nichtrostende Stähle sind jedoch wegen ihres Chromgehalts erheblich korrosionsbeständiger als Kohlenstoffstähle. Chrom (nicht Nickel, wie oft angenommen) ist die wichtigste Zutat für die Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Stählen.

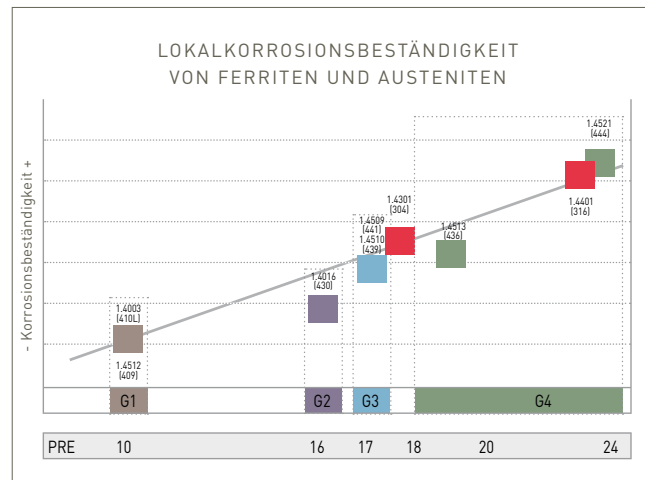
## LOKALKORROSIONSBESTÄNDIGKEIT

Endprodukte aus nichtrostendem Stahl sind meist wartungsfrei, doch kann in einigen Fällen ein geringer Pflegeaufwand (z. B. Entfernen von Ablagerungen) nötig sein, um Korrosionsfreiheit während der Lebensdauer eines Produkts zu gewährleisten.

Die Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Stählen hängt mehr von ihrer chemischen Zusammensetzung als von der austenitischen oder ferritischen Atomstruktur ab. Genau genommen kann man bezüglich der Korrosionsbeständigkeit Ferrite und Austenite als zwei gleichwertige Gruppen von nichtrostenden Stählen ansehen.

**„... Ferrite und Austenite kann man als zwei gleichwertige Gruppen von nichtrostenden Stählen ansehen.“**

Ein Vergleich der Korrosionsbeständigkeiten der fünf ferritischen Untergruppen mit dem Austenit 1.4301 (304) verdeutlicht die wichtige Rolle des Chroms und zeigt, dass die Korrosionsbeständigkeit von nickelhaltigen (austenitischen) Güten auch von den meisten ferritischen Stählen erreicht wird.



Wie im obigen Diagramm zu sehen, bieten nur molybdänhaltige Ferrite eine bessere Lokalkorrosionsbeständigkeit (Lochfraß) als der Austenit 1.4301 (304). Allerdings ist die Lochfraßbeständigkeit der stabilisierten ferritischen Standardgüten immer noch recht gut, wenn auch der der Güte 1.4301 (304) leicht unterlegen.



Wasserschleier/Zwischenbehälter aus 1.4510 (439), Europa.



Kühlergrill und Zierleiste aus 1.4513 (436).



Teilverkleidung eines Gebäudes aus 1.4521 (444), Brasilien.

**Gruppe 1** umfasst Ferrite, die bestens geeignet für nicht zu extreme Bedingungen sind, z. B. in Wohnungen (wo das Material entweder niemals Wasser ausgesetzt oder aber regelmäßig trockengewischt wird) oder im Freien an Stellen, wo eine gewisse oberflächliche Korrosion akzeptabel ist. In solchen Fällen ist die Lebensdauer von Ferriten dieser Gruppe höher als die von Kohlenstoffstählen.

Die Stahlgüten der **Gruppe 2** können dort erfolgreich eingesetzt werden, wo sie unter weniger extremen Bedingungen immer wieder in Kontakt mit Wasser kommen.

Die Stahlgüten der **Gruppe 3** sind für ähnliche Bedingungen geeignet wie die der Gruppe 2, aber besser schweißbar.

Die Ferrite der **Gruppe 4** sind korrosionsbeständiger als der Austenit 1.4301 (304) und eignen sich somit für ein großes Einsatzspektrum.

**Gruppe 5** beinhaltet z. B. Güten mit einem sehr hohen Chromgehalt (circa 29 % Cr plus 4 % Mo), der ihnen eine so hohe Meerwasserkorrosionsbeständigkeit wie Titanwerkstoffe verleiht.

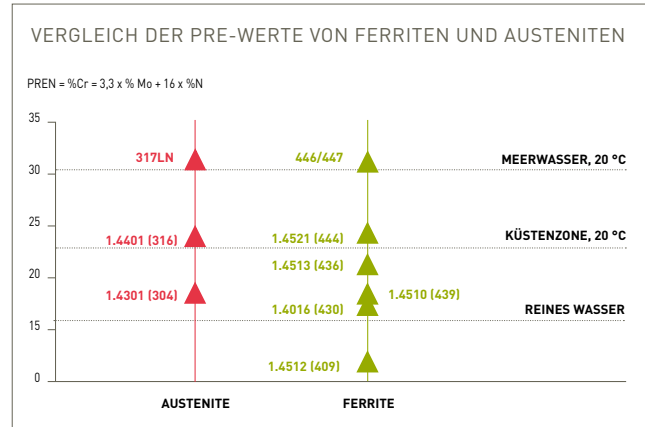


Vorratsstank aus 1.4521 (444), Brasilien.

**»Nickel spielt hinsichtlich der Lochfraßbeständigkeit keine Rolle«**

## DER PRE-WERT (WIRKSUMME)

Der so genannte PRE-Wert (pitting resistance equivalent number) ist ein Maß für die relative Lochfraßbeständigkeit eines nichtrostenden Stahls in einer chloridhaltigen Umgebung. Je höher der PRE-Wert einer Stahlsorte, umso korrosionsbeständiger ist sie.



Die Vergleichstabelle für PRE-Werte zeigt auf einen Blick, dass es zu jeder austenitischen Güte eine ferritische mit vergleichbarer Korrosionsbeständigkeit gibt.

Die üblicherweise verwendete verkürzte Form der PRE-Formel, also  $PRE = \%Cr + 3,3\%Mo$ , drückt aus, dass Molybdän 3,3 x wirksamer als Chrom vor Lochfraß schützt. Allerdings ist Chrom in jedem Fall für die grundsätzliche Korrosionsbeständigkeit erforderlich. Molybdän kann diese „Grundmenge“ an Chrom in nichtrostenden Stählen nicht ersetzen, wohl aber die Korrosionsbeständigkeit erhöhen.

Der Nickelgehalt wird in der Formel nicht berücksichtigt, weil er in den meisten Einsatzfällen keine Rolle für die Lochfraßbeständigkeit spielt.

## KORROSION VERMEIDEN

Damit die Passivschicht eines nichtrostenden Stahls (siehe S. 59) erhalten bleibt, wird Sauerstoff benötigt. Eine Ansammlung von Ablagerungen kann den Zutritt von Sauerstoff an kritischen Stellen verhindern und so zu Korrosion führen. Die Ausbreitung von Korrosion kann letztendlich zum Versagen des Teils führen.



Outdoor-Grill und Wagen aus 1.4016 (304), Italien.

# RISIKOFAKTOREN FÜR KORROSION

- eingelagerte Fremdpartikel
- Ablagerungen auf der Oberfläche
- Oberflächenfehler
- Unregelmäßigkeiten im Gefüge
- Salzeinwirkung (salzhaltige Luft, Meerwasser etc.)
- Temperaturanstieg
- Säureeinwirkung (starke Säuren)
- stark chemisch reduzierende Umgebung

# FAKTOREN ZUR KORROSIONSVORBEUGUNG

- saubere Oberfläche
- glatte Oberfläche
- vorpassivierte Oberfläche
- künstliches Altern der Oberfläche
- Waschwirkung (z. B. Regen)
- höherer Chromgehalt
- oxidierende Bedingungen ( $O_2$ , aber nicht zu viel)
- Zulegieren von Molybdän





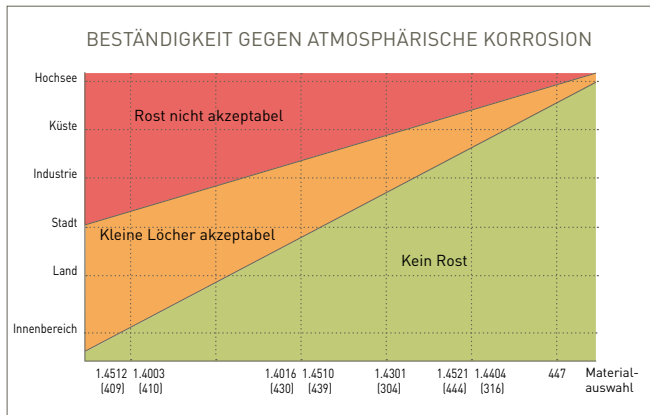
Korrosion setzt ein, wenn der pH-Wert unter eine kritische Grenze sinkt (niedriger pH-Wert = stark sauer). Auf einer Skala zwischen 0 und 14 gibt der pH-Wert an, wie sauer (0-6) oder basisch (8-14) eine Lösung ist.



Sicherheitsbarriere (Bahnhof aus SUS430L1L, Japan)

## ATMOSPHERISCHE KORROSION

Diese Art Korrosion entsteht auf einer Stahloberfläche in dem dünnen nassen Film, der sich durch die Kombination von Luftfeuchtigkeit und Fremdstoffen bildet. Oft wird diese Korrosion in Industrieumgebungen durch die Anwesenheit von Chloriden oder Schwefelverbindungen ausgelöst. Typische Bedingungen sind z. B. Chloridablagerungen in feuchter Meeresumgebung.



Unterschiedliche Umgebungen erfordern unterschiedliche ferritische (ASTM 400er Serie) oder austenitische (ASTM 300er Serie) Qualitäten, um atmosphärischer Korrosion zu widerstehen. In Industrie-, Küsten- oder Hochseeumgebungen kann leichte Lokalkorrosion (Lochfraß) manchmal akzeptabel sein.

**“Ferritische Güten können in atmosphärischen Umgebungen sehr unterschiedlicher Korrosivität eingesetzt werden“.**

## WAHL DER GEEIGNETEN STAHLQUALITÄT

Ferritische Güten können in atmosphärischen Umgebungen mit sehr unterschiedlich starker Korrosionsgefährdung verwendet werden. Alle den späteren Einsatz betreffenden Parameter sollten bei der Werkstoffwahl genau betrachtet werden.

Falls beispielsweise leichte Lokalkorrosion an der Oberfläche (Lochfraß) für eine bestimmte Anwendung oder in einer bestimmten Umgebung ohne Bedeutung ist, kann eine preisgünstigere Güte durchaus die richtige Wahl sein.

## FAUSTREGELN

- In einer aggressiven Umgebung eine Stahlgüte mit höherem Chrom- und/oder Molybdäengehalt wählen.
- Raue Oberflächen vermeiden, besser eine Oberfläche mit niedrigem Ra-Wert wählen.
- Ein Produktdesign in Hinblick auf „Selbstreinigung“ optimieren (z. B. min. 15° Schräglage bei nach oben weisenden Oberflächen).
- Spaltartige Formen vermeiden.
- Oberflächen durch regelmäßiges Reinigen sauber halten, um Schmutz- und Staubansammlungen zu vermeiden.



Stromverteilerkasten aus beschichtetem 1.4003 (410), Südafrika

## OXIDATIONSBESTÄNDIGKEIT

Im Gegensatz zu den beiden oben beschriebenen Korrosionsarten ist die zyklische Hochtemperaturkorrosion eine „trockene“. Sie entsteht bei hohen Temperaturen (über 500 °C) und in oxidierenden Atmosphären, und zwar mit und ohne Temperaturzyklen.

Wenn man nichtrostende Stähle erhitzt, bildet ihr Chromanteil einen schützenden Oberflächenbelag („Zunder“) aus Chromoxid, der weiteres Oxidieren verlangsamt. Zunder und Grundmetall haben ein unterschiedliches Wärmeausdehnungsverhalten, welches die Stabilität der Zunderschicht beeinträchtigen kann, insbesondere unter Einsatzbedingungen mit häufigen Temperaturwechseln. Der Ausdehnungskoeffizient des Zunders ist sehr klein; falls der des Grundmetalls zu groß ist, entsteht übermäßig viel Zunder, der abplatzt oder bricht, wenn sich das Metall beim Abkühlen zusammenzieht.

Dank ihres niedrigeren Wärmeausdehnungskoeffizienten neigen Ferrite viel weniger als Austenite zur zyklischen Hochtemperaturoxidation mit Zunderbildung. Wo nichts abplatzt oder reißt, entsteht auch keine weitere Oxidation. Dies ist ein besonderer Vorteil in Einsatzfällen wie z. B. in Heizsystemen, Brennern oder Auspuffanlagen einschließlich Krümmern.

## BREIT GEFÄCHERTE EINSATZMÖGLICHKEITEN

Die hier erwähnten interessanten Korrosionseigenschaften sind aber bei Weitem nicht die einzigen Pluspunkte von ferritischen nichtrostenden Stählen. Sie genügen jedoch schon, um im heutigen Klima hoher Materialkosten Freunde für diese Stähle zu gewinnen.

Eine genaue Prüfung der Eigenschaften von Ferriten zahlt sich meistens aus. Manche heutigen Anwender von Austeniten werden beim Prüfen ihrer Spezifikationen vielleicht feststellen, dass eine ferritische Güte für ihre Anwendung tatsächlich in jeder Hinsicht völlig ausreicht.



*...Ferrite zeigen eine geringere Neigung zur zyklischen Hochtemperaturoxidation (Verzunderung) als Austenite.*



Potenzielle Anwender von nichtrostendem Stahl mögen von den außergewöhnlichen Qualitäten der Ferrite überrascht sein und dann vielleicht entdecken, dass nichtrostender Stahl eigentlich eine realistische Möglichkeit ist!

## LEBENSDAUERGESAMTKOSTEN: UNBEZAHLBARE TIPPS

Der Nutzen einer Untersuchung der Lebensdauergesamtkosten für einen möglichen Einsatzfall kann nicht genug betont werden. Eine solche Untersuchung wird oft zeigen, dass nichtrostender Stahl – gemeinhin als teure Lösung angesehen – auf lange Sicht tatsächlich die kostengünstigere Wahl ist.

Die Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Stählen führt zu längerer Lebensdauer, weniger Wartungsbedarf, höherem Wiederverkaufswert, besserer Optik etc. Sie macht Lackieren und Galvanisieren unnötig. Und als ob dies nicht schon genug Anreiz wäre, können die niedrigeren Investitionskosten für ferritische Güten ein entscheidendes Argument für die Wahl von nichtrostendem Stahl sein.

Obwohl Ferrite schon weithin verwendet und anerkannt sind, werden sie dennoch immer wieder „entdeckt“. Die zahlreichen schon genutzten und bewährten Anwendungen weisen den Weg zu zahlreichen faszinierenden neuen Möglichkeiten für diese großartigen Stähle.

*... die niedrigeren Investitionskosten für Ferrite können das entscheidende Argument für die Wahl eines nichtrostenden Stahls sein ...*



INDUKTIONSKOCHEN  
ERFORDERT  
DIE MAGNETISCHEN  
EIGENSCHAFTEN  
FERRITISCHER SORTEN.

MEINUNGEN ÜBER FERRITISCHE STÄHLE

**SEUNG TAE BAEK**

TEAMLEITER IM EINKAUF, WASCHMASCHINEN,  
LG ELECTRONICS, KOREA.

„Wir verwenden ferritische nichtrostende Stähle hauptsächlich für Waschmaschinentrommeln, und dies schon seit den Anfängen unserer Entwicklung von Waschautomaten. Tatsächlich haben wir im Jahr 2006 etwa 15.500 t Ferrite und 2.500 t Austenite verwendet; die Ferrite haben also 86 Prozent unseres Verbrauchs an nichtrostendem Stahl ausgemacht.“



Der Vorteil für uns ist einfach der, dass ferritische Qualitäten recht zufrieden stellende mechanische Eigenschaften besitzen, aber weniger kosten als Austenite. Aus technischer Sicht bedeuten die Fortschritte in der Umformtechnik und in der Entwicklung neuer ferritischer Hochleistungs-Güten, dass wir Ferrite heute sehr erfolgreich einsetzen können. Risse und Faltenbildung bei Pressteilen sind weiterhin gelegentliche vorkommende Defizite, und auch den Tiefziehprozess müssen wir weiter verbessern. Dennoch erhalten wir mit Ferriten ein Ergebnis, das hinsichtlich Preis und Qualität jeden zufrieden stellt.“



# Mechanische und physikalische Eigenschaften

*Ferritische nichtrostende Stähle sind produktionsfreundlich und eignen sich für ein sehr großes Einsatzspektrum.*

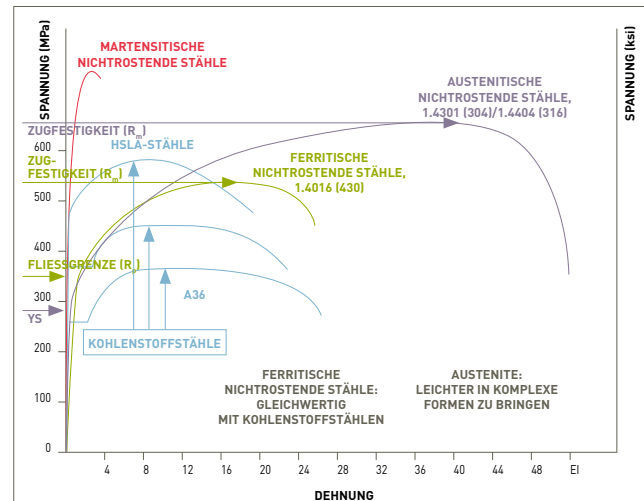
Ferrite haben gute mechanische Eigenschaften; sie besetzen in dieser Hinsicht quasi das Mittelfeld der nichtrostenden Stähle. Ihre Streckgrenze liegt höher als die von Austeniten, ihre Dehnungs- und Umformeigenschaften entsprechen denen von Kohlenstoffstählen. Unter ihren physikalischen Eigenschaften befinden sich zwei, bei denen sie Austeniten überlegen sind: Wärmeausdehnung und Wärmeleitfähigkeit.

## MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN

Allgemein gesprochen versteht man unter mechanischen Eigenschaften einer Metalllegierung diejenigen, die das Verhalten des Materials bei Druck, Zug, Biegung, Ritzen, Einbeulen oder Reißen beschreiben. Die am häufigsten betrachteten Kriterien zur Bewertung der mechanischen Eigenschaften sind folgende:

- **Festigkeit:** Das Maß der Widerstandsfähigkeit eines Materials gegen Verformung. Dabei werden im Allgemeinen zwei wichtige Kenngrößen betrachtet:
  - Fließ- oder Streckgrenze: Spannung, bis zu der ein Material ausgesetzt werden kann, bevor es sich bleibend (plastisch) verformt.
  - Zugfestigkeit: Spannung, bis zu der ein Material ausgesetzt werden kann, bevor es reißt.
- **Härte:** Das Maß für die Widerstandsfähigkeit gegen ein Eindringen durch eine aufgebraute Last.
- **Zähigkeit:** Die Fähigkeit, Umformenergie aufzunehmen, ohne dabei zu reißen.
- **Formbarkeit (Duktilität, Plastizität):** Die Fähigkeit sich plastisch zu verformen, ohne dabei zu reißen.

Einige dieser Eigenschaften lassen sich im Zugversuch messen. Die dabei aufgenommene Spannungs-Dehnungs-Kurve ermöglicht das Ermitteln der Fließgrenze ( $R_p$ ), der Zugfestigkeit ( $R_m$ ) und der Bruchdehnung (A). Diese Kurve lässt also die Leistungsfähigkeit des Metalls bei unterschiedlichen Lasten erkennen.



Die Zugfestigkeit wird in MPa gemessen [1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> = 145 psi = 0,1 kg/mm<sup>2</sup>]; es ist der maximale Widerstand vor dem Versagen. Die Fließ- oder Streckgrenze markiert den Beginn der plastischen Phase, ab dort geht die Dehnung nach Entlastung nicht wieder zurück.

Die Spannungs-Dehnungs-Kurven zeigen, dass die ferritische Güte 1.4016 (430) zwar ihre Grenzen hat, dass sie aber innerhalb dieser Grenzen außerordentlich leistungsfähig ist.



*„... ihre Dehnungs- und Umformeneigenschaften entsprechen denen von Kohlenstoffstählen.“*

Die Spannungs-Dehnungs-Kurven ferritischer nichtrostender Stähle ähneln denen von unlegierten Kohlenstoffstählen. Mit mäßig hoher Fließgrenze (im Allgemeinen höher als die von Austeniten), mäßig hoher Zugfestigkeit und einem hohen Bruchdehnungswert bieten sie gute Formbarkeit.

MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN (KALTGEWALZT)												
ASTM A 240				JIS G 4305				EN 10088-2				
	R <sub>m</sub> min	R <sub>p0,2</sub> min	A <sub>5</sub> min		R <sub>m</sub> min	R <sub>p0,2</sub> min	A <sub>5</sub> min			R <sub>m</sub>	R <sub>p0,2</sub> min	A <sub>50</sub> min
409	380	170	20	--	--	--	--	X2CrTi12	1.4512	380-560	220	25
410S	415	205	22	SUS 410	440	205	20	X2CrNi12	1.4003	450-650	320	20
430	450	205	22	SUS 430	420	205	22	X6Cr17	1.4016	450-600	280	18
434	450	240	22	SUS 434	450	205	22	X6CrMo17-1	1.4113	450-630	280	18
436	450	240	22	SUS 436	410	245	20	X6CrMoNb17-1	1.4526	480-560	300	25
439	415	205	22	--	--	--	--	X2CrTi17	1.4520	380-530	200	24
439	415	205	22	--	--	--	--	X2CrTi17	1.4510	420-600	240	23
441	415	205	22	--	--	--	--	X2CrMoNb18	1.4509	430-630	250	18
S44400 [444]	415	275	20	SUS 444	410	245	20	X2CrMoTi18-2	1.4521	420-640	320	20
304	515	205	40	SUS 304	520	205	40	X5CrNi1-80	1.4301	540-750	230	45

Die obige Tabelle gibt Eigenschaften gemäß US-amerikanischen, japanischen und europäischen Normen wieder; dabei sind ferritische Güten dem Standardaustenit 1.4301 (304) gegenübergestellt. R<sub>m</sub> = Zugfestigkeit, R<sub>p0,2</sub> = Fließgrenze und A<sub>5</sub>/A<sub>50</sub> = Bruchdehnung..



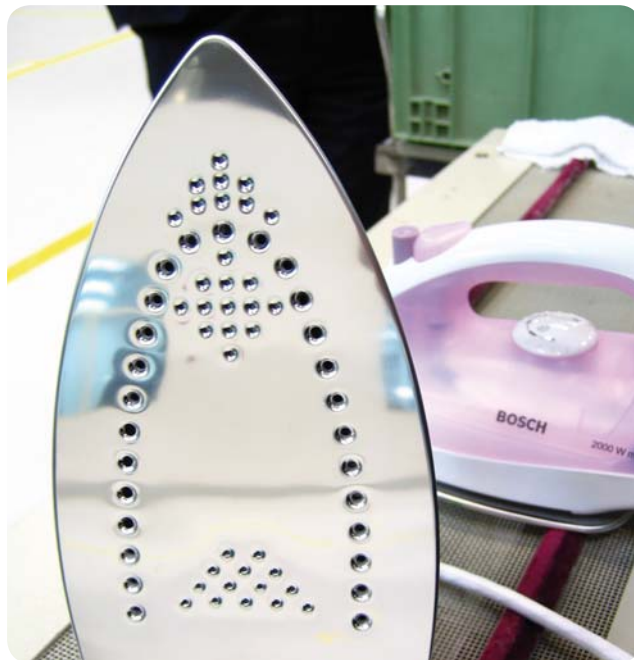
Innenrohr eines Boilers aus 1.4521 [444], Südkorea.

## PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN

Die physikalischen Eigenschaften einer Metalllegierung betreffen die Fähigkeit des Materials, Wärme oder elektrischen Strom zu leiten, sich auszudehnen oder zu schrumpfen etc.

Ferrite sind magnetisch. Außerdem haben sie gegenüber Austeniten noch einige andere nützliche Vorteile. Beispielsweise ist ihre Wärmeleitfähigkeit bemerkenswert hoch. Dies bedeutet, dass sie Wärme sehr wirksam verteilen, was sie sehr geeignet für Anwendungen wie Bügeleisen oder Wärmetauscher (Rohre oder Platten) macht.

Der Wärmeausdehnungskoeffizient ferritischer nichtrostender Stähle liegt in derselben Größenordnung wie der von Kohlenstoffstählen; er ist viel kleiner als der von austenitischen nichtrostenden Stählen. Das hat zur Folge, dass Ferrite sich bei Erwärmung weniger stark verziehen.



Bügelensohle aus 1.4016 [430] (poliert).

PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN							
Nichtrostende Stahlgüte	Dichte g/cm <sup>3</sup>	Elektrischer Widerstand Ω • mm <sup>2</sup> /m	Spezifische Wärmekapazität 0 bis 100 °C J/kg • °C	Wärmeleitfähigkeit 100 °C W/m • °C	Wärmeausdehnungskoeffizient		E-Modul x10 N/mm <sup>2</sup>
					0 bis 200 °C 10 <sup>-4</sup> /°C	0 bis 600 °C 10 <sup>-4</sup> /°C	
409/410 10%-14% Cr	7.7	0.58	460	28	11	12	220
430 14%-17% Cr	7.7	0.60	460	26	10.5	11.5	220
Stabilisiert 1.4510 [439], 1.4520 [430Ti], 1.4509 [441]	7.7	0.60	460	26	10.5	11.5	220
Mo > 0.5% 1.4113 [434], 1.4526 [436], 1.4521 [444]	7.7	0.60	460	26	10.5	11.5	220
Weitere 17%-30% Cr	7.7	0.62	460	25	10.0	11.0	220
304	7.9	0.72	500	15	16	18	200
Kohlenstoffstähle	7.7	0.22	460	50	12	14	215

Der Elastizitätsmodul ferritischer Güten (bei 20 °C) ist höher als der des Austenits 1.4301 (304). SI-Einheiten: g/cm<sup>3</sup> = kg/dm<sup>3</sup> - J/kg • °C = J/kg • K - W/m • °C = W/m • K - 10<sup>-4</sup>/°C = 10<sup>-4</sup>/K - N/mm<sup>2</sup> = MPa.



FERRITISCHE  
NICHTROSTENDE  
STÄHLE MIT NIEDRIGEM  
CHROMGEHALT  
SIND BELASTBAR WIE  
KOHLENSTOFFSTAHL,  
ABER OBENDREIN NOCH  
KORROSIONSBESTÄNDIG. AUS  
FERRITEN GEFERTIGTE ERZWAGGONS  
BIETEN SOMIT NIEDRIGE  
LEBENSDAUERGESAMTKOSTEN.





OPTISCHE UND HYGIENISCHE  
GESICHTSPUNKTE MACHEN  
FERRITE ZUM IDEALEN MATERIAL  
FÜR GASKOCHFELDER.

## ZHANG SEN

EINKAUFSLEITER FÜR NICHTROSTENDEN STAHL, QINGDAO HAIER  
INTERNATIONAL TRADING CO. LTD., VOLKSREPUBLIK CHINA

„Als einer der weltweit führenden Hersteller von Haushaltsgeräten des Weiße-Ware-Segments setzt der Haier-Konzern Ferrite für viele unterschiedliche Produkte ein; dazu zählen Waschmaschinen, Spülmaschinen, Gasherde, Dunstabzugshauben für Küchen sowie Mikrowellenöfen. Wir haben schon vor 2000 begonnen jene Güten zu verwenden. Heute verarbeiten wir circa 14.500 t Ferrite pro Jahr, was etwa 85 % unseres Gesamtverbrauchs an nichtrostendem Stahl entspricht. Ferritische Güten sind preisgünstiger als austenitische und für die genannten Anwendungen ideal geeignet.“



Im Vergleich zum Austenit 1.4301 (304) erfüllen die Standardferrite weder die Tiefziehenanforderungen aller Teile noch zeigen sie in chloridhaltigen Umgebungen eine ebenso gute Korrosionsbeständigkeit; sie haben auch nicht dieselben Schweiß Eigenschaften. Dennoch sind sie ausgezeichnete Werkstoffe für Haushaltsgeräte, und was die Fertigung betrifft, besitzen die von uns verwendeten entsprechend abgestimmten Güten gute Stanz- und Zieheigenschaften. Wir sind also mit den Ferriten sehr zufrieden.

Wegen der irrwitzig steigenden Nickelpreise sind unsere Einkaufskosten für nichtrostenden Stahl kräftig gestiegen. Durch das Ersetzen von Austeniten durch Ferrite sinken nicht nur unsere Rohmaterialkosten, sondern es werden obendrein Ressourcen gespart und unsere Umwelt geschont.

Ich würde so weit gehen zu sagen, dass die Austenite zwar heute den Markt für nichtrostende Stähle dominieren, dass aber die Zukunft dieses Markts bei den Ferriten liegt.“

# Das Umformen ferritischer nichtrostender Stähle

**Dank ihrer guten Umformeigenschaften können sich ferritische nichtrostende Stähle den Herausforderungen komplexer, dreidimensionaler Produktdesigns stellen.**

Da sich die Verwendung ferritischer Güten für aufwendige Produktdesigns nicht negativ auf Korrosionsbeständigkeit, Hitzebeständigkeit und Aussehen auswirkt, sind diese Stähle oftmals die richtige Wahl für Investitions- und Konsumgüter.

**“...einige ferritische Güten besitzen ausgezeichnete Tiefziehleistungsmerkmale.”**



Ober- und Unterseiten von Boilern aus 1.4509 (A41), Prestelle, Sudafrika.

Kaltumformprozesse verändern die Gestalt von Band oder Blech indem sie sie zum plastischen Fließen bringen. Der Umformprozess umfasst eine komplexe Mischung aus Zug- und Druckbelastungen durch Kombination von Streck- und Tiefziehvorgängen.

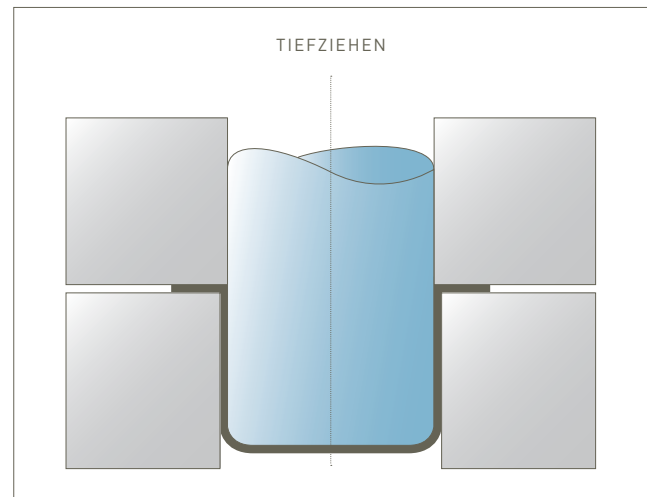
Obwohl die Umformbarkeit austenitischer Güten insgesamt besser ist als die der Ferrite, besitzen einige ferritische Güten (vor allem die titanstabilisierten Ferrite mit 17 % Chrom) ausgezeichnete Tiefziehleistungsmerkmale.

## TIEFZIEHEN VON FERRITEN

Tiefziehen ist das meist angewendete Verfahren zum Formen hohler Objekte aus einem ebenen Blechzuschnitt oder „Platine“. Das gute Tiefziehverhalten zusammen mit einem ansehnlichen Preisvorteil kann ferritische nichtrostende Stähle zur optimalen Wahl machen.

## WIE TIEFZIEHEN ABLÄUFT

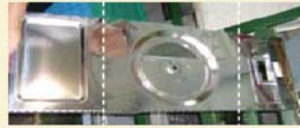
Beim Tiefziehen wird ein ebener Zuschnitt dadurch umgeformt, dass ein Stempel diesen durch einen Ziehring hindurchdrückt. Das Material wird nach innen gezogen, wobei es zwischen Ziehring und Niederhalter gleitet und die Wände (Zarge) des Ziehteils bildet. Die Blechdicke wird dabei nur wenig verändert, da das Material von der Seite her nachfließt.



Beim Umformen unterscheidet man „Tiefziehen“ und „Streckziehen“, bei letzterem wird die Platine vom Niederhalter festgehalten.



Spülbecken aus 1.4016 (A30), Japan.



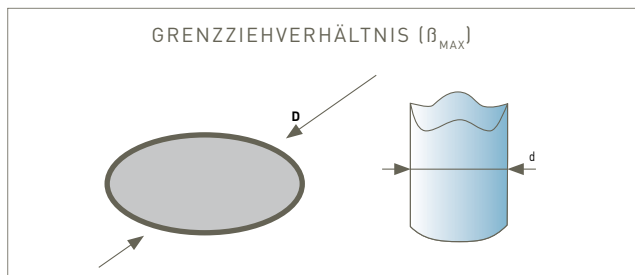
Mikrowellenöfen aus blankgeglühtem 1.4016 (430), Südkorea.

