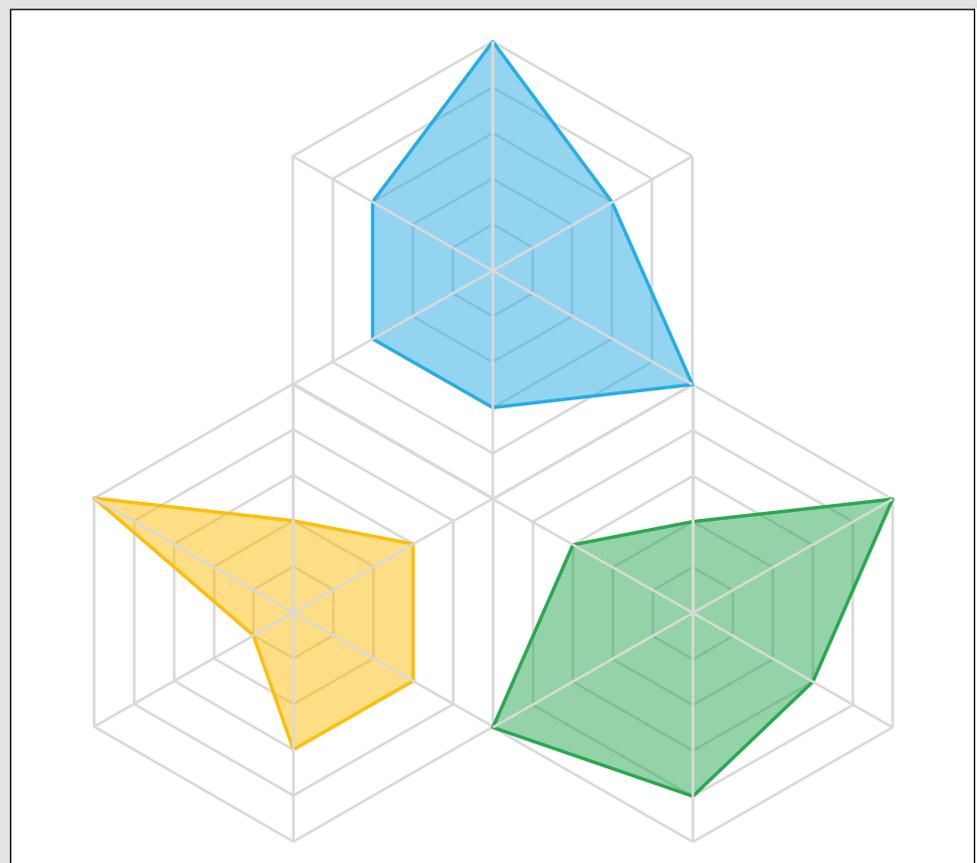


Merkblatt 820

Orientierungshilfe zur Werkstoffauswahl nichtrostender Stähle



Die Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

Die Informationsstelle Edelstahl Rostfrei (ISER) ist eine Gemeinschaftsorganisation von Unternehmen und Institutionen aus den Bereichen

- Edelstahlherstellung,
- Edelstahlhandel und Anarbeitung,
- Edelstahlverarbeitung,
- Oberflächenveredelung,
- Legierungsmittelindustrie,
- Dienstleistungen und Verlage für nichtrostende Stähle.

Die Aufgaben der ISER umfassen die firmenneutrale Information über Eigenschaften und Anwendungen von Edelstahl Rostfrei. Schwerpunkte der Aktivitäten sind

- praxisbezogene, zielgruppenorientierte Publikationen,
- Online-Informationsplattform unter www.edelstahl-rostfrei.de,
- Pressearbeit für Fach- und Publikumsmedien,
- Messebeteiligungen,
- Durchführung von Schulungsveranstaltungen,
- Errichtung von Kompetenzzentren „Edelstahl-Rostfrei-Verarbeitung“
- Informationen über Bezugsmöglichkeiten von Produkten aus Edelstahl Rostfrei,
- individuelle Bearbeitung technischer Anfragen.

Alle ISER Publikationen stehen zum kostenfreien Download unter www.edelstahl-rostfrei.de/publikationen zur Verfügung.

Inhalt

Einleitung	3
Ferritische nichtrostende Stähle	5
Austenitische nichtrostende Stähle	6
Austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle	8
Festigkeit über Korrosionsbeständigkeit	9
Umformbarkeit über Korrosionsbeständigkeit	10
Festigkeit über Umformbarkeit	11

Impressum

Merkblatt 820
Orientierungshilfe zur Werkstoffauswahl
nichtrostender Stähle
1. Auflage 2022

Herausgeber:

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei
Postfach 102205, D-40013 Düsseldorf
Tel: +49 (0) 211 6707-835
Fax: +49 (0) 211 6707-344
E-Mail: info@edelstahl-rostfrei.de
Internet: www.edelstahl-rostfrei.de

Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen vermitteln Orientierungshilfen. Gewährleistungsansprüche können hieraus nicht abgeleitet werden. Nachdrucke bzw. Veröffentlichungen im Internet, auch auszugsweise, sind nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers und mit deutlicher Quellenangabe gestattet.

Einleitung

Die Gebrauchs- und Verarbeitungseigenschaften der nichtrostenden Stähle werden sowohl direkt über die zugeführten Legierungselemente als auch durch den sich aus der jeweiligen Legierungszusammensetzung einstellenden Gefügebau bestimmt. Während reines Eisen bei Raumtemperatur nur kubisch-raumzentriert (Ferrit) vorliegt und der kubisch-flächenzentrierte Austenitkristall nur bei höheren Temperaturen vorkommt, können höher legierte Stähle und damit auch die nichtrostenden korrosionsbeständigen Stähle bei Raumtemperatur abhängig von der Legierungszusammensetzung und der Wärmebehandlung sowohl mit austenitischem als auch ferritischem Gefüge vorliegen sowie einer Mischung aus beiden. Durch eine gezielte Wärmebehandlung kann darüber hinaus noch ein tetragonal-verzerrtes kubisch-raumzentriertes Kristallgefüge eingestellt werden, das als Martensit bezeichnet wird.

Die nichtrostenden Stähle werden entsprechend dieser Gefügestände in

- ferritische (Cr),
- martensitische (Cr, C/Ni),
- austenitische (Cr, Ni, Mo, evtl. Mn, N) und
- austenitisch-ferritische (Cr, Ni, Mo, N)

nichtrostende Stähle eingeteilt. In den Klammern sind die Hauptlegierungsbestandteile dieser vier Gruppen aufgeführt. Weiterführende Informationen sind in den ISER-Merkblättern 803 und 821 zu finden.

