



Edelstahl – Merkmale, Verarbeitung und Einsatz

Zurzeit benennt die EN 10088 83 europäische nichtrostende Stahlsorten, angefangen von den korrosionsträgsten Stählen mit min. 10,5% Chrom (Cr) bis hin zu den höchstlegierten, an die Nickellegierungen angrenzenden Sorten. Dabei unterscheidet man vier Grundgruppen nichtrostender Stähle nach der jeweiligen Gefügeart:

Gefüge	Hauptlegierungsbestandteile
ferritisch	Cr
martensitisch	Cr, Kohlenstoff (C) oder Nickel (Ni)
austenitisch	Cr, Ni, Molybdän (Mo)
austenitisch - ferritisch	Cr, Ni, Mo (höher Cr, weniger Mo als bei austenitischen)

Tab. 1: Gruppen nichtrostender Stähle, Quelle: Informationsstelle Edelstahl Rostfrei Düsseldorf, MB 821

Seit der Erfindung der nichtrostenden Stähle im Jahre 1912 haben Hersteller und Verwender unterschiedliche Namen verwendet, wie z. B. V2A/V4A, NIROSTA, INOX, REMANIT, Cromargan. Das Wort „Edelstahl“ ohne den Zusatz „Rostfrei“ reicht als Bezeichnung nicht aus, denn zu den Edelstählen gehören auch die Gruppen Edelbaustahl, Wälzlagerstahl, Schnellarbeitsstahl, Werkzeugstahl mit wesentlich anderen Gebrauchseigenschaften.

Zur Vereinheitlichung der europäischen Normen und Bezeichnungen wurden, wie auch bei den allgemeinen Baustählen, Werkstoffnummerierungen geschaffen. Diese haben sich vor allem im Bereich nichtrostende Stähle durchgesetzt, weil sie hier die vorher verwendeten, teils sehr langen Bezeichnungen ablösen.

Werkstoffnummer	Cr - / Ni - Anteil	Auflegierungen
1.40..	Cr – Stähle mit < 2,5% Ni	ohne Mo, Niob (Nb), Titan (Ti)
1.41..	Cr – Stähle mit < 2,5% Ni	mit Mo, ohne Nb oder Ti
1.43..	Cr – Stähle mit > 2,5% Ni	ohne Mo, Nb oder Ti
1.44..	Cr – Stähle mit > 2,5% Ni	mit Mo, ohne Nb oder Ti
1.45..	Cr -, CrNi - oder CrNiMo – Stähle	mit Sonderzusätzen Kupfer (Cu), Nb, Ti
1.46..	Cr -, CrNi – oder CrNiMo - Stähle	mit Sonderzusätzen Cu, Nb, Ti

Tab. 2 – Bedeutung der Werkstoffnummern für nichtrostende Stähle, Quelle wie Tab. 1

Die für die weitere Betrachtung hinsichtlich der Herstellung von Dachhaken aus Edelstahl in Frage kommenden typischen Vertreter der einzelnen Werkstoffnummergruppen sind nachfolgend aufgeführt.

Wnr.	Kurzname	C	Cr	Mo	Ni	Sonstige
1.4016	X6Cr17	< 0,08%	16,0/18,0%	---	---	---
1.4301/1.4307	X5CrNi18-10	< 0,07%	17,0/19,5%	---	8,0/10,5%	N>0,11
1.4316	X1CrNi19-9	< 0,02%	19,0/21,0%	---	9,0/11,0%	Mn
1.4430	X2CrNiMo19-12	< 0,02%	17,0/19,0%	> 2,5%	11,0/13,0 %	Mn

Tab. 3 – Übersicht über Vertreter ausgewählter Nummerngruppen nichtrostender Stähle, die im Bauwesen gebräuchlich und für tragende Bauteile und/oder Schweißzusatzstoffe zugelassen sind gem. EN 10088-1 sowie Zulassung Z-30.3-6, Quelle: M875 der Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Düsseldorf, 4. Auflage 2000

Die Stähle 1.4316 und 1.4430 werden beim Schweißen von 1.4016 und 1.4301 als Zusatzwerkstoff eingesetzt. Beachten Sie hierbei den Mo – Anteil im 1.4430, der entscheidend für die regelgerechte Ausprägung der Schweißnaht beim Schweißen von 1.4016 ist. Mehr dazu unter dem Punkt „Schweißen von Edelstahl“.

Ferritische Edelstähle (Cr – Stähle)

Man unterscheidet allgemein zwei Gruppen der ferritischen nichtrostenden Edelstähle:

- Gruppe 1 mit etwa 11 – 13% Cr – Gehalt
- Gruppe 2 mit etwa 17 % Cr – Gehalt.