## ERFOLGREICHES ZIEHEN

- Keine Risse
- Ausgezeichnetes Oberflächenaussehen
- Minimaler Materialverbrauch
- Hohe Fertigungsproduktivität
- Geringer Werkzeugverschleiß

### DAS GRENZZIEHVERHÄLTNIS

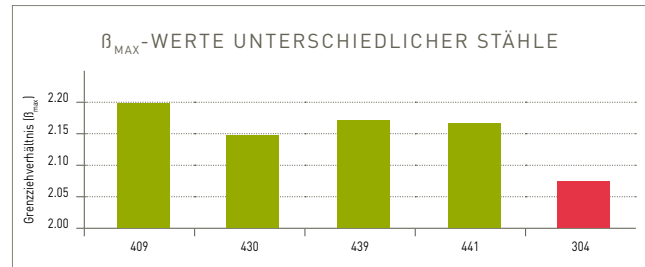
Das Grenzziehverhältnis  $\beta_{max}$  (engl.: limited drawing ratio LDR) beschreibt die Tiefziehbarkeit.



Das Grenzziehverhältnis ist der größtmöglich ziehbare Rondendurchmesser ( $D_{max}$ ) im Verhältnis zum Stempeldurchmesser  $d$ .  $\beta_{max} = D_{max} / d$ .

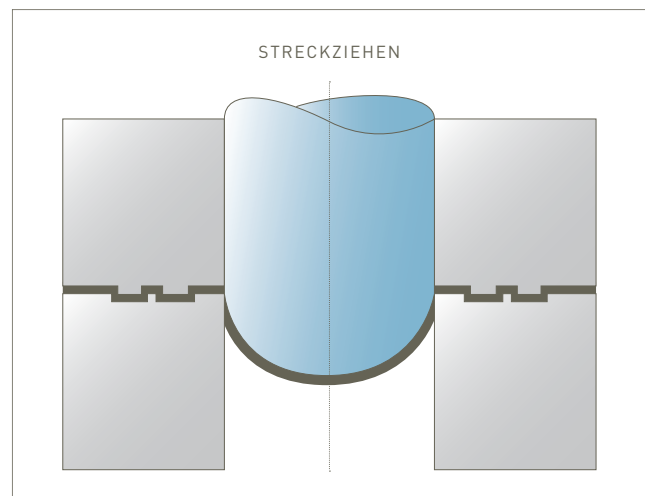
*„Ferrite haben höhere  $\beta_{max}$ -Werte als Austenite, was sie zum Tiefziehen besonders geeignet macht.“*

Ferrite haben höhere  $\beta_{max}$ -Werte als Austenite, was sie zum Tiefziehen besonders geeignet macht.



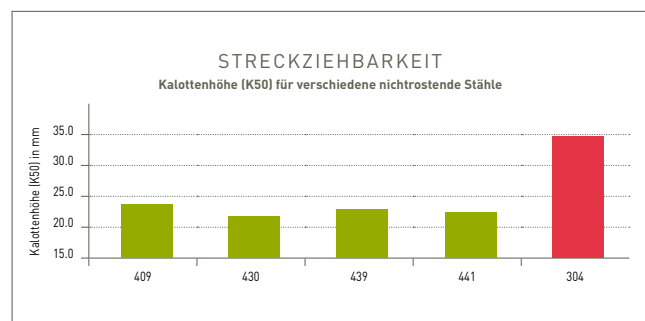
### STRECKZIEHEN VON FERRITEN

Ferritische Güten sind beim reinen Streckziehen den Austeniten unterlegen.



Beim Streckziehen wird das Werkstück im gezogenen Bereich dünner.

Die folgende Tabelle vergleicht die Streckziehbarkeit verschiedener Stähle. „Kalottenhöhe“ bezieht sich auf die beim Strecken einer Platine maximal mögliche Umformung bevor das Material plastisch instabil wird und schließlich reißt.

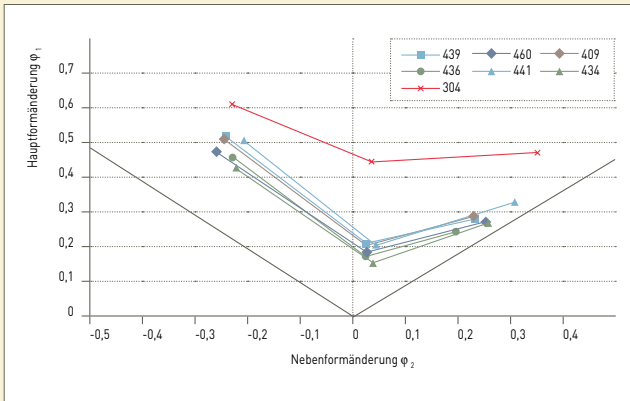




## GRENZFORMÄNDERUNGSKURVEN

Umformprozesse, wie sie in der industriellen Praxis vorkommen, beinhalten eine Kombination von reinen Tiefzieh- und Streckziehbeanspruchungen, entweder als Überlagerung oder als Folge.

Sowohl für Tiefzieh- wie für Streckziehvorgänge geben Grenzformänderungskurven (FLCs, forming limit curves) Auskunft über die maximal mögliche Umformung vor dem Versagen. Solche Kurven sind für nichtrostende Standardstähle ermittelt worden und dienen zur Analyse eines Umformprozesses.



Werkstoffbezogen wird die Formänderung in Hauptspannungsrichtung (längs) über die Formänderung in Nebenspannungsrichtung (quer) aufgetragen. Die ermittelten Grenzformänderungskurven zeigen die Auswirkungen verschiedener Kombinationen dieser beiden Formänderungen bis zum Versagen. Je höher die Kurve eines Materials liegt, umso besser ist sein Umformverhalten.

## UMFORMVERHALTEN VON FERRITEN

Prinzipiell zeigen ferritische nichtrostende Stähle und hochfeste Kohlenstoffstähle ein ähnliches Kaltverfestigungs- und Dehnungsverhalten; austenitische Stähle verhalten sich anders.

Design-, Fertigungs- und Verarbeitungsparameter sowie die Materialeigenschaften von ferritischen Güten müssen zusammen betrachtet werden, um beim Umformen das Bestmögliche herauszuholen.



Katalysatorgehäuse aus 1.4507 (441), Pressteil.

*„Die titanstabilisierte Güte 1.4520 (430 Ti) wird oft als Ersatz für einen Austenit gewählt, wenn Tiefziehen erfolgen soll.“*

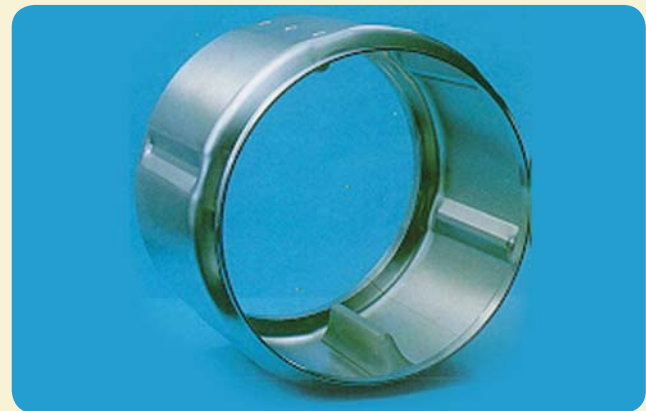
## ZUGRILLIGKEIT

Ferritische Güten neigen nach bestimmten Umformvorgängen zu einer Oberflächenerscheinung, die als Zugrilligkeit („ridging“ und „roping“) bekannt ist.



Mit und ohne Oberflächenfehler.

Dieser Fehler offenbart sich als eine Reihe von parallel zur Blechwalzrichtung verlaufenden Linien oder Rillen. Zugrilligkeit beschreibt das Gesamtprofil der umgeformten Oberfläche und umfasst sowohl die mikrostrukturellen Veränderungen als auch die durch die Umformung hervorgerufene Welligkeit.



Trocknertrichter, geschweißtes Blech aus 1.4512 (409), expandiert.

Das Zulegen eines Stabilisierungselements wie z. B. Titan bringt hier Verbesserungen. Die titanstabilisierte Güte 1.4520 (430 Ti) liefert bemerkenswerte Umformergebnisse und wird deshalb oft als Ersatz für einen Austenit gewählt, wenn Tiefziehen erfolgen soll.



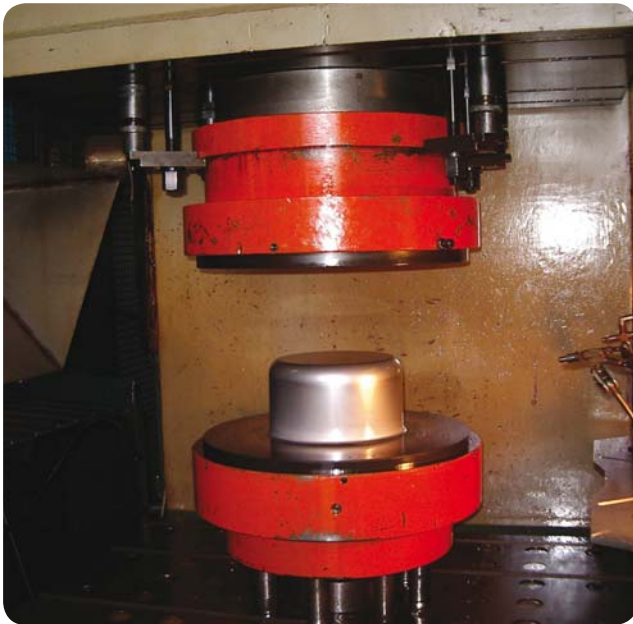
Krümmer aus 1.4509 (441), Pressteil.

## SCHMIERUNG

Für erfolgreiches Umformen ist eine gute Schmierung von Platine und Werkzeugen sehr wichtig, um unschöne Oberflächenveränderungen zu vermeiden und um ein für die Lebensdauer der Werkzeuge nachteiliges Kleben zu verhindern. Bei ferritischen nichtrostenden Stählen, die mit einer blanken, glatten Oberfläche geliefert werden, kann man ein hochviskoses Schmiermittel verwenden. Für nichtrostende Stähle verwendete Schmiermittel sind hoch druckfeste Spezialöle mit wenig oder keinem Chloranteil. Wenn man sie gleichmäßig auf die Platine aufbringt, lassen sie sich nach dem Ziehen leicht vom Umformteil aus nichtrostendem Stahl entfernen.

## WERKZEUGE

Der Einsatz geeigneter Werkzeuge ist äußerst wichtig, denn sie haben maßgeblichen Einfluss auf die Reibungsverhältnisse und deshalb auf das Fließen des Metalls während des Umformens. In besonderen Fällen können Werkzeuge (Form und Matrize) aus Kupfer, Eisen oder Aluminiumbronze benutzt werden.



Um die Lebensdauer der Werkzeuge zu erhöhen, können sie eine Oberflächenbehandlung wie etwa eine TiCN-Beschichtung erhalten. Niederhalter und Matrize müssen sorgfältig poliert sein. Der Stempel kann rau bleiben.

**„Bei nichtrostenden Stählen benutzte Schmiermittel lassen sich nach dem Umformen leicht vom Werkstück entfernen.“**

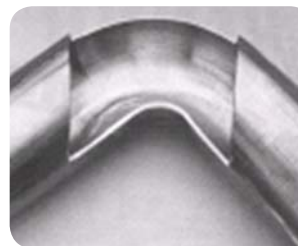
## UMFORMEIGENSCHAFTEN DER WICHTIGSTEN STAHLGRUPPEN

Die untenstehende Tabelle vergleicht die Umformeigenschaften ferritischer nichtrostender Stähle (die eine bestimmte Atomstruktur und deswegen ein besonderes Verhalten haben) mit denen von Kohlenstoffstahl und von austenitischen nichtrostenden Güten. Dabei werden Standardkriterien zur Beschreibung des Umformverhaltens zugrunde gelegt. „krz“ (kubisch raumzentriert, body-centred cubic) und „kfz“ (kubisch flächenzentriert, face-centred cubic) beziehen sich auf die Atomstruktur des jeweiligen Stahltyps.



Geschweißte und gebogene Rohre eines Krümmers aus 1.4519 (441).

	Kohlenstoffstahl	Ferritischer nichtrostender Stahl	Austenitischer nichtrostender Stahl
Atomstruktur	krz	krz	kfz
Kaltverfestigung	niedrig	niedrig	hoch
Rückfederung	niedrig	niedrig	hoch
Tiefziehen	ausgezeichnet	gut	gut
Streckziehen	gut	gut	ausgezeichnet
Zugrilligkeit	nein	möglich	nein



Biegen eines geschweißten Rohrs aus 1.4520 (430Ti).



Gewellte und gerippte Wärmetauscherrohre aus 1.4510 (431), geschweißt.



Hydrogeformtes geschweißtes Rohr (1.4003).



Umgeformte Schweißverbindung (1.4003).



## EINSATZFELDER FÜR FERRITE

Die Tabellen und Kurven zeigen zwar, dass Austenite vor allem hinsichtlich der Umformbarkeit von überlegener Qualität sind, doch ist der Preisvorteil der Ferrite so groß, dass Überlegungen zum Einsatz von ferritischen Güten oftmals sehr lohnend sein können. Insbesondere wenn man Tiefziehen bevorzugt, ergeben sich beachtlich viele Einsatzmöglichkeiten für ferritische Qualitäten. Tatsächlich verhalten sich Ferrite in bestimmten Fällen, etwa hinsichtlich Tiefziehen oder Rückfederung, besser als Austenite.

Anwender sollten die technischen Fragen bezüglich des Einsatzes ferritischer Güten mit einem renommierten Materiallieferanten gründlich diskutieren. Mit den Erfahrungen der Hersteller von nichtrostenden

Stählen kann den Anwendern bei der Suche nach ferritischen Alternativen geholfen werden und es wird sichergestellt, dass für jede Anwendung die am besten geeignete Sorte gewählt wird.

*„... wenn man Tiefziehen bevorzugt,  
ergeben sich beachtlich  
viele Einsatzmöglichkeiten  
für ferritische Güten.“*





DURCH ZUNEHMEND STRENGERE  
UMWELTSCHUTZVORSCHRIFTEN PLUS  
TECHNISCHE UND WIRTSCHAFTLICHE  
NOTWENDIGKEITEN WURDEN  
FERRITE ZUM HAUPTWERKSTOFF  
FÜR AUSPUFFANLAGEN.

MEINUNGEN ÜBER FERRITISCHE STÄHLE

**BERNHARD BLAESER**

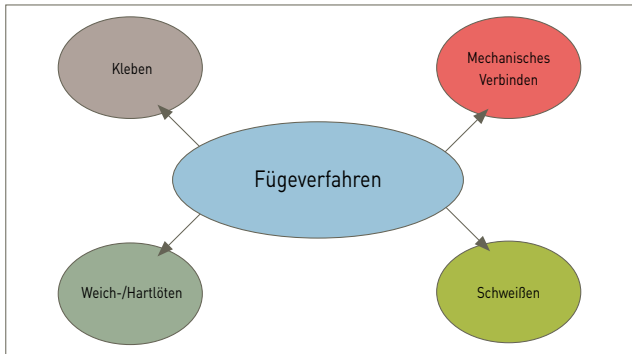
**GESCHÄFTSFÜHRER, MACADAMS BAKING SYSTEMS (PTY) LTD,  
SÜDAFRIKA**

„Mein Unternehmen stellt Backöfen und Gärautomaten her. Wegen des erheblichen Anstiegs der Austenitpreise in jüngster Vergangenheit haben sich viele in meiner Branche von nichtrostenden Stählen völlig abgewendet oder sind dabei dies zu tun. Das ist insbesondere bei Anwendungen ohne hohe Wärmebelastung der Fall, z. B. bei den äußeren Verkleidungen von Öfen und anderen nicht in direkten Kontakt mit Lebensmitteln kommenden Backeinrichtungen. Da die Preise für Ferrite bislang nicht so stark angestiegen sind, besteht die Möglichkeit, Ferrite als Ersatzmaterial einzusetzen. Also ist es wichtig, dass Hersteller einen Wechsel von Austeniten zu Ferriten in Betracht ziehen, statt völlig auf nichtrostenden Stahl zu verzichten.“



# Fügen von ferritischen Güten

*Ferrite sind für sämtliche bei nichtrostenden Stählen üblichen Fügeverfahren gut geeignet.*



- **Schweißen:** Vollständiges Verbinden von zwei oder mehr Teilen durch Aufschmelzen und Wiedererstarrung von Grund- und Zusatzwerkstoff.
- **Weichlöten:** Verbinden metallischer Werkstoffe mit Hilfe eines geschmolzenen Zusatzmetalls (Lotes) dessen Schmelzpunkt unter 450 °C liegt; die zu verbindenden Teile werden nicht aufgeschmolzen.
- **Hartlöten:** Wie Weichlöten, aber bei Temperaturen oberhalb von 450 °C.
- **Mechanisches Verbinden:** Clinchen (Durchsetzfügen), Falzen, Nieten und Verbinden mit Hilfe von mechanischen Befestigungselementen.
- **Kleben:** Zusammenpressen gereinigter Flächen nach Aufbringen eines Klebemittels, welches die Verbindung mit Hilfe von Sauerstoff, Wasser oder einer chemischen Reaktion bewirkt.