Den oben genannten vier Hauptgruppen der nichtrostenden korrosionsbeständigen Stähle können typische, kennzeichnende Werkstoffeigenschaften zugeordnet werden. So zeichnen sich z.B. die austenitischen Sorten durch ein besonders gutes Umformvermögen aus, während die austenitisch-ferritischen Stähle (Duplex-Stähle) höhere Festigkeiten erreichen. Durch gezielte Veränderung der Legierungszusammensetzungen können Werkstoffsorten erzeugt werden, die auch über die Grenzen der Hauptgruppen hinweg vergleichbar ausgeprägte Eigenschaften besitzen.

Das gilt meist aber nur für einzelne, ausgewählte Eigenschaften und nicht für mehrere gleichzeitig. Aus diesem Grund sollte ein Wechsel zu einer anderen Werkstoffsorte, um beispielsweise ein teures Legierungselement zu vermeiden, nicht ohne genaue Prüfung der Folgen für den bestehenden Anwendungsbereich vorgenommen werden. Denn meist geht es um eines der Hauptlegierungselemente (mit Ausnahme von Chrom), das verändert werden soll, und somit um einen möglichen Wechsel in eine andere Hauptgruppe der nichtrostenden Stähle.

Die Substitution einer Werkstoffsorte sollte immer anwendungsbezogen erfolgen und genauestens abgewogen werden. Eine selektive Betrachtung einzelner Eigenschaften einer als Ersatz angedachten Sorte könnte zu weitreichenden Problemen, Qualitätsverlusten und hohen Kosten führen.

Die individuellen Eigenschaften der Stahlsorten werden vielfach in „**Stärken**“ und „**Schwächen**“ eingeteilt. Diese Bewertung sollte aber immer nur mit Blick auf den Einsatzbereich vorgenommen werden und keinesfalls einer allgemeinen Beurteilung zu Grunde liegen. Die Ausprägung einer Eigenschaft kann in einem Anwendungsfall als besonders hilfreich gelten, während sie in einem anderen Fall den Einsatz der Sorte unmöglich macht. Beispielsweise ist für viele Anwendungen eine hohe Festigkeit wichtig, wohingegen das meistens damit einhergehende geringere Umformvermögen weniger von Bedeutung ist. Für andere Anwendungen wiederum kann die hohe Festigkeit eher von Nachteil sein, wenn großes Umformvermögen benötigt wird (hohe Umformkräfte, geringes Ziehvermögen).

Welche „**Schwächen**“ bringt ein Werkstoff für den Anwendungsfall mit, der wegen seiner, für den Anwendungsfall zwingend notwendigen „**Stärken**“ zur Auswahl steht? Inwieweit sind die verschiedenen Eigenschaften der Sorte für die jeweilige Anwendung von Bedeutung? Diese Fragen sollte man sich bei der Entscheidungsfindung stellen.

Die nachfolgenden Diagramme sollen eine Hilfestellung bei der Auswahl von nichtrostenden Stählen geben, wobei die Gruppe der Martensite nicht betrachtet wird.



Spinnennetzdiagramme mit den sechs Werkstoffeigenschaften **Korrosionsbeständigkeit, Festigkeit, Umformbarkeit, Schweißbeignung, Wärmeausdehnung, Wärmeleitfähigkeit.**

In den Diagrammen wird die Kerbschlagarbeit nicht aufgeführt. Da die austenitischen nichtrostenden Stähle auch bei sehr tiefen Temperaturen nicht spröbruchgefährdet sind, können sie z.B. im Bauwesen bis -40 °C ohne weiteren Nachweis eingesetzt werden. Ferritische nichtrostende Stähle tendieren dagegen schon bei deutlich höheren Temperaturen zur Versprödung. Im Baubereich muss daher für diese Gruppe mindestens eine Kerbschlagarbeit von 40 J mit ISO-V-Proben bei -40 °C nachgewiesen werden. Der Nachweis muss gemäß den Angaben in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6 (ISER Sonderdruck 862) geführt werden. Die austenitisch-ferritischen nichtrostenden Stähle liegen aufgrund ihrer Gefügestruktur mit ihrer Kerbschlagzähigkeit und der Lage der Übergangstemperatur zwischen den beiden vorgenannten Gruppen. Ein Nachweis, wie bei den Ferriten, ist im Baubereich ebenfalls zu erbringen.

Aufgrund der Volatilität der Preise von Legierungselementen kann hier nicht weiter auf Kosten eingegangen werden.

In den „Spinnennetzdiagrammen“ sind die Werkstoffeigenschaften Korrosionsbeständigkeit, Festigkeit, Umformbarkeit, Schweißbeignung, Wärmeausdehnungskoeffizient und Wärmeleitfähigkeit für die gebräuchlichsten nichtrostenden Stähle mit einem einfachen Notensystem aufgeführt. Die Noten von eins bis fünf zeigen an, ob die jeweilige Eigenschaft im Vergleich der aufgeführten Stahlsorten eher hoch oder gering ausgeprägt ist. Eine Wertung der Eigenschaft sollen und können sie aber nicht darstellen, wie bereits weiter oben im Text mit dem Hinweis auf vermeintliche „Stärken“ und „Schwächen“ erläutert wurde.

Als Kennwert für die **Festigkeit** wurde die in der Norm DIN EN 10088-2:2014-12 geforderte Mindest-Dehngrenze $R_{p0,2}$ gewählt (Zustand C, kaltgewalztes Band, lösungsgeglüht; Ausnahme 1.4501: Zustand P, warmgewalztes Blech, lösungsgeglüht). Für die **Umformbarkeit** wurde die in der Norm DIN EN 10088-2:2014-12 geforderte Mindest-Bruchdehnung A_{80} als Kennwert herangezogen (Zustand C, kaltgewalztes Band, lösungsgeglüht; Ausnahme 1.4501: Zustand P, warmgewalztes Blech, lösungsgeglüht).

Eine generelle Quantifizierung der **Korrosionsbeständigkeit** von nichtrostenden Stählen gestaltet sich schwierig. Im Wesentlichen tritt örtliche Korrosion auf (z.B. Lochkorrosion, Spannungsrisskorrosion, Spaltkorrosion, Interkristalline Korrosion), für die es jedoch keine alles umfassende Kennzahl gibt.

Um dennoch eine quantitative Basis für den Vergleich der nichtrostenden Stahlsorten zu haben, wurde die Wirksumme herangezogen (englisch Pitting Resistance Equivalent Number PRE oder PREN), die als Maß für die Beständigkeit gegen Loch- und Spaltkorrosion betrachtet wird. Bei der Wirksumme handelt es sich allerdings um eine empirisch gefundene Regel und keinesfalls um eine Gesetzmäßigkeit mit definierten Randbedingungen. Die Berechnung der Wirksumme erfolgte nach der folgenden Formel und gilt für den atmosphärischen Bereich bei nicht erhöhter Temperatur:

$$PRE = \%Cr + 3,3 \times \%Mo + (X) \times \%N$$

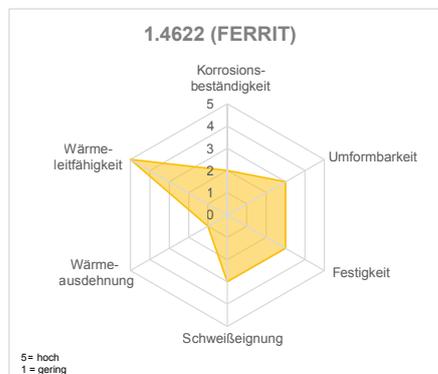
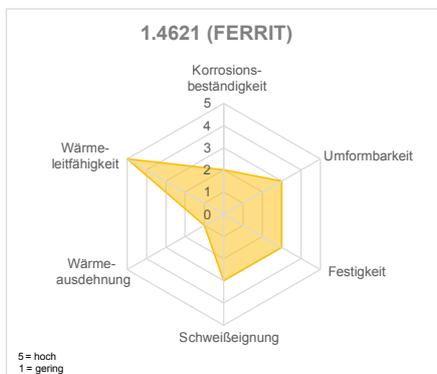
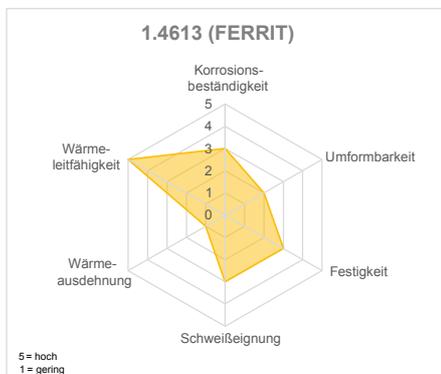
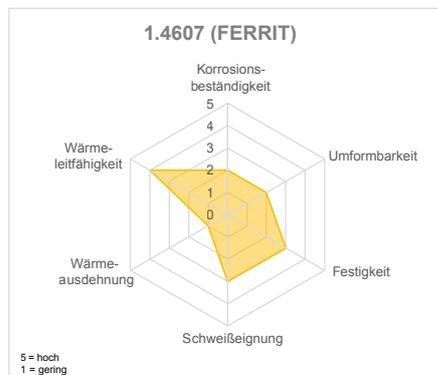
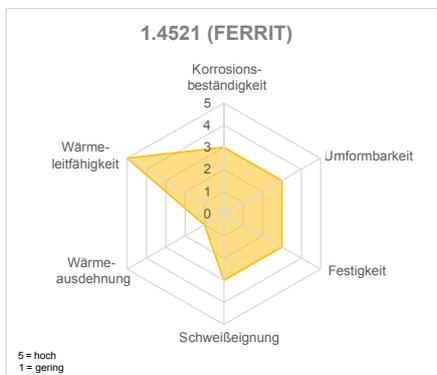
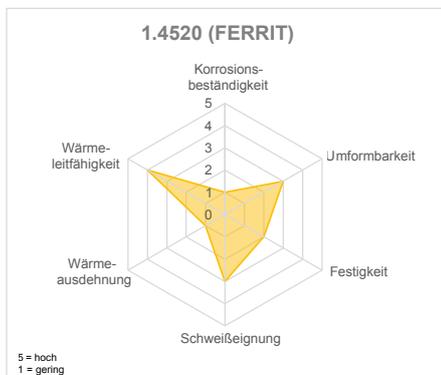
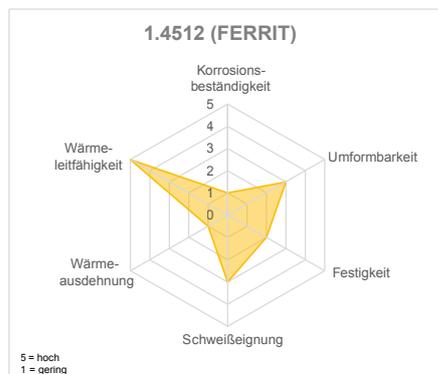
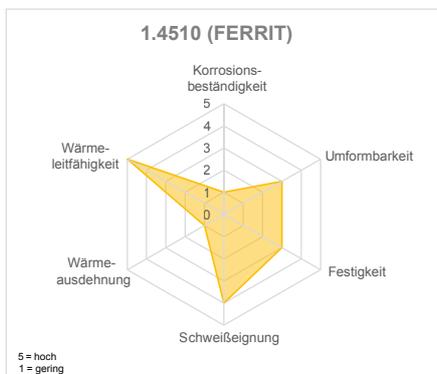
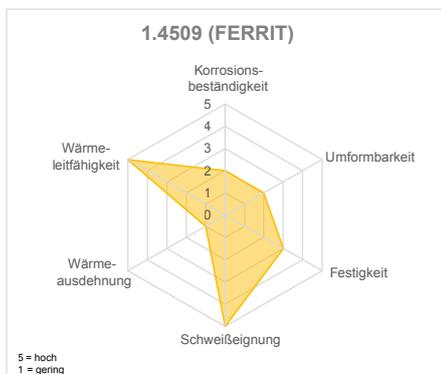
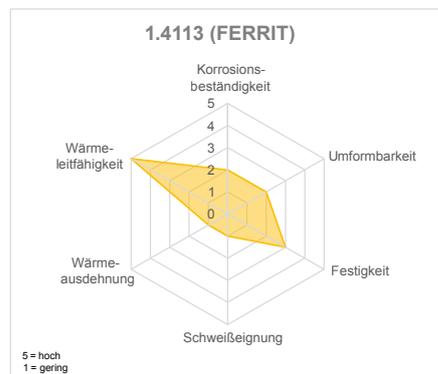
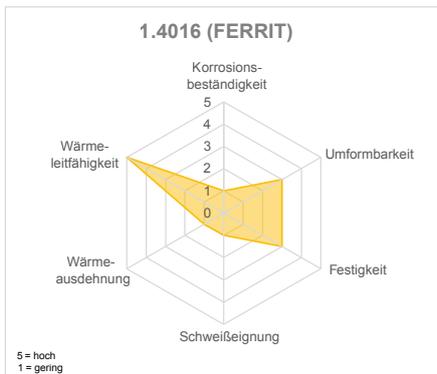
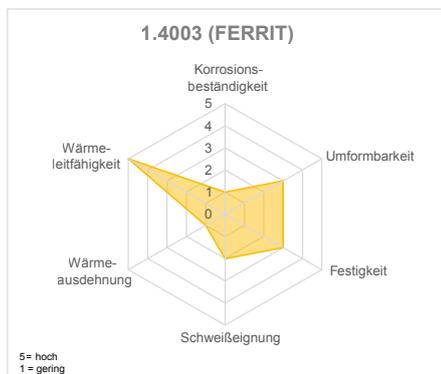
Dabei wurden für $\%Cr$, $\%Mo$ und $\%N$ jeweils die arithmetischen Mittelwerte der in DIN EN 10088-1:2014-12 angegebenen Grenzen für die Legierungselemente Chrom (Cr), Molybdän (Mo) und Stickstoff (N) eingesetzt. Der Stickstofffaktor X wurde für Sorten mit weniger als 3 % Mo gleich Null gesetzt, für alle anderen Sorten mit 3 % Mo oder mehr gleich 30 und für Duplex-Stähle wurde er mit 16 angesetzt.