*“Wenn es ums Schweißen geht, haben ferritische Güten gegenüber den Austeniten einige nützliche Vorteile...”*

## SCHWEISSEN

Von den vielen für Kohlenstoffstähle entwickelten Schweißverfahren, die theoretisch auch für nichtrostende Stähle benutzt werden können, sind nur wenige wirklich für diese Werkstoffe geeignet und haben sich deshalb bewährt: Lichtbogen-, Widerstands-, Elektronenstrahl-, Laserstrahl- und Reibschweißen.

Schweißen ist das effizienteste und kostengünstigste Verfahren zum Verbinden von Metallen. Schweißen ermöglicht Konstruktionen mit geringerem Gewicht (durch optimierten Materialeinsatz), verbindet alle häufig verwendeten Metalle und ermöglicht Designvielfalt.

Die Schweißeigenschaften von nichtrostenden Stählen hängen von der chemischen Zusammensetzung, der Atomstruktur und den physikalischen Eigenschaften ab. Ferritische Güten haben gegenüber austenitischen einige für das Schweißen nützliche Vorteile: sie haben eine geringere Wärmeausdehnung, einen geringeren elektrischen Widerstand und eine höhere Wärmeleitfähigkeit.

## STABILISIERTE UND UNSTABILISIERTE FERRITISCHE GÜTEN

Im Schnitt sind ferritische nichtrostende Stähle weniger anfällig für durch das Schweißen hervorgerufene interkristalline Korrosion als austenitische.



Dies gilt besonders für stabilisierte Ferrite, die starke Karbidbildner wie Titan (Ti) oder Niob (Nb) enthalten. Während des Schweißens binden diese Elemente den Kohlenstoff und hindern ihn daran, sich mit Chrom zu Chromkarbid zu verbinden. Dadurch wird eine andernfalls eintretende Chromverarmung an den Korngrenzen vermieden, weswegen stabilisierte ferritische Güten praktisch immun gegen interkristalline Korrosion sind.

Um eine vollständige Stabilisierung sicherzustellen, muss der Titangehalt fünfmal höher sein als der Kohlenstoffgehalt, oder der Gesamtgehalt an Nb plus Ti dreimal so hoch wie der Kohlenstoffgehalt. Manchmal ist es empfehlenswert Stickstoff zuzulegieren, um das Korn in der Wärmeeinflusszone feiner zu machen.

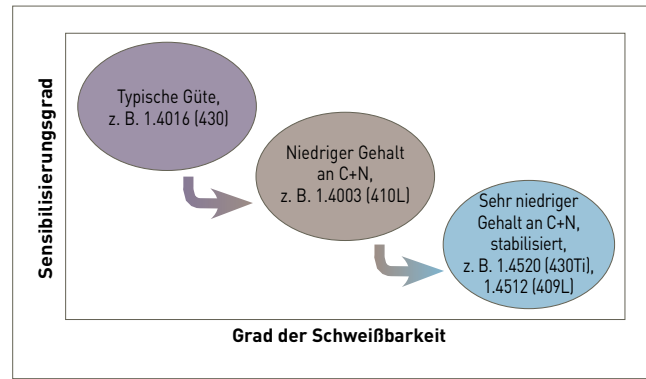
Unstabilisierte ferritische Güten enthalten weder Ti noch Nb und können deshalb wegen Chromkarbidbildung für interkristalline Korrosion in der Wärmeeinflusszone anfällig sein. Dieser Effekt wird als „Sensibilisierung“ bezeichnet; seine Ausprägung hängt hauptsächlich vom Kohlenstoffgehalt ab.

Die Korrosionsbeständigkeit sensibilisierter Stähle lässt sich allerdings durch Glühen im Temperaturbereich von 600 bis 800 °C wiederherstellen.



Geschweißtes Abgassystem aus 1.4510 [439], S. Korea.

**„... stabilisierte ferritische Güten sind praktisch immun gegen interkristalline Korrosion.“**



### ÜBERLEGIERTE SCHWEISSZUSÄTZE

Um sicherzustellen, dass eine Schweißverbindung korrosionsbeständig sein wird, sollte ein ferritischer Schweißzusatz verwendet werden, dessen Anteile an den Legierungselementen Cr, Mo, Ti und/oder Nb im Vergleich zum Grundmetall leicht erhöht ist. Grund dafür ist, dass das Erhitzen tendenziell zu einem Verlust an Chrom in der Schweißzone führt. Alternativ kann man einen austenitischen Schweißzusatz mit erhöhten Cr- und Mo-Anteilen verwenden.



Geschweißter Tank aus 1.4521 [444], Europa.

### SCHUTZGASE

Mit ihrem hohen Chromgehalt sind nichtrostende Stähle im schmelzflüssigen Zustand sehr oxidationsfreudig. Wenn sie während des Schweißvorgangs nicht vor Luftzutritt geschützt werden, entstehen Oxide, mit der Konsequenz, dass nicht mehr genügend Chrom zum Schutz vor Korrosion zur Verfügung steht. Eine nicht einwandfreie Schweißverbindung mit verringerter Korrosionsbeständigkeit wäre die Folge. Einen Schutz der Schweißverbindung und der angrenzenden Bereiche erreicht man üblicherweise durch die Verwendung von Schutzgas. Dieses Schutzgas kann reines Argon (Ar) oder Helium (He) sein, oder eine Mischung aus beiden.

Beim Schweißen von Ferriten sollte das Schutzgas reines Argon oder eine Argon/Helium-Mischung sein. Argon/Wasserstoff-Mischungen, wie sie oft für austenitische Güten benutzt werden, führen bei ferritischen Güten zu einer Wasserstoffversprödung der Schweißverbindung. Argon ist das meistverwendete Wurzelschutzgas (schützt die Schweißzone von der Rückseite des Werkstücks her). Stickstoff darf bei Ferriten nicht verwendet werden.

### PROBLEMVERFOLGUNG BEIM SCHWEISSEN VON FERRITEN

Außer den oben aufgeführten Risiken gibt es auch noch das Risiko der Versprödung durch Phasenbildung und Kornvergrößerung bei hohen Temperaturen. Geeignete Abhilfemaßnahmen sind in der nachfolgenden Tabelle angegeben.



## SCHWEISSEN FERRITISCHER STÄHLE: ABHILFE

Gruppe nichtrostender Stähle	Besonderes Merkmal	Auswirkung	Ursache	Wie zu vermeiden
Unstabilisierte Güten	Sensibilisierung	Schlechte Korrosionsbeständigkeit in der Schweißzone	Cr-Karbid-Ausscheidung auf den Korngrenzen	Glühen bei 600 bis 800 °C
Stabilisierte Güten	Kornwachstum	Schlechte Zähigkeit in der Schweißzone	Übermäßiges Kornwachstum wegen hoher Temperaturen	Minimierung der Wärmezufuhr beim Schweißen
Hoch-Cr/Mo-haltige Güten	475-°C-Versprödung	Versprödung bei 400 bis 500 °C	Entmischung des Ferrits in eine eisenreiche und eine chromreiche Komponente	Wiedererwärmen auf 600 °C gefolgt von rascher Abkühlung
Hoch-Cr/Mo-haltige Güten	Sigmaphasen-Versprödung	Versprödung bei 550 bis 800 °C	Bildung einer FeCr-Verbindung (Sigmaphase)	Wiedererwärmen auf 800 °C gefolgt von rascher Abkühlung
Unstabilisierte Güten	Martensitversprödung	Versprödung bei Güten mit niedrigem Cr- und hohem C-Gehalt	Martensitbildung durch rasche Abkühlung	Langes Glühen bei 600 bis 700 °C

## LICHTBOGENSCHWEISSEN

Lichtbogenschweißen ist das meistverwendete Schweißverfahren für ferritische Sorten.

### WIG (WOLFRAM-INERT-GAS)-SCHWEISSEN

Bei diesem Verfahren wird die zum Schmelzen des Metalls benötigte Energie von einem elektrischen Lichtbogen geliefert, der sich zwischen einer Wolframelektrode und dem Werkstück bildet.



Beschweißter Tank aus 1.4309 (441), Sudairika.

Nichtrostende Stähle werden stets bei Gleichspannung mit dem Minuspol an der Elektrode geschweißt, und zwar unter Schutzgas. Wenn ein Schweißzusatzwerkstoff verwendet wird, dann in Form einer nichtumhüllten Stabelektrode (beim Handschweißen) oder mit Blankdrahtelektrode (beim maschinellen Schweißen).



Rohrschweißanlage, Brasilien.

### MIG (METALL-INERT-GAS)-SCHWEISSEN

Anders als beim WIG-Schweißen wird beim MIG-Schweißen das Elektrodenmaterial verbraucht. Der Lichtbogen entsteht zwischen der abschmelzenden Drahtelektrode (aus Schweißzusatzmaterial) und dem Werkstück. Das Schutzgas wird über den Schweißbrenner zugeführt und umgibt den Draht. Normalerweise handelt es sich um Argon mit 2 bis 3 % Sauerstoff, doch können bei bestimmten Schweißungen auch aufwendigere Mischungen verwendet werden.

Da die Schweißnaht hauptsächlich aus dem Schweißzusatzwerkstoff besteht, ist es wichtig, dass die Zusammensetzung des Schweißzusatzwerkstoffes den Einbrand und die Fließfähigkeit fördert.

Dieses Verfahren ist sehr produktiv, aber schwieriger auszuführen als das WIG-Verfahren; bei richtiger Durchführung sind die Ergebnisse allerdings viel versprechend.

### WIDERSTANDSSCHWEISSEN

Beim Widerstandsschweißen durchfließt ein elektrischer Strom die beiden zu verbindenden Teile; das Verschweißen wird dann durch die Widerstandserwärmung bewirkt.



Beschweißter Konstruktionsrahmen aus 1.4003 (410).

Es gibt mehrere Widerstandsschweißverfahren; die gängigsten sind das Punktschweißen und das Nahtschweißen. Die hauptsächlichen Vorteile sind wie folgt:

- Nur leichte Gefügeveränderungen in der Wärmeeinflusszone (WEZ);
- Praktisch keine Oberflächenoxidation, wenn die Bleche richtig gekühlt werden;
- Sehr geringer Blechverzug nach dem Schweißen;
- Die Wärmeumformung des Materials während des Schweißvorgangs bewirkt ein feinkörniges Schmetzgefüge mit guten mechanischen Eigenschaften, was besonders beim Verbinden ferritischer Stähle von Vorteil ist.

Verglichen mit den Anforderungen von unlegiertem Stahl liegen die Hauptunterschiede bei den Prozessparametern in den niedrigeren und genauer eingestellten Schweißströmen (wegen der geringeren elektrischen und thermischen Leitfähigkeit) und in den größeren Elektrodenkräften.

## ANDERE VERFAHREN

Weitere bei ferritischen nichtrostenden Stählen angewendete Schweißverfahren sind das Elektronenstrahl- und Laserstrahlverfahren sowie das Reibschweißen.

## WEICH- UND HARTLÖTEN

Weich- und Hartlöten sind Verfahren zum Verbinden metallischer Teile im festen Aggregatzustand mit Hilfe eines Zusatzwerkstoffes, dessen Schmelzpunkt deutlich unter dem des Grundmetalls liegt. Beim Weichlöten verwendet man als Zusatzwerkstoff weiche Legierungen mit Schmelzpunkten unterhalb von 450 °C, beim Hartlöten wählt man härtere Legierungen mit höheren Schmelzpunkten.



Weichlöten einer verzinneten Rinne aus 1.4520 (430Ti).

Diese Verbindungstechniken bieten folgende praktische Vorteile:

- Es wird nur eine Wärmequelle für relativ niedrige Temperaturen benötigt.
- Die Verbindungen können dauerhaft oder temporär sein.
- Es können ungleichartige Metalle verbunden werden.
- Erhitzen und Abkühlen erfolgen langsam.
- Es können Teile unterschiedlicher Dicke miteinander verbunden werden.
- Eine Neuausrichtung ist einfach möglich.
- Es wird weniger Wärmeenergie als beim Schweißen benötigt.

Bei der Entscheidung darüber, ob eine bestimmte Verbindung durch Weich- oder durch Hartlöten hergestellt werden soll, sollte die für die Verbindung erforderliche Festigkeit gründlich und genau geprüft werden.

In jedem Fall ist es wichtig eine sehr gute Benetzung der beiden zu verbindenden Teile durch das schmelzflüssige Lot sicherzustellen.

Zur Sensibilisierung kommt es bei unstabilisierten Güten leichter als bei stabilisierten.



Vor und nach dem Beizen.



Hartlöten geschweißter Röhre aus 1.4509 (44Ti).

## BEIZEN, PASSIVIEREN UND DEKONTAMINIEREN

Die durch Schweißen entstandene leichte Verfärbung sollte mechanisch oder durch Beizen beseitigt werden.

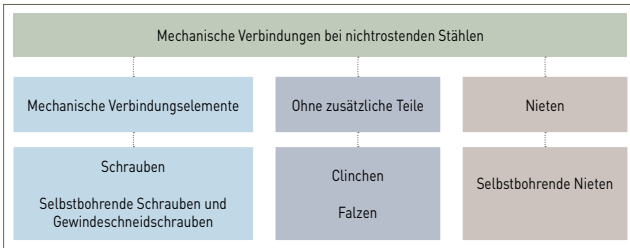
Zum Beizen kann man eine Lösung aus 10 %  $\text{HNO}_3$  und 2 % HF oder speziell für Schweißstellen bestimmte Beizpasten verwenden.

Nach dem Beizen kann eine Passivierungs- und Dekontaminierungsbehandlung durchgeführt werden – zur Unterstützung der Neubildung der Passivschicht (siehe S. 59) und um organisch-metallische Reste (eisenhaltige Partikel) zu entfernen. Dazu wird das geschweißte Teil in ein Bad aus kalter 20- bis 30%iger Salpetersäure getaucht.

Eine lokale Passivierung von Schweißzonen lässt sich auch mit Hilfe von speziellen Passivierungspasten durchführen.

## MECHANISCHES VERBINDEN

Die bei Kohlenstoffstählen angewandten mechanischen Verbindungsverfahren lassen sich ebenso erfolgreich bei nichtrostenden Stählen anwenden.



Mechanisches Verbinden hat folgende Vorteile:

- Es können auch ungleichartige Materialien problemlos verbunden werden.
- Es gibt keine Wärmeinflusszone (WEZ).
- Es können Teile unterschiedlicher Dicke miteinander verbunden werden.
- Es entsteht kein Wärmeverzug.

Man sollte jedoch die Tatsache berücksichtigen, dass die mechanischen Eigenschaften mechanischer Verbindungen gewisse Schwachpunkte aufweisen können, weil die miteinander verbundenen Teile nicht vollständig „vereinigt“ sind. Außerdem kann das Verbindungsverfahren den freien Zugang von zwei Seiten erfordern.

Wichtig ist sicherzustellen, dass die sich berührenden Flächen keinesfalls ein galvanisches Element bilden und dadurch Korrosion auslösen. Um diese Gefahr zu vermeiden, sollten die zu verbindenden Teile möglichst aus gleichen oder gleichwertigen nichtrostenden Stählen bestehen. Natürlich sollten auch alle Schrauben, Bolzen, Muttern und Nieten aus nichtrostendem Stahl bestehen.

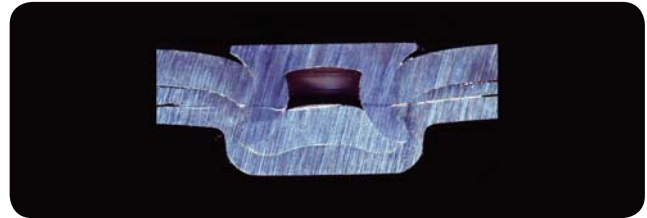
## VERSCHRAUBEN

Schrauben und Bolzen sind in allen gängigen nichtrostenden Stählen erhältlich. Während ferritische Güten mit 17 % Cr am besten für nur mäßig aggressive Umgebungen geeignet sind, verleiht ihnen ein Zusatz von 1 bis 1,5 % Molybdän Korrosionsbeständigkeit in chloridhaltigen Medien.



## NIETEN

Nieten wird stets bei Umgebungstemperatur durchgeführt, dabei verwendet man Niete mit einem Maximaldurchmesser von etwa 5 mm. Es wird dringend empfohlen, die Verbindungsstellen so zu konstruieren, dass die Niete auf Scherung statt auf Zug beansprucht werden.



Automatisches Nieten bei 1.4016 (A201), 1,5 mm.

## CLINCHEN

Dieses ziemlich junge Verbindungsverfahren kann problemlos bei nichtrostenden Stählen angewandt werden, da diese eine gute Formbarkeit (Duktilität) aufweisen. Da es sich hierbei um einen Kaltumformprozess handelt, entsteht weder eine Gefügeveränderung noch eine Oberflächenoxidation.