Für die Eigenschaften **Wärmeausdehnung** (mittlerer Wärmeausdehnungskoeffizient zwischen 20 °C und 100 °C) und **Wärmeleitfähigkeit** wurden die entsprechenden Kennwerte aus der DIN EN 10088-1:2014-12 verwendet.

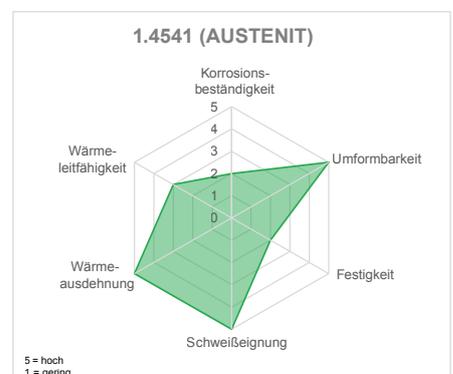
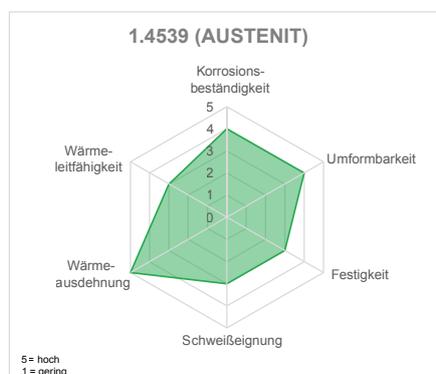
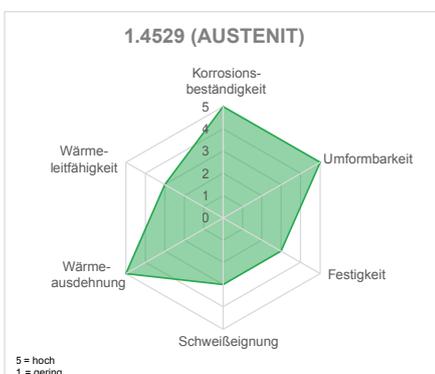
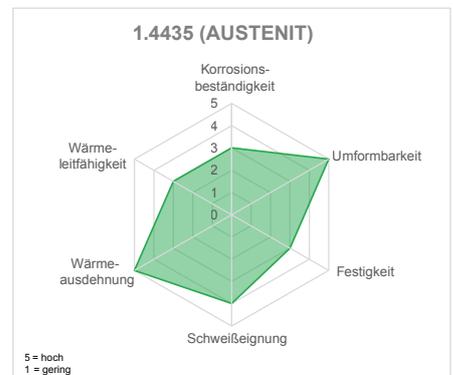
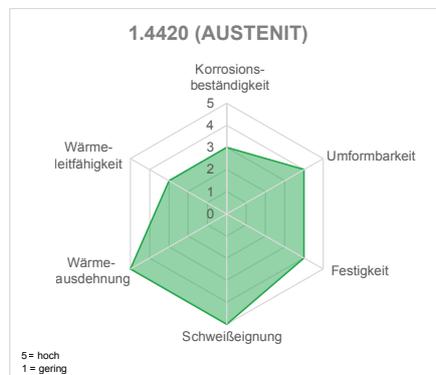
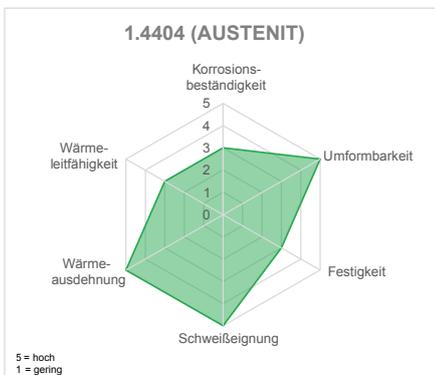
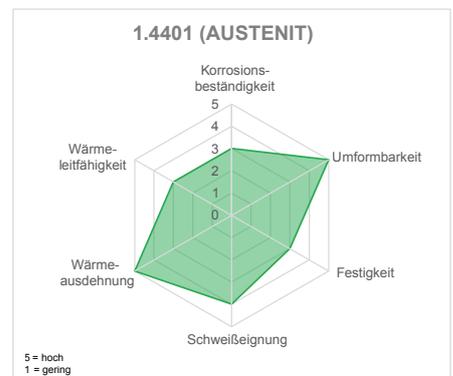
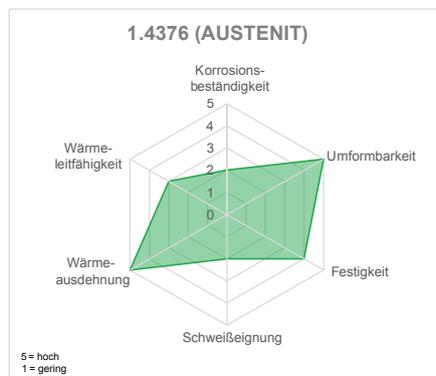
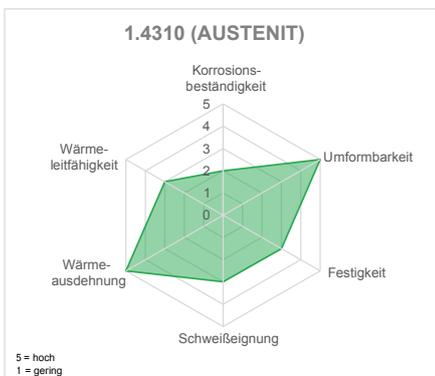
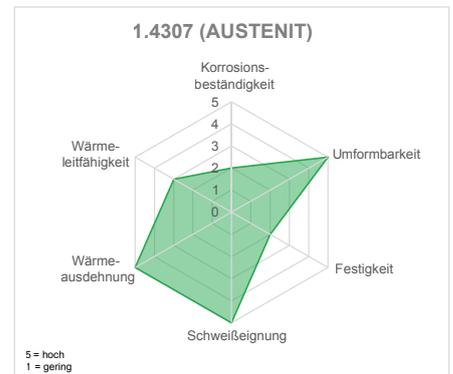
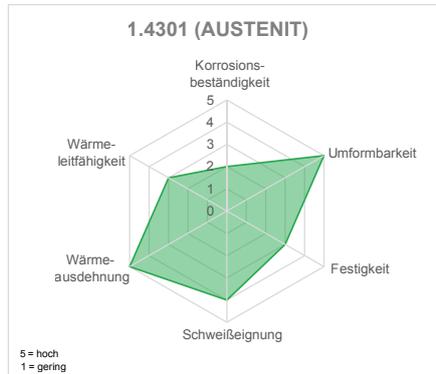
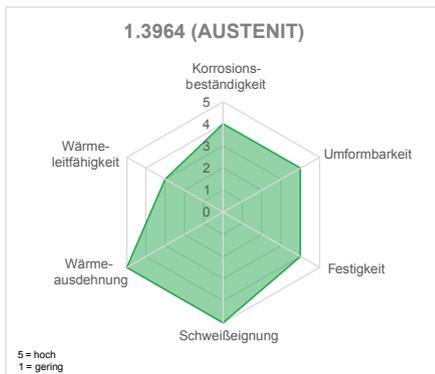
Eine hohe **Schweißbeignung** bedeutet, dass keinerlei Einschränkungen zu beachten sind, während bei einer geringen Schweißbeignung das Schweißen nur bedingt unter Beachtung zahlreicher Auflagen möglich ist.