Weil die zu verbindenden Bleche sich überlappen müssen, wird das Clinchen üblicherweise mit Kleben kombiniert, wobei dann eine hermetisch dichte Verbindung ohne die Gefahr von Spaltkorrosion entsteht. Das Kleben bewirkt außerdem die Dämpfung möglicher Vibrationen.

## FALZEN

Bei diesem mechanischen Verfahren zum Verbinden von Blechen werden die Kanten von einem oder beiden Blechen in einem Winkel von 180° gebogen, um eine festsitzende Falznaht zu erhalten. Wie beim Clinchen können Teile unterschiedlicher Materialien miteinander verbunden werden, beispielsweise eine austenitische mit einer ferritischen Güte.

Mit diesem Verfahren lassen sich vollständig dichte Verbindungen herstellen; es wird bei der Fertigung von Haushaltsgeräten sehr oft angewendet.



Explosionsdarstellung des Inneren einer Waschmaschine.



## KLEBEN

Kleben kann zur Verstärkung mechanischer Verbindungen genutzt werden, es kann aber auch als alleinige Verbindungstechnik zum Fügen dünner Bleche aus nichtrostendem Stahl Anwendung finden.



Kleben von Dachrimmenelementen aus verzinnem 1.4520 [430 Ti]

Kleben beinhaltet folgende Vorteile:

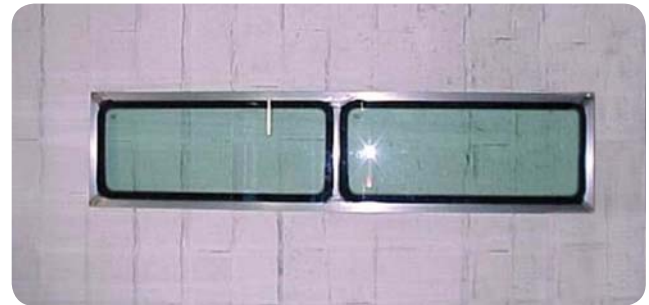
- Oberflächenaussehen, Form und Gefüge der verklebten Teile verändern sich nicht.
- Teile unterschiedlicher Art können auf einfache Weise und optisch ansprechend miteinander verbunden werden.
- Korrekt ausgeführte Verbindungen besitzen eine ausgezeichnete Dauerfestigkeit.
- Das Verfahren kann thermische, elektrische und akustische Isolierung verschaffen.
- Teile unterschiedlicher Dicke können miteinander verbunden werden.

Es muss allerdings beachtet werden, dass Klebeverbindungen oft nur Temperaturen bis maximal 200 °C vertragen und außerdem feuchtigkeitsempfindlich sind. Klebeverbindungen sind auch nicht so stark wie Schweiß- oder Hartlötverbindungen. Aus diesem Grund klebt man in der Regel überlappend, so dass sich aufgegebene Lasten auf eine nicht zu kleine Fläche konzentrieren und damit örtliche Spannungen minimiert werden.

Sehr gut möglich ist auch, dass eine glatte Edelstahloberfläche (insbesondere eine blankgeglühte Oberfläche) sich nicht gut zum Kleben eignet.

Die zu klebenden Flächen sollten aufgeraut, sorgfältig gereinigt und getrocknet und vorschriftsmäßig vorbereitet werden. Die wichtigste Voraussetzung für eine gute Klebeverbindung ist, dass die Kontaktflächen vom Kleber ausreichend und gleichmäßig benetzt werden.

Ein Beispiel für Klebeverbindungen stammt von den Herstellern von Autobussen und Bahnwaggons: Auf einen Karosserierahmen, oft aus dem ferritischen nichtrostenden Stahl 1.4003 (410), wird eine Außenhaut aus Blechen und/oder Glas geklebt. Dadurch wird Gewicht eingespart und die Lebensdauer erhöht.



Glasfenster in einem Rohrahmen aus 1.4003 (410) verklebt.









## NICK MCDONALD

MARKETINGMANAGER, LINCAT LIMITED,  
LINCOLN, GROSSBRITANNIEN

„Lincat wurde 1971 gegründet und ist seit 36 Jahren Spitzenreiter bei der Herstellung professioneller Kücheneinrichtungen. Von Anfang an haben wir den ferritischen nichtrostenden Stahl 1.4016 (430) verwendet. Diese Stahlgüte bildet das absolute Fundament unserer Produktpalette.

Sie passt haargenau zur Spezifikation unserer Anwendungen. Außerdem bietet sie eine wirtschaftlich gute Lösung, um von den Eigenschaften von nichtrostendem Stahl zu profitieren, die im Zusammenhang mit der Zubereitung und Präsentation von Lebensmitteln wichtig sind. Darüber hinaus ist die relativ geringe Wärmedehnung von 1.4016 (430) bei Anwendungen mit hohen Temperaturen von großem Vorteil.



Wir fertigen praktisch alles aus dem ferritischen 1.4016 (430), ausgenommen einige Teile wie die Wasserbecken von Gastronormbehältern (Bains-Maries), für die wir noch den Austenit 1.4301 (304) einsetzen. Unsere Produkte sind so konstruiert, dass sie sich sehr leicht sauber halten lassen; unter diesem Aspekt lässt es sich mit der Güte 1.4016 (430) sehr gut arbeiten.

Wir halten uns ständig eng an die Bedürfnisse unserer Kunden und haben uns so inzwischen einen guten Ruf erworben, und zwar wegen der überragenden Zuverlässigkeit und der robusten, dauerhaften Konstruktion unserer Produkte. Dazu trägt Ferrit der Güte 1.4016 (430) ganz wesentlich bei. Wir und unsere Kunden sind mit diesem Material sehr zufrieden.“



# Produkte und Anwendungen

**Bei Ferriten denkt man oft an Zierelemente, Spülbecken und Auspuffanlagen. Die tatsächliche und potenzielle Nutzbarkeit reicht aber weit über diese engen Grenzen hinaus ...**

Ferritische nichtrostende Stähle sind reine Chromstähle, die kein Nickel enthalten. Sie sind korrosions- und oxidationsbeständig, äußerst wenig anfällig bezüglich Spannungsrisskorrosion, besitzen nützliche magnetische Eigenschaften und bieten ein ganzes Bündel weiterer technischer, ästhetischer und praktischer Vorteile. Langfristig gesehen bieten sie oft wirtschaftliche Vorteile gegenüber Kohlenstoffstahl und sind erheblich preisgünstiger als ihre nickelhaltigen austenitischen Verwandten.

Ihr mögliches Einsatzspektrum ist derzeit noch zu wenig erforscht. Die folgenden Seiten zeigen Beispiele aus der Palette möglicher Anwendungsgebiete dieser Stähle. Das Kapitel deckt Einsatzfälle aus vielen Marktbereichen und vielen Teilen der Welt ab.

Diese Broschüre möchte derzeitige und künftige Anwender ferritischer nichtrostender Stähle durch die Präsentation erfolgreich umgesetzter Einsatzfälle inspirieren. Darüber hinaus soll sie zu einer sinnvollen und sachlich fundierten Materialauswahl anregen – die optimale Abstimmung von Werkstoff und Produkt war noch nie wichtiger als heute.

## KRAFTFAHRZEUGBAU

### KOMPONENTEN VON ABGASSYSTEMEN



1.4509 [441],  
Diesel-Partikelfilter,  
Peugeot 607, Faurecia

### KOMPONENTEN VON ABGASSYSTEMEN



1.4509 [441],  
Krümmer, Faurecia

### KOMPONENTEN VON ABGASSYSTEMEN



1.4512 [409],  
Schalldämpfer, Faurecia, Südkorea

### KOMPONENTEN VON ABGASSYSTEMEN



1.4301 [304] und 1.4509 [441],  
Diesel-Partikelfilter, Mercedes  
E-Klasse, Faurecia

### KOMPONENTEN VON ABGASSYSTEMEN



Katalysatormantel aus SUS430J1L,  
Katalysatoreinsatz  
in 20 % Cr - 5 % Al

### KOMPONENTEN VON ABGASSYSTEMEN



1.4509 [441],  
Katalysator, Faurecia

### ZIERTEILE



1.4016 [SUS430], Südkorea

### ZIERTEILE



SUS430J1L, Japan

**ZIERTEILE**



1.4016 (SUS430),  
Südkorea

**ZIERTEILE**



1.4016 (430), schwarz  
beschichtete Zierteile, USA

**ZIERTEILE**



1.4113 (434), USA

**FRONTTEIL FÜR GELÄNDEWAGEN**



1.4513 (436), Plastic  
Omnium, Frankreich

**KOFFERRAUMSCHWELLE**



1.4520 (430Ti),  
Peugeot 307, Frankreich

**SCHEINWERFER**



1.4513 (436),  
Scheinwerferblende, Italien

**LASTKRAFTWAGEN**



1.4113 (434),  
LKW-Zierteile, USA

**KLEMMSCHELLEN**



1.4509 (441) und 1.4016 (430)

**FILTER**



1.4512 (409),  
Taiwan

**BREMSSCHEIBEN**



1.4028 (420)

**THERMOSTAT**



1.4512 (409), Frankreich

**SCHAUFELRAD**



1.4512 (409),  
1,5 mm dick, Frankreich

# BAU

## ZUBEHÖR

### EISENWAREN – FENSTERSCHARNIERE U. BEFESTIGUNGEN



1.4016 (430), Europa

### DACHRINNEN



1.4520 (430Ti) (verzinkt),  
Europa

### DACHRINNEN



1.4521 (444), Europa

### KAMINROHRE



1.4521 (444), Kaminrohre,  
Poujoulat, Frankreich

## BAUELEMENTE

### HOHLTRÄGER MIT RECHTECKQUERSCHNITT ZUM BEFESTIGEN EINER FASSADENISOLIERUNG



SUH 409L (1.4512/409),  
JSSA, Japan

### NOTUNTERKÜNFTE



1.4016 (430), lackiert,  
VERNEST® und Centro Inox, Italien

### SCHUTZCONTAINER FÜR KOMMUNIKATIONSSYSTEME



SUS436L (1.4526/436),  
JSSA, Japan

### FABRIKGEBÄUDE



1.4003 (410), neue Adjustagehalle  
von Columbus, Südafrika

### DACHSTRUKTUR



Dachträger, ein möglicher  
Einsatzfall für Ferrite

### GEBÄUDE



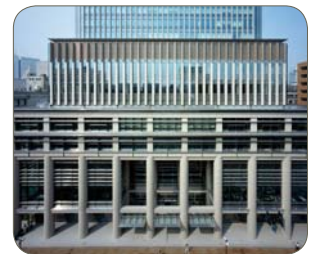
SUS445J1 und SUS445J2,  
Nakano-Sakaue-Gebäude,  
1996, Japan

### GEBÄUDE



SUS445J2, kunstharzbeschichtet,  
Phoenix Resort, 1994, Japan

### GEBÄUDE



SUS445J1 (äußere Teile) und  
SUS304 (1.4301)  
(innere Teile), Nihonbashi-  
Mitsui-Gebäude, 2005, Japan



VERKEHRSWEGEBAU

SCHALLABSORBIERENDE  
BRÜCKENVERKLEIDUNG



SUS436 (1.4526/436),  
JSSA, Japan

BRÜCKENKONSTRUKTION  
AUS STAHL



1.4003 (410), lackiert, SASSDA,  
Südafrika [Brücke seit mehr  
als 8 Jahren in Nutzung]

INNENWAND EINES TUNNELS



SUS430J1L (1.4016/430),  
JSSA, Japan

INNENWAND EINES TUNNELS



1.4016 (430), lackiert,  
Monte Mario-Tunnel,  
Centro Inox, Italien

WINDSCHUTZZAUN



SUS445J2, JSSA, Japan

BAHNSTEIGTÜR



1.4510 (439), Hair-Line-Finish,  
KOSA, Südkorea

OVERLEITUNGSMASTEN



1.4003 (410) (erster größerer  
Einsatz 1982, entlang der Küste,  
10 m entfernt von der Brandung,  
keine Korrosion), Südafrika

KRAFTWERK



1.4003 (410), Tragkonstruktion  
(Kühlturm), Südafrika

VERKLEIDUNG

FASSADENVERKLEIDUNG



SUS445M2,  
reflektionsarme, matte Oberfläche,  
ASSDA, Australien

FASSADENVERKLEIDUNG



1.4521 (444), gebürstet  
(No. 4), horizontale Paneele,  
Vivo-Gebäude, Rio de Janeiro,  
Nucleo Inox, Brasilien (Küstenzone)

FASSADENVERKLEIDUNG



SUS445J2,  
Future-Science-Museum,  
JSSA, Japan

FASSADENVERKLEIDUNG



1.4526 (436),  
Ugine & Alz Steel Service  
Centre, Arcelor Mittal  
Stainless, Kattowitz, Polen

## LIFTE

### ROLLTREPPENSTUFEN



SUS430LX (1.4016/430), Japan

### AUFZUGSKABINEN- INNENVERKLEIDUNG



1.4510 (439)

## DÄCHER

### DACH DES MEDIADOME



SUS445J2, Kitakyushu Mediadome  
(Fukuoka Pref.) 1998, Japan

### SCHULDACH



1.4520 (430Ti) [Stehfalztechnik],  
Ugine & Alz, Österreich

### SPORTHALLENDACH



445, KOSA, Südkorea

### VORDACH



446, KOSA, Seoul, Südkorea.

### CHALET-DACH



1.4520 (430Ti) [Stehfalztechnik],  
Ugine & Alz, Deutschland

### FLUGHAFENDACH



SUS447J1, Kansai Flughafen,  
Terminalgebäude (Architekt Renzo  
Piano), JSSA, Osaka, Japan

## STADTMÖBEL

### LEUCHTENMAST



1.4510 (439), elektrolytisch  
poliertes geschweißtes Rohr,  
KOSA, Seoul, Südkorea

### BRIEFKÄSTEN



1.4003 (410), lackiert,  
SASSDA, Südafrika.  
„Gebrauchs“-Ferrite werden  
oft lackiert, wenn die Optik  
im Vordergrund steht.

### FAHRKARTENAUTOMAT AUF EINEM BAHNSTEIG



1.4003 (410), lackiert,  
seit 15 Jahren in Nutzung,  
SASSDA, Großbritannien

### STROMVERTEILERKÄSTEN



1.4003 (410), lackiert,  
seit 15 Jahren in Nutzung,  
SASSDA, Südafrika

# LEBENSMITTELINDUSTRIE

## BACKOFEN



1.4016 (430), Macadams Baking Systems (PTY) Ltd, Südafrika

## GASKOCHERINRICHTUNG



1.4016 (430), Lincat, Großbritannien

## KAFFEEMASCHINE



SUS430J1 (1.4016/430), JSSA, Japan

## BEHEIZTER VERKAUFSSCHRANK



1.4016 (430), Lincat, Großbritannien

## BANDTOASTER



1.4016 (430), Lincat, Großbritannien

## MIKROWELLENOFEN



1.4016 (430) (innen und außen), JSSA, Japan

## KOCHHERD



1.4016 (430) (Gas-Kochfeld), POSCO, Südkorea

## KÜHLSCHRANK



US430J1L (1.4016/430), kunstharzbeschichtete Verkleidung, JSSA, Japan

## KAFFEEMASCHINE



1.4016 (430), Lincat, Großbritannien

## RESTAURANTWAGEN



1.4016 (430)

## VERKAUFSSCHRANK



1.4016 (430), Lincat, Großbritannien

## WANDSCHRANK



1.4016 (430), Lincat, Großbritannien



# HAUS UND BÜRO

Für die folgenden Einsatzzwecke gelten nichtrostende Ferrite heute als ideal geeignet, und zwar aufgrund ihrer ansprechenden Optik, der Unempfindlichkeit gegenüber Reinigungs- und Desinfektionsmitteln, ihres niedrigen Wärmedehnungskoeffizienten und ihrer magnetischen Eigenschaften (bei Induktionsherden). Obendrein bieten sie beträchtliche wirtschaftliche Vorteile im Vergleich zu anderen Werkstoffen.