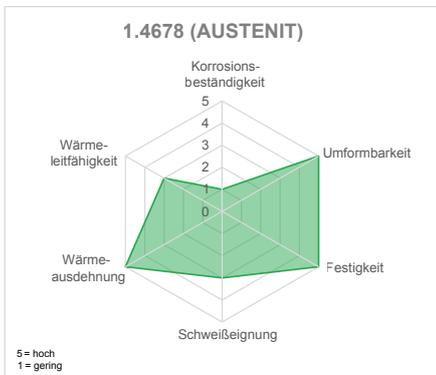
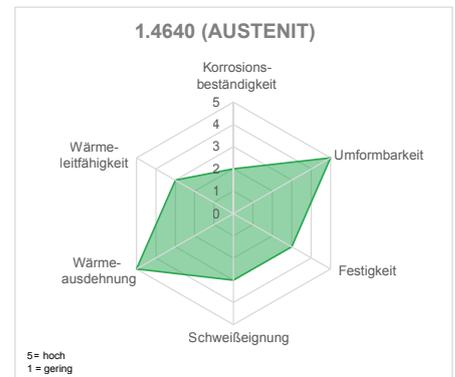
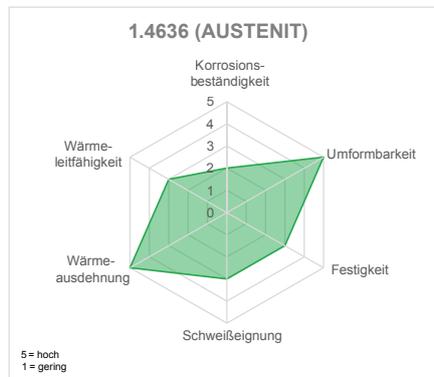
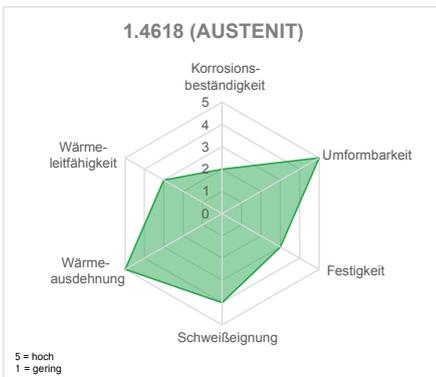
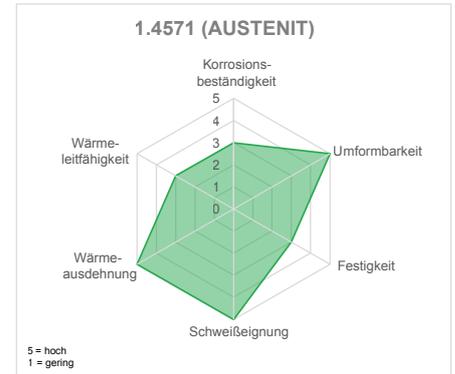
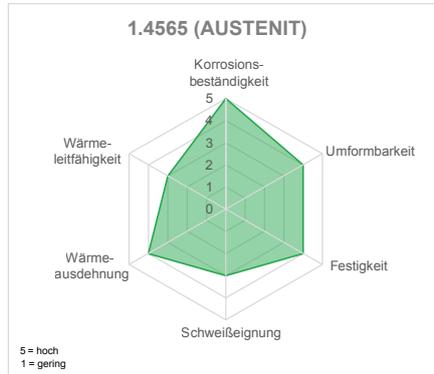
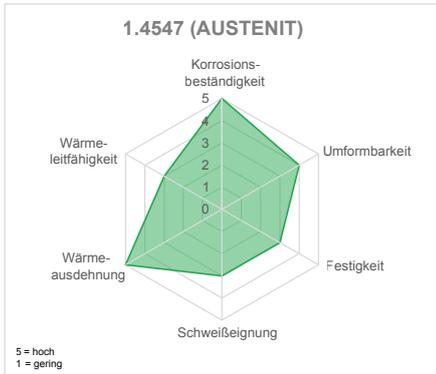
In den abschließend aufgeführten **Abbildungen 1-3** sind für gebräuchliche Sorten die Korrosionsbeständigkeit, die Festigkeit und die Umformbarkeit auf unterschiedliche Weise zueinander aufgetragen.