## KOCHEINRICHTUNGEN FÜR HAUSHALTSKÜCHEN

### GASHERD



KOSA, Südkorea

### VERSCHIEDENES



ThyssenKrupp Nirosta, Deutschland

### MIKROWELLENOFEN



SUS430J1 (1.4016/430), JSSA, Japan

### TISCH-GASHERD



TSSDA, Thailand

### OUTDOOR-GRILL



1.4016 (430), Windschutz und Kohlenbecken, Compagrill und Centro Inox, Italien

### OUTDOOR-GRILL



1.4016 (430), Grill, USA

## KOCHGESCHIRR UND TÖPFE

### WOK



### INDUKTIONSKOCHGESCHIRR



Groupe SEB (Tefal)

### DAMPFKOCHTOPF



1.4016 (430), Groupe SEB

### TÖPFE



1.4016 (430), POSCO, Südkorea

## SPÜLMASCHINEN

### SPÜLMASCHINE



1.4016 (430), Innenwände

### SPÜLMASCHINE



SUS430J1L (1.4016/430), kunstharzbeschichtete Außenverkleidung, JSSA, Japan

ELEKTRISCHE KLEINGERÄTE

SPÜLMASCHINE



1.4016 (430), Außen- und Innenverkleidung, Haier, PRC

MIXER



1.4513 (436), ThyssenKrupp Nirosta, Germany

MIXER



1.4016 (430)

ELEKTRISCHER REISKOCHER



SUS430 (1.4016/430), kunstharzbeschichtet, JSSA, Japan

MÖBEL

ELEKTRISCHER WASSERKOCHER



SUS430 (1.4016/430), kunstharzbeschichtet, JSSA, Japan

REGALE



1.4016 (430), Regalbretter, Graepel und Centro Inox, Italien

ABFALLBEHÄLTER



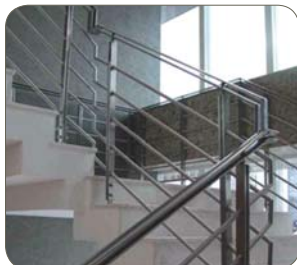
1.4016 (430), Graepel und Centro Inox, Italien

RAUMTEILER



1.4016 (430), POSCO, Südkorea

TREPPENGELÄNDER



1.4016 (430), geschweißte Rohre

RAHMEN FÜR LCD-MONITOR



1.4003 (410), POSCO, Südkorea

HAUBEN

DUNSTABZUGSHAUBE



1.4016 (430), Blanco, ThyssenKrupp Nirosta, Germany

DUNSTABZUGSHAUBE



1.4016 (430), Falmecc, Nucleo Inox, Brasilien

## KÜCHENGESCHIRR

### FLÜSSIGKEITSSPENDER



1.4016 (430)

### ELEKTRISCHER WASSERKÖCHER



1.4016 (430), Groupe SEB

### NUDELKOCHTOPF



SUS430J1L (1.4016/430,) einlagig  
(für Induktionsherd),  
JSSA, Japan

## KÜHLGERÄTE

### KÜHL- UND GEFRIERSCHRANK



1.4016 (430), Verkleidung

## SPÜLEN

### KÜHL- UND GEFRIERSCHRANK



1.4016 (430), Türverkleidung,  
ThyssenKrupp Nirosta, Germany

### HAUSHALTSKÜCHENSPILE



1.4016 (430), Tramontina, Brasilien

## WASCHMASCHINEN

### TROMMEL



1.4016 (430), Trommel und  
Außenverkleidung, ThyssenKrupp  
Nirosta Germany

### TROMMEL



1.4016 (430), Trommel,  
LG Electronics, Südkorea

## TROCKNER

### TROMMEL



SUS430, JSSA, Japan

### TROMMEL



1.4512 (409), Whirlpool, Europa

## TISCHBESTECKE

### ASIATISCHER LÖFFEL



1.4016 (430)

### BESTECKE UND MESSER



Diverse Güten aus ASTM  
400er Serie, IKEA



# INDUSTRIE

Ferrite werden in großem Umfang dort verwendet, wo die Pflege/Wartung von Kohlenstoffstahl praktisch nicht möglich ist.

## STAUMAUER-ABLASSROHRE



1.4003 [410], lackiert,  
Südafrika

## FLUTTORE



1.4003 [410], lackiert,  
Columbus, Südafrika

## TANKS



SUS430J1L (1.4016/430),  
farbig kunstharzbeschichtete  
Außenverkleidung, JSSA, Japan

## GITTERMAST



1.4000 [410S], Europa

## BRENNER

### FÖRDERBAND



1.4000 [410S], Europa

### BRENNER



1.4509 [441], hoch  
oxidationsbeständig

### BRENNER



SUS430 [1.4016/430], Gasbrenner  
für Boiler, JSSA, Japan

## BOILER

### INNENROHR EINES BOILERS



1.4521 [444],  
KOSA, Südkorea

## DURCHLAUFERHITZER „HYDROBOIL“



1.4521 [444], ZIP Industries  
und ASSDA, Australien

## BOILER



1.4521 [444], Europa

## HEISSWASSERSPEICHER



1.4521 [444], Europa

## HEISSWASSERSPEICHER



SUS444 [1.4521/444], JSSA, Japan

**NAHRUNGSMITTELINDUSTRIE**

**WÄNDE UND DECKEN**



445M2, Melbourne, Australien

**WÄRMETAUSCHER**

**GESCHWEISSTE ROHRE BEI WASSERABSCHIEDER/ZWISCHENÜBERHITZER**



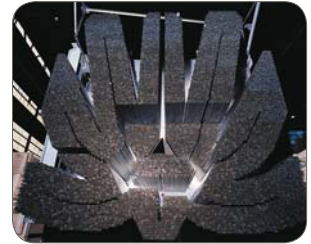
1.4510 (439), VALTIMET, Europa

**TRINKWASSERVORWÄRMER GESCHWEISSTE ROHRE**



1.4510 (439), VALTIMET, Europa

**GESCHWEISSTE KONDENSATORROHRE**



1.4510 (439), VALTIMET, Europa

Ersatz für Kupfernichel (wegen Erosion durch Dampf und Kupfermigration), Kohlenstoffstahl (Erosionsproblem) und 1.4301 (304) (höhere Wärmedehnung als beim Kohlenstoffstahl-Rahmen)

**SOLAR-WASSERERHITZER**

**SOLAR-WASSERERHITZER**



SUS444 (1.4521/444), Suncue Company Ltd. und YUSCO, Taiwan

**SOLAR-WASSERERHITZER**



1.4509 (441), Zylinder, Sun Tank und SASSDA, Südafrika

**SOLAR-WASSERERHITZER**



Solarpaneele: Rahmen und Kollektor sind potenzielle Anwendungen für die Ferrite 1.4509 (441) und 1.4521 (444)

**ZUCKERINDUSTRIE**

**FÖRDRSYSTEM**



1.4003 (410), Columbus, Südafrika. Hierbei hat der Ferrit seit mehr als 18 Jahren standgehalten.

**GLIEDERFÖRDERER**



1.4003 (410), Columbus, Südafrika. Diese Anlage ist seit 22 Jahren in Betrieb.

**ABDECKUNG FÜR SAFTERHITZER**



1.4003 (410), Columbus, Südafrika. Kohlenstoffstahl (oben) im Vergleich zu Ferrit (unten) nach 6 Jahren Betrieb.

**ROHRE FÜR WÄRMETAUSCHER**



1.4521 (444), Nucleo Inox, Brasilien

**KRISTALLISATOR UND DIFFUSOR**



1.4003 (410), Columbus, Südafrika

TANKS

WASSERTANKS UND -ROHRE



1.4521 (444), Brasilien

WASSERTANK



1.4521 (444), KOSA, Südkorea

WASSERTANK



Teilweise aus SUS444 (1.4521/444), No. 4 finish, JSSA, Japan

WASSERTANK



Teilweise aus SUS444 (1.4521/444), No. 4 finish, JSSA, Japan

FERMENTATIONS- UND LAGERTANK



1.4521 (444), Nucleo Inox, Brasilien. Sander Inox produziert solche Tanks seit 7 Jahren erfolgreich

FERMENTATIONS- UND LAGERTANK



1.4521 (444), Nucleo Inox, Brasilien

MOTORRÄDER

MOTORRADAUSPUFF



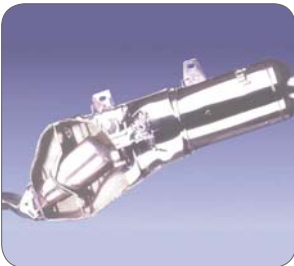
1.4512 (409), YUSCO, Taiwan

MOTORRADAUSPUFF



1.4509 (441), Centro Inox, Italien. Die neue Vespa ET2 ist mit einem Katalysator/Schalldämpfer aus Ferrit ausgestattet.

MOTORRADAUSPUFF



1.4512 (409L)

MOTORRADAUSPUFF



1.4512 (409L), Acesita, Brasilien

BREMSSCHEIBE



SUS410SM1 (1.4003/410), JSSA, Japan

VERSCHIEDENES



1.4028 (420), Bremmscheiben und 1.4113 (434), Zierelemente, Italien



# TRANSPORT

## BUS- UND WAGGONRAHMEN



1.4003 (410),  
Columbus, Südafrika

## BUS- UND WAGGONRAHMEN



1.4003 (410) (unterer Teil lackiert),  
Columbus, Südafrika

## BUS- UND WAGGONRAHMEN



1.4003 (410),  
geschweißte Rohre und Platten,  
Solaris Bus & Coach Co., Polen

## CONTAINER



1.4003 (410)  
(Rahmen und Wandplatten),  
POSCO, Südkorea

## CONTAINER



1.4003 (410), lackiert  
(Rahmen und Türplatten)

## KOHLEWAGGON



1.4003 (410) (Wandplatten),  
Columbus, Südafrika.  
Seit mehr als 20 Jahren in Nutzung.

## KOHLEWAGGON



1.4003 (410) (Wandplatten),  
Columbus, Südafrika.  
Seit mehr als 15 Jahren in Nutzung.

## KOHLEWAGGON



1.4003 (410)  
(Innere des vorstehenden  
Waggons), SASSDA, Südafrika

## KOHLEWAGGON



1.4003 (410), lackiert,  
Europa

## KOHLEWAGGON



1.4512 (409)/1.4003 (410),  
lackiert, TISCO, PRC

## KOHLEWAGGON



1.4003 (410),  
SASSDA, Südafrika

## STRASSENBAHN



1.4003 (410) (Karosserierahmen  
und lackierte Wandplatten), Europa



SIEMENS

5000 0000 0000 0000

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0  
+ - \* /

# ANHÄNGE

## Chemische Zusammensetzung von ferritischen nichtrostenden Stählen

**Ferritische nichtrostende Stähle besitzen ähnliche Eigenschaften wie unlegierte Stähle, aber eine weit bessere Korrosionsbeständigkeit. Ihre Entwicklung begann vor über 100 Jahren.**

### FRÜHE FERRITISCHE GÜTEN

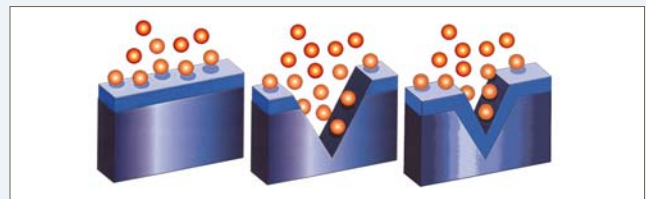
Nichtrostender Stahl wurde in der Zeit um 1900 bis 1915 „entdeckt“. Wie bei vielen Entdeckungen war auch diese das Ergebnis gesammelter Anstrengungen mehrerer Wissenschaftler. In England, Frankreich und Deutschland wurden Forschungsergebnisse über Legierungen veröffentlicht, die man heute als die Güten 1.4003 (410), 1.4028 (420), 1.4016 (430), 442, 446 und 440c kennt.

Nichtrostende Stähle dürfen nur wenig Kohlenstoff haben. Viele Jahre lang war es schwierig, diesen niedrigen Kohlenstoffgehalt einzustellen, weswegen gute Ferrite erst spät (in den 1980er) aufgekomen sind.

### DIE STAHLGÜTEN UND IHRE CHEMIE

Chrom (Cr) ist bei Weitem das wichtigste Legierungselement bei der Herstellung von nichtrostenden Stählen. Er bildet die sog. „Passivschicht“, die den Stahl korrosionsbeständig macht, und erhöht die Zunderbeständigkeit, die Verschleißfestigkeit und die Zugfestigkeit.

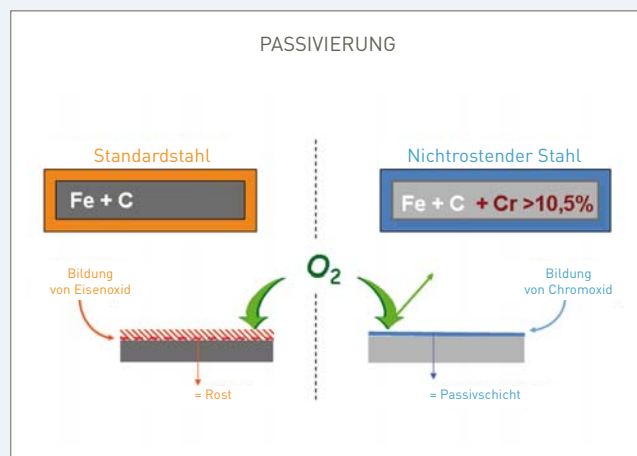
Damit sich die schützende, selbstheilende Oberflächenschicht aus Chromoxid zuverlässig bilden kann, ist ein Gewichtsanteil von mindestens 10,5 % Chrom erforderlich. Je höher der Chromanteil, umso dicker die Passivschicht.



Wird die Oberfläche eines nichtrostenden Stahls mechanisch bearbeitet oder versehentlich beschädigt, bildet sich die Passivschicht in Anwesenheit von Luft oder Wasser sofort neu.

### CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG UND INTERNATIONALE NORMEN

Die folgenden Tabellen zeigen die chemische Zusammensetzung der fünf Gruppen ferritischer nichtrostender Stähle.



**DIE 5 GRUPPEN FERRITISCHER STAHLGÜTEN**

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
10 bis 14 %	14 bis 18 %	14 bis 18 %, stabilisiert	Enthält zusätzlich Mo.	Weitere Güten
1.4512 (409), 1.4003 (410), 1.4028 (420) 10 bis 14 % Cr	1.4016 (430) 14 bis 18 % Cr	1.4520 (430Ti), 1.4510 (439), 1.4509 (441) etc. 14 bis 18 % Cr, zusätzlich Stabilisierungselemente wie Ti, Nb	1.4113 (434), 1.4513 (436), 1.4521 (444) etc. Mo-Gehalt größer als 0,5 %.	18 bis 30 % Cr, oder zu keiner der anderen Gruppen gehörend



NORMEN: - ASTM A 240 - 07, APRIL 2007  
 - EN 10088-2, 2005-09  
 - JIS G 4305 : 2005

## GRUPPE 1

	AISI, ASTM	Chemische Zusammensetzung (max. Massenanteil in %)													Norm	Ref.
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	Cu	Al	N	Ni		
10 bis 14 % Cr	403(M)	0.15 0.12-0.17	0.5 1.0	1.0 1.0	0.04 0.04	0.03 0.015	11.5-13.0 12.0-14.0								JIS EN	SUS403 1.4024
	405	0.08 0.08 0.08 0.08	1.0 1.0 1.0 1.0	1.0 1.0 1.0 1.0	0.04 0.04 0.04 0.04	0.03 0.015 0.015 0.03	11.5-14.5 12.0-14.0 12.0-14.0 11.5-14.5					0.1-0.3  0.1-0.3 0.1-0.3	0.6	UNS EN EN JIS	S40500 1.4000 1.4002 SUS405	
	409L	0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.08 0.03	1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.5 0.7 1.0	1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.5 1.5 1.0	0.04 0.04 0.04 0.04 0.04 0.04 0.04 0.04 0.04	0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.015 0.015 0.03	10.5-11.7 10.5-11.7 10.5-11.7 10.5-11.7 10.5-11.7 10.5-12.5 10.5-12.5 10.5-12.5 10.5-11.75		6x[C+N]-0.5 8x[C+N]-0.5 [0.08+8x[C+N]]-0.75 0.05-0.2 6x[C+N]-0.75  6x[C+N]-0.65 0.05-0.35 6xC-0.75	0.17 0.1 0.18-0.4		0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03	0.5 0.5 0.5 0.5-1.0 0.3-1.0 0.5 0.5-1.5 0.6	UNS UNS UNS UNS UNS EN EN JIS	S40910 S40920 S40930 S40945 S40975 S40977 1.4512 1.4516 SUH409L	
	410(M)	0.08-0.15 0.08-0.15 0.15	1.0 1.0 1.0	1.0 1.5 1.0	0.04 0.04 0.04	0.03 0.015 0.03	11.5-13.5 11.5-13.5 11.5-13.5							0.75 0.75	UNS EN JIS	S41000 1.4006 SUS410
	410L	0.03 0.03 0.04 0.03	1.0 1.0 1.0 1.0	1.5 1.0 1.0 1.0	0.04 0.04 0.045 0.04	0.03 0.03 0.03 0.03	10.5-12.5 12.0-13.0 10.5-12.5 11.0-13.5			9[C+N]-0.6			0.03 0.03 0.1	1.5 0.5 0.6-1.10	UNS UNS UNS JIS	S41003 S41045 S41050 SUS410L
		0.03	1.0	1.5	0.04	0.015	10.5-12.5							0.3-1.0	EN	1.4003
	410S(M)	0.08 0.08	1.0 1.0	1.0 1.0	0.04 0.04	0.03 0.03	11.5-13.5 11.5-13.5							0.6 0.6	UNS JIS	S41008 SUS410S
	420J1(M)	0.16-0.25 0.16-0.25	1.0 1.0	1.0 1.5	0.04 0.04	0.03 0.015	12.0-14.0 12.0-14.0								JIS EN	SUS420J1 1.4021
	420J2(M)	0.26-0.40 0.26-0.35 0.36-0.42 0.43-0.50	1.0 1.0 1.0 1.0	1.0 1.5 1.0 1.0	0.04 0.04 0.04 0.04	0.03 0.015 0.015 0.015	12.0-14.0 12.0-14.0 12.5-14.5 12.5-14.5								JIS EN EN EN	SUS420J2 1.4028 1.4031 1.4034

## GRUPPE 2

	AISI, ASTM	Chemische Zusammensetzung (max. Massenanteil in %)													Norm	Ref.
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	Cu	Al	N	Ni		
14 bis 18 % Cr	420	0.08 0.08	1.0 1.0	1.0 1.0	0.045 0.04	0.03 0.015	13.5-15.5 13.5-15.5	0.2-1.2 0.2-1.2	0.3-0.5 0.3-0.5					1.0-2.5 1.0-2.5	UNS EN	S42035 1.4589
	429	0.12 0.12	1.0 1.0	1.0 1.0	0.04 0.04	0.03 0.03	14.0-16.0 14.0-16.0								UNS JIS	S42900 SUS429
	429J1(M)	0.25-0.4.0	1.0	1.0	0.04	0.03	15.0-17.0								JIS	SUS429J1
	430	0.12 0.08 0.12	1.0 1.0 0.75	1.0 1.0 1.0	0.04 0.04 0.04	0.03 0.015 0.03	16.0-18.0 16.0-18.0 16.0-18.0							0.75	UNS EN JIS	S43000 1.4016 SUS430
	1.4017	0.08	1.0	1.0	0.04	0.015	16.0-18.0							1.2-1.6	EN	1.4017
	440(M)	0.6-0.75	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-18.0								JIS	SUS440A

### GRUPPE 3

	AISI, ASTM	Chemische Zusammensetzung (max. Massenanteil in %)													Norm	Ref.		
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	Cu	Al	N	Ni				
14 bis 18 % Cr, stabilisiert	430J1L	0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-20.0				8x[C+N]-0.8	0.3-0.8		0.025			JIS	SUS430J1L
	430LX	0.03	0.75	1.0	0.04	0.03	16.0-19.0			0.1-1.0					0.6		JIS	SUS430LX
	439	0.03	1.0	1.0	0.04	0.03	17.0-19.0			[0.2+4x(C+N)]-1.10			0.15	0.03	0.5		UNS	S43035
		0.05	1.0	1.0	0.04	0.015	16.0-18.0			[0.15+4x(C+N)]-0.8							EN	1.4510
		0.03	1.0	1.0	0.04	0.03	17.0-19.0			[0.2+4x(C+N)]-0.75			0.15	0.03	0.5		UNS	S43932
		0.03	1.0	1.0	0.04	0.015	17.5-18.5			0.1-0.6	[0.3+(3xC)]						UNS	S43940
		0.03	1.0	1.0	0.04	0.015	16.0-17.5				0.35-0.55						EN	1.4590
		0.025	0.5	0.5	0.04	0.015	16.0-18.0			0.3-0.6							EN	1.4520
		0.02	1.0	1.0	0.04	0.015	13.0-15.0				0.2-0.6						EN	1.4595
		430Ti	0.05	1.0	1.0	0.4	0.015	16.0-18.0			0.6							EN
441	0.03	1.0	1.0	0.04	0.03	17.5-18.5			0.1-0.6	9xC+0.3-1						UNS	S44100	
	0.03	1.0	1.0	0.04	0.015	17.5-18.5			0.1-0.6	3xC+0.3-1						EN	1.4509	

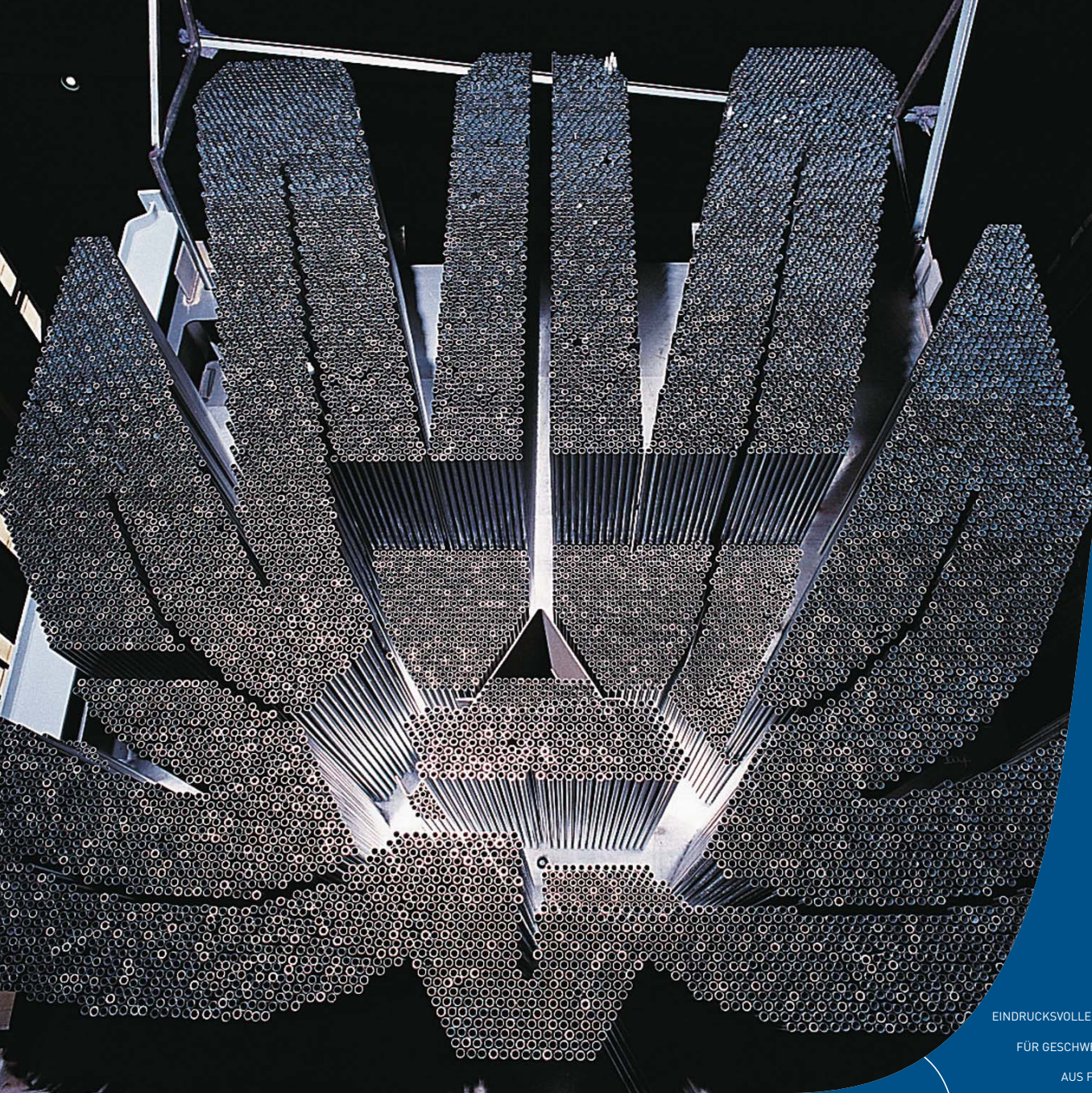
### GRUPPE 4

	AISI, ASTM	Chemische Zusammensetzung (max. Massenanteil in %)													Norm	Ref.				
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	Cu	Al	N	Ni			Sonstige			
Enthält zusätzlich Mo	415	0.05	0.6	0.5-1.0	0.03	0.03	11.5-14.0	0.5-1.0						3.5-5.5			UNS	S41500		
	434	0.12	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-18.0	0.75-1.25										UNS	S43400	
		0.08	0.75	0.8	0.04	0.015	16.0-18.0	0.9-1.4										EN	1.4113	
		0.08	1.0	1.0	0.04	0.015	16.0-18.0	0.8-1.4					0.04					EN	1.4526	
		0.12	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-18.0	0.75-1.25			[7x(C+N)+0.1]-1.0							JIS	SUS434	
	436	0.12	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-18.0	0.75-1.25			8x(C+N)-0.8			0.025				UNS	S43600	
		0.025	1.0	1.0	0.04	0.015	16.0-18.0	0.9-1.4			0.3-0.6							EN	1.4513	
		0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-19.0	0.75-1.25			8x(C+N)-0.8			0.025				JIS	SUS436L	
	1.4419(M)	0.36-0.42	1.0	1.0	0.04	0.015	13.0-14.5	0.6-1.0										EN	1.4419	
	1.4110(M)	0.48-0.60	1.0	1.0	0.04	0.015	13.0-15.0	0.5-0.8							V≤0.15			EN	1.4110	
	1.4116(M)	0.45-0.55	1.0	1.0	0.04	0.015	14.0-15.0	0.5-0.8								0.1≤V≤0.2			EN	1.4116
	1.4122(M)	0.33-0.45	1.0	1.5	0.04	0.015	15.5-17.5	0.8-1.3											EN	1.4122
	1.4313(M)	≤0.05	0.7	1.5	0.04	0.015	12.0-14.0	0.3-0.7						≥0.02	3.5-4.5				EN	1.4313
	1.4418(M)	≤0.06	0.7	1.5	0.04	0.015	15.0-17.0	0.8-1.5						≥0.02	4.0-6.0				EN	1.4418
	436J1L	0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	17.0-20.0	0.4-0.8			8x(C+N)-0.8			0.025				JIS	SUS436J1L	
	444	0.025	1.0	0.7-1.5	0.04	0.03	17.5-19.5	1.75-2.5			0.2+4(C+N)-0.8				1.0			UNS	S44400	
0.025		1.0	1.0	0.04	0.015	17.0-20.0	1.8-2.5			4x(C+N)+0.15-0.8			0.03				EN	1.4521		
0.025		1.0	1.0	0.04	0.03	17.0-20.0	1.75-2.5			8x(C+N)-0.8			0.025				JIS	SUS444		

### GRUPPE 5

	AISI, ASTM	Chemische Zusammensetzung (max. Massenanteil in %)													Norm	Ref.			
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	Cu	Al	N	Ni					
Weitere Güten	445	0.02	1.0	1.0	0.04	0.012	19.0-21.0				10x(C+N)-0.8	0.3-0.6		0.03	0.6		UNS	S44500	
	445J1	0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	21.0-24.0				0.7-1.5			0.025			JIS	SUS445J1	
	445J2	0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	21.0-24.0	1.5-2.5						0.025			JIS	SUS445J2	
	446	0.06	0.75	0.75	0.04	0.02	25.0-27.0	0.75-1.5			0.2-1.0		0.2	0.04				UNS	S44626
		0.01	0.4	0.4	0.02	0.02	25.0-27.5	0.75-1.5				0.05-0.2	0.2	0.015	0.5			UNS	S44627
		0.025	0.75	1.0	0.04	0.03	24.5-26.0	3.5-4.5			[0.2+4(C+N)]-0.80			0.035	3.5-4.5			UNS	S44635
		0.03	1.0	1.0	0.04	0.03	25.0-28.0	3.0-4.0			6x(C+N)-1.0			0.04	1.0-3.5			UNS	S44660
		0.01	0.4	0.4	0.03	0.02	25.0-27.5	0.75-1.5						0.015	0.5			JIS	SUSXM27
		447	0.01	0.2	0.3	0.025	0.02	28.0-30.0	3.5-4.2					0.15	0.02	0.15	[C+N] 0.025		UNS
	0.03		1.0	1.0	0.04	0.03	28.0-30.0	3.6-4.2			6x(C+N)-1.0			0.045	1.0			UNS	S44735
	0.025		1.0	1.0	0.03	0.01	28.0-30.0	3.5-4.5			[4x(C+N)+0.15]-0.8			0.045				EN	1.4592
	0.01		0.4	0.4	0.03	0.02	28.5-32.0	1.5-2.5						0.015				JIS	SUS447J1
448	0.01	0.2	0.3	0.025	0.02	28.0-30.0	3.5-4.2					0.15	0.02	2-2.5	[C+N] 0.025		UNS	S44800	





EINDRUCKSVOLLE ANWENDUNG  
FÜR GESCHWEISSTE ROHRE  
AUS FERRITISCHEM  
NICHTROSTENDEM STAHL  
IM EINEM  
KRAFTWERKSKONDENSATOR.



# ANHÄNGE

## Oberflächenausführungen

**Es gibt eine Vielzahl von Oberflächenausführungen (Finishes), von denen die wichtigsten im Folgenden beschrieben sind. Die genannten Oberflächenausführungen gelten für alle nichtrostenden Stahlqualitäten.**

Beschreibung	ASTM	EN 10088-2	Anmerkungen
Warmgewalzt	1	1E/1D	Vergleichsweise raue, matte Oberfläche, entstanden durch Warmwalzen auf die gewünschte Dicke mit anschließendem Glühen und Entzundern.
Kaltgewalzt	2D	2D	Matte Oberfläche, entstanden durch Kaltwalzen auf die gewünschte Dicke mit anschließendem Glühen und Entzundern.
Kaltgewalzt	2B	2B	Helle, glatte, kaltgewalzte Oberfläche; wie 2D, jedoch nach dem Glühen und Beizen mit glatten Walzen nachgewalzt (dressiert). Diese Oberflächenausführung gilt als Universal-Kaltwalz-Finish; es lässt sich besser schleifen, bürsten und polieren als 1E/1D und 2D.
Kaltgewalzt und Blankgeglüht	BA	2R	Sehr glatte, blank glänzende Oberfläche erzeugt durch Blankglühen (unter Inertgas-Atmosphäre) nach dem Kaltwalzen. Glatter und blanker als 2B.
Gebürstet oder matt poliert	No. 4	1J/2J	Geschliffenes und/oder gebürstetes Universal-Finish, erzeugt durch Vorschleifen mit grobem Schleifmittel und nachfolgendem Fertigschliff mit Korn 120-320, oder gebürstet.
Seidenmattpoliert	No. 6	1K/2K	Weiches, seidenmattes Finish mit geringerem Reflektionsvermögen als 1J/2J; gebürstet (Schleifborsten z. B. aus Tampico-Fibre).
Blankpoliert	No. 8	1P/2P	Von den gängigen Oberflächenausführungen das am stärksten reflektierende Finish. Erzeugt durch mehrfaches Polieren mit schrittweise feineren Schleifmitteln; zum Schluss mit einem sehr feinen Poliermittel geschwabbelt, so dass keine Schleiflinien sichtbar bleiben.
Elektrolytisch poliert	-	-	Dieses Finish wird durch elektrolytische Abtragung erzeugt. Der elektrochemische Prozess bewirkt eine glänzende Oberfläche durch Minimierung der Unebenheit der Oberflächentopographie (Abtragung von Rauheitsspitzen).

[Anmerkung: Die vorstehende Tabelle ist nicht offiziell und dient nur als Orientierungshilfe.]