Ferritische nichtrostende Stähle

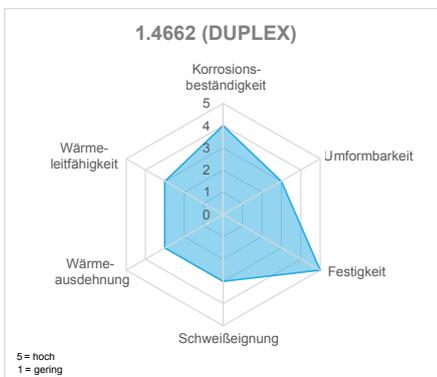
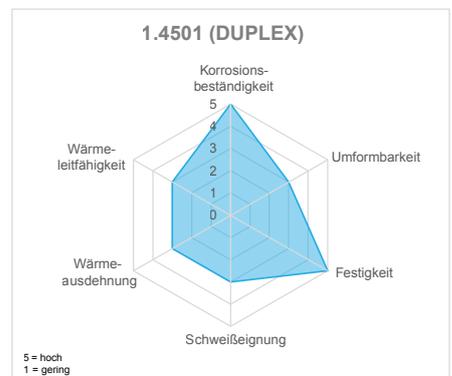
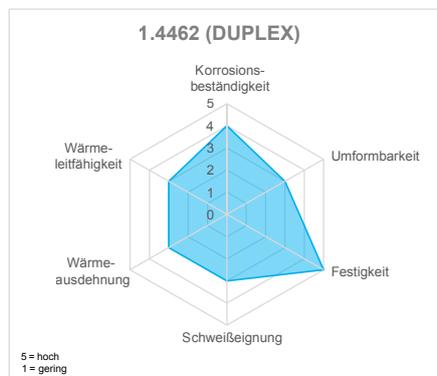
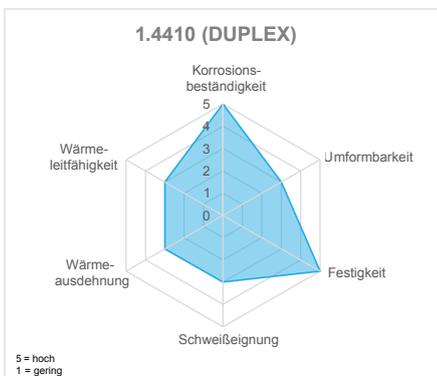
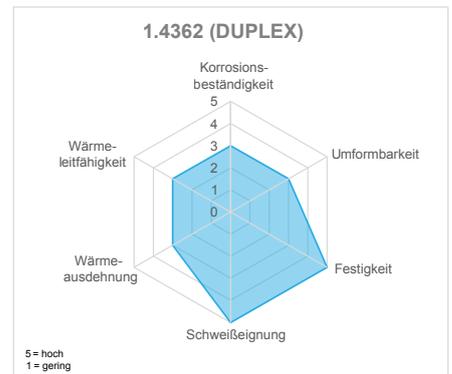
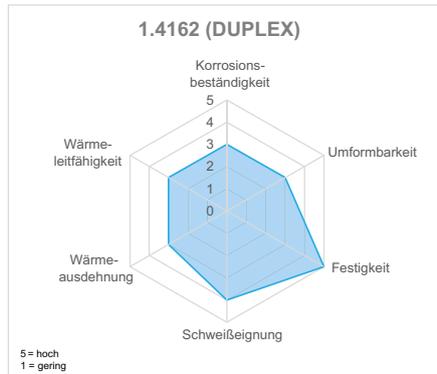
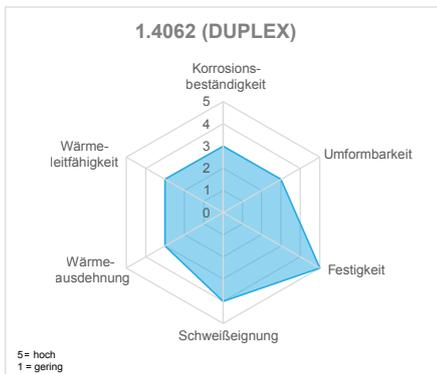