2D



2B



BA



No. 4



No. 6

# ANHÄNGE

## Literatur

- Bucher, L., P.-O. Santacreu, *et al.* "Elasto-Viscoplastic Behaviour of Ferritic Stainless Steel AISI 441-EN 1.4509 from room temperature to 850°C." *Journal of ASTM International (JAI)* Vol. 3, Issue 7 (2006). Also: *Fatigue and Fracture Mechanics* (symposium), Vol. 35.
- Cunat, Pierre-Jean. "Working with Stainless Steels" Paris: SIRPE, 1998.
- Fedosseev, A, and D. Raabe. "Application of the method of superposition of harmonic currents for the simulation of inhomogeneous deformation during hot rolling of FeCr." *Scripta Metall. Mater* Vol. 30 (1994): 1-6.
- Gümpel, P., N. Arlt, *et al.* "Simulation des Korrosionsverhaltens von nichtrostenden Stählen in PKW-Abgasanlagen." *Automobiltechnische Zeitschrift (ATZ)* No. 4 (2004): 350-356.
- Huh, M.-Y., J.-H. Lee, *et al.* "Effect of Through-Thickness Macro and Micro-Texture Gradients on Ridging of 17%Cr Ferritic Stainless Steel Sheet." *Steel Research* Vol. 76, No. 11 (2005): 797-806.
- Kim, D. S., J. H. Park, *et al.* "Improvement of Cleanliness of 16%Cr-containing Ferritic Stainless Steel in AOD Processes", *La Revue de Metallurgie* No. 4, Paris (2004): 291-299.
- Kim, K, Y. Kim, *et al.* "POSCO's development of Ferritic Stainless Steel." *The Second Baosteel Biennial Academic Conference* Vol. 3, Shanghai, China (2006).
- Lee, S.-B., M.-C. Jung, *et al.* "Effect of Niobium on Nitrogen Solubility in High Chromium Steel." *ISIJ International* Vol. 42 (2002): 603-608.
- Lee, S.-B., J.-H. Choi, *et al.* "Aluminum Deoxidation Equilibrium in Liquid Fe-16 Pct Cr Alloy." *Metallurgical and Materials Transactions B*, Vol. 36B (2005): 414-416.
- Miyazaki, A., J. Hirasawa, *et al.* "Development of High Heat-Resistant Ferritic Stainless Steel with High Formability, RMH-1, for Automotive Exhaust Manifolds." *Kawasaki Steel Technical Report* No. 48 (2003): 328.
- Miyazaki, A., Takao, *et al.* "Effect of Nb on the Proof Strength of Ferritic Stainless Steels at Elevated Temperatures." *ISIJ International* Vol. 42, No. 8 (2002): 916-920.
- Murayama, M, N. Makiishi, *et al.* "Nano-scale chemical analysis of passivated surface layer on stainless steels." *Corrosion Science* Vol. 48 (2006): 1307-1308.
- Park, J. H., D. S. Kim, *et al.* "Inclusion Control of Fe-16%Cr Stainless Steel Melts by Aluminum Deoxidation and Calcium Treatment." *AIST Transactions in Iron & Steel Technology Magazine* Vol. 4, No. 1 (2007): 137-144.
- Park, S. H., K.Y. Kim, *et al.* "Evolution of Microstructure and Texture Associated with Ridging in Ferritic Stainless Steels." ICOTOM 13, Seoul, Korea (2002): 1335.
- Park, S. H., K. Y. Kim, *et al.* "Investigation of Microstructure and Texture Evolution in Ferritic Stainless Steels, *ISIJ International* Vol.42, No.1 (2002): 100.
- Park, S. H., K. Y. Kim, *et al.* "Effect of Annealing Process on the Microstructure and Texture Evolution in Type 430 Stainless Steel." *Journal of the Korean Institute of Metals & Materials* Vol.39, No. 8 (2001): 883.
- Park, S. H., K. Y. Kim, *et al.* "Effect of annealing process on the microstructure and texture evolution in Fe-16%Cr ferritic stainless steel." *Rex & GG Aachen, Germany* (2001): 1203.
- Park, S. H., K. Y. Kim, *et al.* "Effect of initial orientation and austenitic phase on the formation of deformation band and recrystallization behavior in hot rolled ferritic stainless steels." *THERMEC 2000, Las Vegas, USA* (2000): 163.
- Raabe, D. "Experimental investigation and simulation of crystallographic rolling textures of Fe-11wt.% Cr." *Materials Science and Technology* No. 11 (1995): 985-993.
- Raabe, D. "On the influence of the Chromium content on the evolution of rolling textures in ferritic stainless steels." *Journal of Materials Science* No. 31 (1996): 3839-3845.

Raabe, D. "Metallurgical reasons and mechanical consequences of incomplete recrystallization." *Stahl und Eisen* No. 120 (2000): 73-78.

Raabe, D, and K. Lücke. "Influence of particles on recrystallization textures of ferritic stainless steels." *Steel Research* No. 63 (1992): 457-464.

Raabe, D, and K. Lücke. "Textures of ferritic stainless steels." *Materials Science and Technology* No. 9 (1993): 302-312.

Santacreu, P.-O., L. Bucher, *et al.* "Thermomechanical fatigue of stainless steels for automotive exhaust systems." *La Revue de Métallurgie* No. 1, Paris (Jan. 2006): 37-42.

Santacreu, P.-O., O. Cleizergues, *et al.* "Design of stainless steel automotive exhaust manifolds." *La Revue de Métallurgie* Nos. 7-8, Paris (July-Aug. 2004): 615-620. Auch: JSAE Paper No. 20037127 (2003).

Schmitt, J.-H., F. Chassagne, *et al.* "Some Recent Trends in Niobium Ferritic Stainless Steels". *Proceedings of the symposium Recent Advances of Niobium Containing Materials in Europe*, Düsseldorf (20 May 2005): 137.

Sinclair, C. W., and J.-D. Mithieux, "Coupling recrystallization and texture to the mechanical properties of ferritic stainless steel sheet." *Proceedings of 2nd International Conference on Recrystallization & Grain Growth*, Annecy, France (30 Aug.-3 Sept. 2004): 317.

Sinclair, C.W., J.-D. Mithieux, *et al.* "Recrystallization of Stabilized Ferritic Stainless Steel Sheet", *Metallurgical and Materials Transactions A*, Vol. 36A (Nov. 2005): 3205.

Van Hecke, B. "The Forming Potential of Stainless Steel", *Materials and Applications Series* Vol. 8, Euro Inox (2006).

Toscan, F., Galerie, *et al.* "Relations between Oxidation Kinetics and Chromium Diffusion in Stainless Steels." *Materials Science Forum* Vols. 461-464 (2004): 45-52. Online unter [www.scientific.net](http://www.scientific.net).

Yazawa, Y., Y. Kato, *et al.* "Development of Ferritic Stainless Steel with Excellent Deep Drawability for Automotive Fuel tanks." *Review of Automotive Engineering* Vol. 26 (2005): 59.

Yazawa, Y., M. Muraki, *et al.* "Effect of Chromium Content on Relationship Between r-value and {111} Recrystallization Texture in Ferritic Steel." *ISIJ International* Vol. 43, No. 10 (2003): 1647-1651.

Yazawa, Y., Y. Ozaki, *et al.* "Development of ferritic stainless steel sheets with excellent deep drawability by {111} recrystallization texture control." *JSAE Review* No. 24 (2003): 483.





# ANHÄNGE

## Liste der ISSF-Mitglieder

### MITGLIEDSFIRMEN

Acciaierie Valbruna  
Acerinox S.A.  
Acesita S.A.  
Aichi Steel Corporation  
Arcelor Mittal  
Baoshan Iron and Steel Co. (Stainless Steel Branch)  
Cogne Acciai Speciali S.p.A.  
Columbus Stainless (Pty) Ltd  
Daido Steel Co. Ltd.  
Deutsche Edelstahlwerke GmbH  
Hyundai Steel Company  
Industeel  
JFE Steel Corporation  
Jindal Stainless Ltd.  
JSC Dneprospetsstal  
Ningbo Baoxin Stainless Steel Co., Ltd.  
Nippon Kinzoku Co., Ltd.  
Nippon Metal Industry Co. Ltd.  
Nippon Steel and Sumikin Stainless  
Nippon Yakin Kogyo Co., Ltd.  
Nisshin Steel Co., Ltd.  
North American Stainless  
Outokumpu Oyj  
Panchmahal Steel Limited (PSL)  
POSCO  
POSCO Specialty Steel Co., Ltd.  
Shanghai Krupp Stainless (SKS)  
SIJ - Slovenska industrija jekla d.d./Slovenian Steel Gruppe  
Steel Authority of India Ltd. (SAIL)  
Sumitomo Metal Industries, Ltd.  
Taiyuan Iron and Steel (Gruppe) Co. Ltd. (TISCO)  
Takasago Tekko K.K.  
Tang Eng Iron Works Co. Ltd.  
Thainox Stainless Public Company Limited  
ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni S.p.A.  
ThyssenKrupp Mexinox S.A. de C.V.  
ThyssenKrupp Nirosta GmbH

Ugine & ALZ  
Ugitech S.A.  
Viraj Group  
Walsin Lihwa Corporation  
Yieh United Steel Corporation (YUSCO)  
Zhangjiagang Pohang Stainless Steel Co. Ltd. (ZPSS)

### ORGANISATIONEN

Australian Stainless Steel Development Association (ASSDA)  
British Stainless Steel Association (BSSA)  
Cedinox  
CENDI  
Centro Inox  
Edelstahl-Vereinigung e.V.  
Euro Inox  
EUROFER  
Institut de Développement de l'Inox (ID Inox)  
Informationsstelle Edelstahl Rostfrei (ISER)  
Indian Stainless Steel Development Association (ISSDA)  
Japan Stainless Steel Association (JSSA)  
Jernkontoret  
Korea Iron and Steel Association (KOSA)  
New Zealand Stainless Steels Development Association (NZSSDA)  
Nucleo Inox  
Southern Africa Stainless Steel Development Association (SASSDA)  
Special Steel and Alloys Consumers and Suppliers Association (USSA)  
Specialty Steel Industry of North America (SSINA)  
Stainless Steel Council of China Specialist Steel Enterprises Association (CSSC)  
Swiss Inox  
Taiwan Steel and Iron Industries Association (TSIIA)  
Thai Stainless Steel Development Association (TSSDA)  
Union de Empresas Siderúrgicas (UNESID)

# ANHÄNGE

## Danksagungen

Das ISSF dankt Friedriche Teroerde (ICDA) für das Vorwort zu dieser Broschüre. Außerdem geht Dank an Philippe Richard (Arcelor Mittal Stainless, Frankreich), der eine Arbeitsgruppe bestehend aus Jacques Charles (Ugine & Alz, Frankreich), Peirteh Huang (Yusco, Taiwan), Kwangyuk Kim (Posco, Südkorea), Jochen Krautschick (ThyssenKrupp Nirosta, Deutschland), Juan Antonio Simon (Acerinox, Spanien) und Hideaki Yamashita (JFE, Japan) koordiniert hat. Weiter geht Dank auch an Benoît Van Hecke (Euro Inox, Belgien) für das Prüfen des Texts und an Paul Snelgrove, freier Berater und englischsprachiger Autor (Paris, Frankreich) für seine unbezahlbare Hilfe beim Erstellen dieser Broschüre.

Schließlich geht auch Dank an de blauwe peer (Ghent, Belgien) für Layout und Herstellung, an MBCOM (Paris, Frankreich) für den Entwurf des Titelblatts und an Stevens Creative Printing (Merelbeke, Belgien) für das Drucken.

ISSF bedankt sich bei ThyssenKrupp Nirosta ([www.nirosta.de](http://www.nirosta.de)) für die Bereitstellung der deutschen Version dieser Broschüre.

### FOTOS

Das ISSF möchte den Unternehmen und Einzelpersonen danken, die Fotos für diese Broschüre zur Verfügung gestellt haben. Hinsichtlich der Fotos, deren Quelle nicht bekannt ist, entschuldigt sich das ISSF hiermit bei den Besitzern der Urheberrechte.

**Titelblatt:** MBCOM, Paris, Frankreich; **S. 2-3:** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), Frankreich; **S. 4:** Columbus Stainless (Pty) Ltd, Südafrika; **S. 5:** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasilien; **S. 7:** Lincat Limited, Lincoln, Großbritannien; **S. 8:** ISSF China, PRC; **S. 9 (tl):** BSH Bosch und Siemens Hausgerate GmbH, München, Deutschland; **S. 9 (bl):** Whirlpool Corporation, Cassinetta di Biandronno, Italien; **S. 9 (r):** Groupe SEB, Rumilly, Frankreich; **S. 10:** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasilien; **S. 11 (tl):** IKEA, Aelmhult, Schweden; **S. 11 (bl):** Yiu Heng International Company Limited, Macao; **S. 11 (r):** Takara Standard Corporation, Japan; **S. 12 (t):** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasilien; **S. 12 (b):** Tramontina, São Paulo, Brasilien; **S. 13 (l):** Lincat Limited, Lincoln, Großbritannien; **S. 13 (r):** Korea Iron & Steel Association (KOSA), Seoul, Südkorea; **S. 14:** POSCO, Pohang, Südkorea; **S. 15 (l & c):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), Frankreich; **S. 15 (tr):** Suncue Company Ltd. and Yieh United Steel Corp. (YUSCO), Taiwan; **S. 15**

**(br):** Japan Stainless Steel Association (JSSA), Tokio, Japan; **S. 16 (l):** Southern Africa Rostfrei-Stahl Development Association (SASSDA), Rivonia, Südafrika; **S. 16 (r):** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasilien; **S. 17:** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasilien; **S. 18 (L):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), Frankreich; **S. 18 (Tr):** Mac Brothers Catering Equipment, Kapstadt, Südafrika; **S. 18 (br):** Centro Inox and ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni S.p.A., Italien; **S. 19:** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasilien; **S. 20 (t):** BSH Bosch und Siemens Hausgerate GmbH, München, Deutschland; **S. 20 (b):** Faurecia, Nanterre, Frankreich; **S. 21 (l):** Valmet, Boulogne-Billancourt, Frankreich; **S. 21 (c):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), Frankreich; **S. 21 (r):** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasilien; **S. 22 (l):** Sander Inox and Nucleo Inox, Brasilien; **S. 22 (r):** Ompagrill and Centro Inox, Italien; **S. 23:** BSH Bosch und Siemens Hausgerate GmbH, München, Deutschland; **S. 24 (tl & tr):** Japan Stainless Steel Association (JSSA), Tokyo, Japan; **S. 24 (br):** Columbus Stainless (Pty) Ltd, Südafrika; **S. 25 (l):** Korea Iron & Steel Association (KOSA), Seoul, Südkorea; **S. 25 (tc):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), Frankreich; **S. 25 (tr):** Faurecia, Nanterre, Frankreich; **S. 26 (t):** Groupe SEB, Rumilly, Frankreich; **S. 26 (b):** LG Electronics, Südkorea; **S. 27 (l):** Columbus Stainless (Pty) Ltd, Südafrika; **S. 27 (r):** Japan Stainless Steel Association (JSSA), Tokyo, Japan; **S. 28 (l):** BSH Bosch und Siemens Hausgerate GmbH, München, Deutschland; **S. 28 (r):** Korea Iron & Steel Association (KOSA), Seoul, Südkorea; **S. 29:** Taiyuan Iron & Steel (Group) Company Ltd. (TISCO), Taiyuan, PRC; **S. 30 (t):** ISSF China, PRC; **S. 30 (b):** Qingdao Haier International Trading Co. Ltd., PRC; **S. 31 (l):** Suntank, Pretoria, Südafrika; **S. 31 (r):** Japan Stainless Steel Association (JSSA), Tokyo, Japan; **S. 32 (box):** POSCO, Pohang, Südkorea; **S. 33 (all):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), Frankreich; **S. 34 (l):** Centro Inox, Italien; **S. 34 (tr):** Faurecia, Nanterre, Frankreich; **S. 34 (b):** alle 4 Fotos Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), Frankreich; **S. 35:** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasilien; **S. 36 (t):** ThyssenKrupp Nirosta GmbH, Krefeld, Deutschland; **S. 36 (b):** Macadams Baking Systems (Pty) Ltd, Kapstadt, Südafrika; **S. 37 (l):** Faurecia, Nanterre, Frankreich; **S. 37 (r):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), Frankreich; **S. 38 (l):** Faurecia, Nanterre, Frankreich; **S. 38 (r):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), Frankreich; **S. 39 (l):** Suntank, Pretoria, Südafrika; **S. 39 (tr):** Acesita (Arcelor Mittal Group), Brasilien; **S. 39 (br):** Solaris Bus & Coach Co., Polen; **S. 40 (l):** Brandt Edeltahldach GmbH, Köln, Deutschland; **S. 40 (r):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), Frankreich; **S. 41 (tr):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), Frankreich; **S. 41 (br):** ThyssenKrupp Nirosta GmbH, Krefeld, Deutschland; **S. 42 (tl):** Willem De Roover, Ghent, Belgien; **S. 42 (bl):** Faurecia, Nanterre, Frankreich; **S. 42 (tr):** Centro Inox, Milan, Italien; **S. 42 (br):** Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), Frankreich; **S. 43:** Hanjin, Südkorea; **S. 44 (t):** Groupe SEB, Rumilly, Frankreich; **S. 44 (b):** Lincat Limited, Lincoln, Großbritannien; **S. 58:** ThyssenKrupp Nirosta GmbH, Krefeld, Deutschland; **S. 62:** Valmet, Boulogne-Billancourt, Frankreich; **S. 63:** POSCO, Pohang, Südkorea.

### HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Es wurde größte Mühe darauf verwandt, sicherzustellen, dass die in dieser Publikation gegebenen Informationen fachlich korrekt sind. Der Leser sollte aber berücksichtigen, dass das hier veröffentlichte Material nur zur allgemeinen Information gedacht ist. Das ISSF, seine Mitglieder, sein Personal und alle Berater lehnen hiermit ausdrücklich jede Haftung und Verantwortlichkeit für Verluste, Schäden und Verletzungen ab, die durch die Verwendung der in dieser Publikation (in gedruckter, elektronischer oder anderer Form) enthaltenen Informationen verursacht werden könnten.



conception ouverture : MBOCOM 01 42 63 11 00



Kontaktinformationen  
International Stainless Steel Forum (ISSF)  
Rue Colonel Bourg 120  
1140 Brussels • Belgium  
T: +32 2 702 8900 • F: +32 2 702 8912  
E: [issf@iisi.be](mailto:issf@iisi.be)