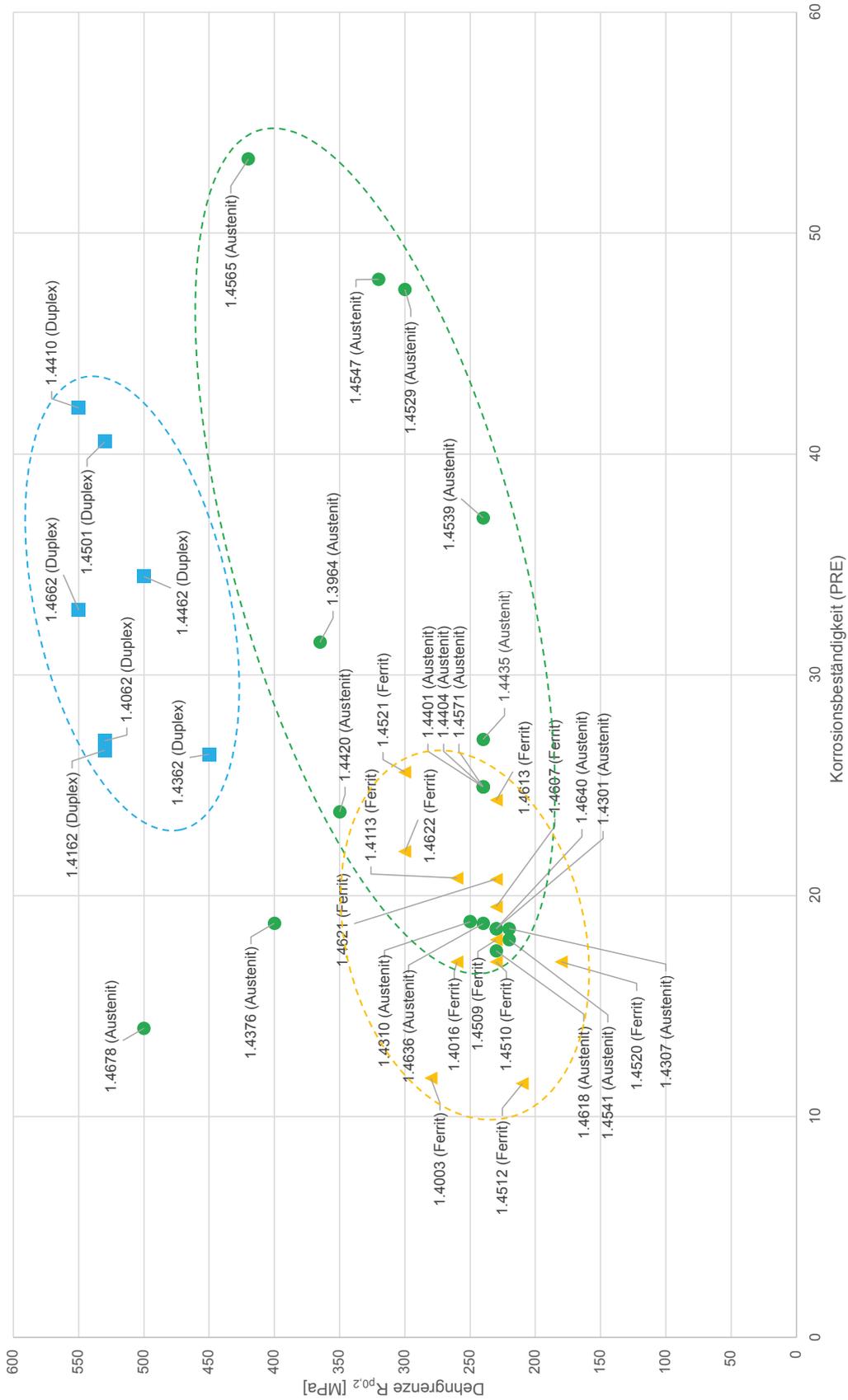
Austenitische nichtrostende Stähle





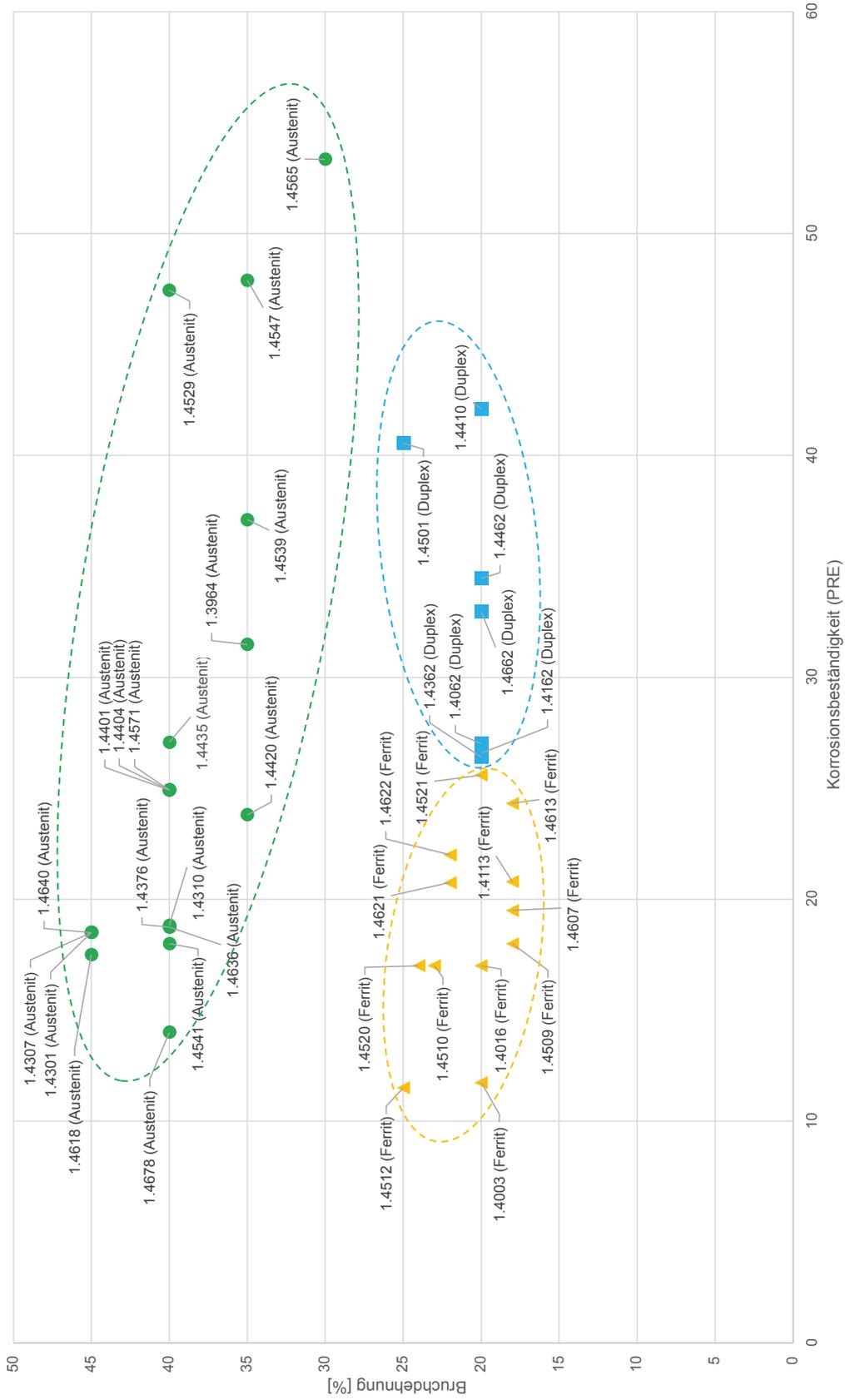
Austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle





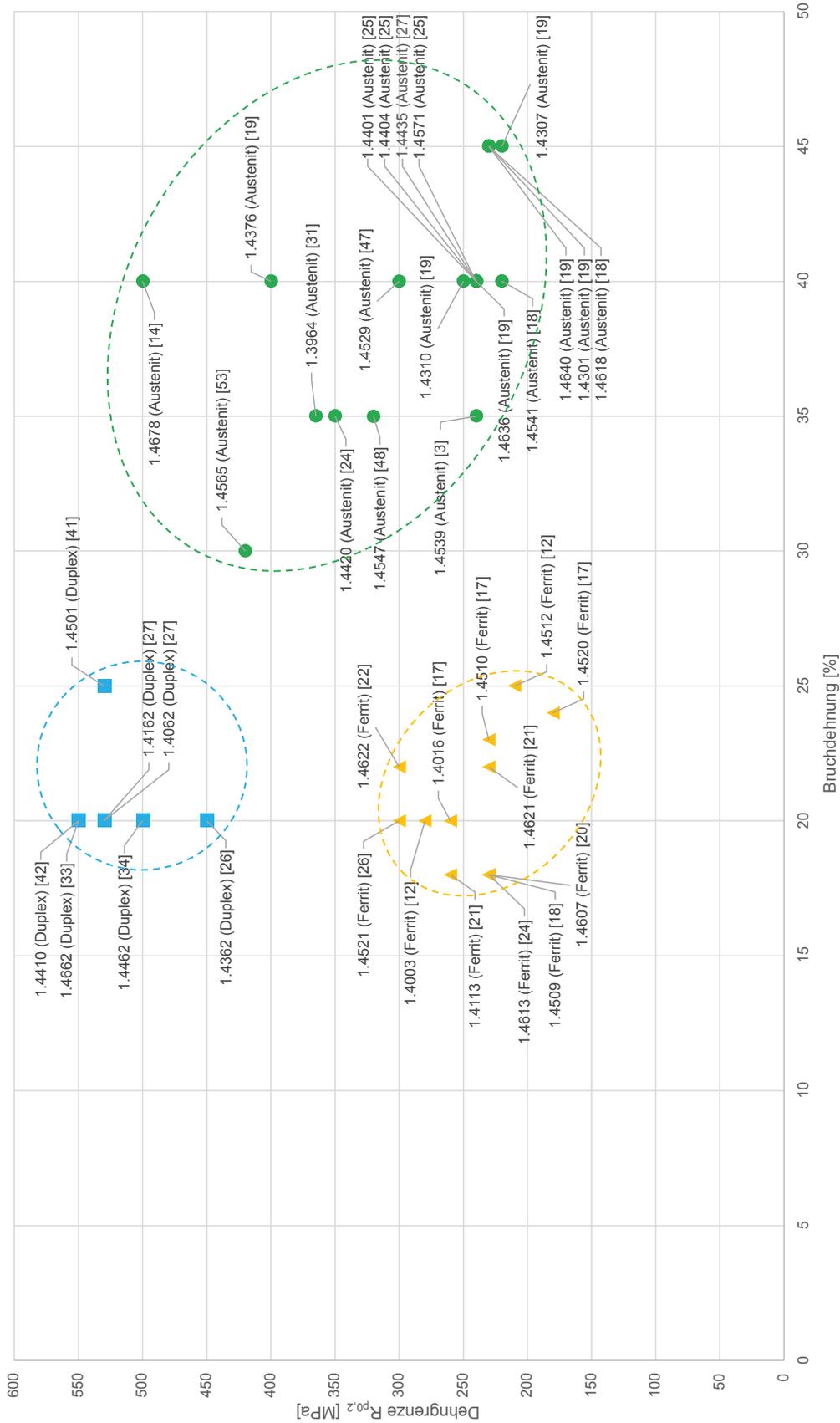
PRE: Wirksumme der jeweiligen Sorte, berechnet aus dem arithmetischen Mittel der in DIN EN 10088-1:2014-12 angegebenen Grenzen für die Legierungselemente.
 $PRE = \%Cr + 3,3 \times \%Mo + (X) \times \%N$ (Stickstofffaktor (X) = 0 für Sorten mit weniger als 3 % Mo, Stickstofffaktor (X) = 30 für Sorten mit 3 % Mo oder mehr, Stickstofffaktor (X) = 16 für Duplex Stähle) |
 Mindest-Dehngrenze $R_{p0.2}$ aus DIN EN 10088-2:2014-12 (Zustand: kaltgewalztes Band, lösungsgeglüht; Ausnahme 1.4501: Zustand P, warmgewalztes Blech, lösungsgeglüht)

Bild 1 : Festigkeit über Korrosionsbeständigkeit



PRE: Wirksumme der jeweiligen Sorte, berechnet aus dem arithmetischen Mittel der in DIN EN 10088-1:2014-12 angegebenen Grenzen für die Legierungselemente.
 PRE = %Cr + 3,3 x %Mo + (X) x %N (Stickstofffaktor (X) = 0 für Sorten mit weniger als 3 % Mo, Stickstofffaktor (X) = 30 für Sorten mit 3 % Mo oder mehr, Stickstofffaktor (X) = 16 für Duplex Stähle) |
 Mindest-Bruchdehnung A₉₀ aus DIN EN 10088-2:2014-12 (Zustand: kaltgewalztes Band, lösungsgeglüht; Ausnahme 1.4501: Zustand P, warmgewalztes Blech, lösungsgeglüht)

Bild 2 : Umformbarkeit über Korrosionsbeständigkeit



[XY]: Wirksumme der jeweiligen Sorte, berechnet aus dem arithmetischen Mittel der in DIN EN 10088-1:2014-12 angegebenen Grenzen für die Legierungselemente.
 PRE = %Cr + 3,3 x %Mo + (X) x %N (Stickstofffaktor (X) = 0 für Sorten mit weniger als 3 % Mo, Stickstofffaktor (X) = 30 für Sorten mit 3 % Mo oder mehr, Stickstofffaktor (X) = 16 für Duplex Stähle) |

Mindest-Dehnung $R_{m0.2}$ und Mindest-Bruchdehnung A_{B0} aus DIN EN 10088-2:2014-12 (Zustand: kaltgewalztes Band, lösungsgeglüht; Ausnahme 1.4501: Zustand P, warmgewalztes Blech, lösungsgeglüht)

Bild 3 : Festigkeit über Umformbarkeit



Informationsstelle Edelstahl Rostfrei
Postfach 10 22 05
D-40013 Düsseldorf
www.edelstahl-rostfrei.de