Die mechanischen Eigenschaften der ferritischen Stähle setzen ein feinkörniges Gefüge voraus, das durch eine entsprechende Glühbehandlung erreicht wird. Der Korrosionswiderstand der Gruppe 1 (z. B. 1.4003) unter

atmosphärischen Bedingungen oder in wässrigen Lösungen ist eher begrenzt, so dass man bei diesen Stählen auch von „korrosionsträgen“ Stählen spricht.

Bei der Gruppe 2 (z. B. 1.4016) wird durch den erhöhten Cr – Anteil eine erheblich verbesserte Korrosionsbeständigkeit erzielt, die durch Auflegierungen (z. B. mit Mo) weiter verbessert werden kann.

Ein besonderer Vorteil der ferritischen Edelstähle ist, dass sie im Lieferzustand im Gegensatz zu austenitischen CrNi – Edelstählen (siehe unten) eine hohe Beständigkeit gegen chloridinduzierte transkristalline Korrosion zeigen.

Martensitische Edelstähle

Martensitische Stähle entstehen, wenn man Stähle mit austenitischem Gefüge, einem Cr – Gehalt von 12 – 18% und einem C – Gehalt ab 0,1% - ca. 1,2% abschreckt. Je höher dabei der C – Gehalt ist, desto größere Härte erzielt man. In vielen Einsatzgebieten wird diese Stahlgruppe wegen ihrer hohen Verschleißfestigkeit und Schneidhaftigkeit eingesetzt. Ein exzellentes Beispiel dafür ist die Herstellung von Rasierklingen aus diesen Stählen. Für die Verwendung von tragenden Konstruktionen sind diese Stähle nicht geeignet bzw. nicht sinnvoll.

Austenitische Edelstähle (CrNi – Stähle)

Die austenitischen Stähle bieten eine günstige Kombination aus Verarbeitbarkeit, mechanischen Eigenschaften und Korrosionsbeständigkeit an. Sie sind daher bisher die am meisten verwendeten Stähle in der Baupraxis. Je höher dabei der Anteil an Cr und Mo ist, desto höhere Korrosionsbeständigkeit erzielt man.

Austenitische Stähle sind sehr gut kaltumformbar. Sie besitzen daher beste Tiefzieh-, Streckzieh- und / oder Abkantbarkeit. Zum Realisieren von guten technologischen Eigenschaften ist auch hier ein feinkörniges Gefüge notwendig, was vor allem mit Lösungsglühen als abschließende Wärmebehandlung erreicht wird.

Austenitisch – ferritische Stähle (Duplex – Stähle)

Diese Stähle besitzen die in ihrem Namen enthaltenen zwei Gefügebestandteile. Vor allem der in der Allgemeinen Bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6:2003 aufgenommene Edelstahl 1.4462 ist Beweis für die sehr guten Eigenschaften dieser Stähle hinsichtlich Bearbeitbarkeit, Schweißen und Einsatz. Dieser enthält ca. 22% Cr, ca. 5% Ni und ca. 3% Mo, was u. a. ein sehr ausgewogenes Gefüge hervorruft.

Das führt natürlich zu einem unverhältnismäßig hohem Materialpreis und disqualifiziert dieses Material, und letztendlich diese Gruppe, für den vorliegenden Einsatzfall. Anwendung finden diese Stähle vornehmlich im Chemie-Apparatebau, in der Meeres- und Offshoretechnik.

Korrosionsverhalten

Nachstehend kurz die Herausarbeitung der Korrosionsarten, die auftreten können bzw. die für den Anwendungsfall relevant sein dürften. Genauere Angaben und Ausführungen dazu finden Sie unter dem Punkt „Startseite Edelstahlschweißen“.

Abtragende Flächenkorrosion

Sie ist gekennzeichnet durch einen gleichmäßigen oder annähernd gleichmäßigen Abtrag bezogen auf die Teileoberfläche. Diese kann bei nichtrostenden Stählen nur in Säuren oder starken Laugen auftreten. Sie damit nicht relevant für den Einsatzfall, der hier zu Grunde liegt.

Spalt- und Lochkorrosion (Pitting)

Treten beim Vorhandensein von Spalten (konstruktiv bedingte bzw. durch Ablagerungen entstehende) bzw. bei örtlichem Durchbrechen der Passivschicht (Lochfraß) auf. Vornehmlich Chloridionen oder Halogenide (Brom-, Jodionen) zeichnen dafür verantwortlich. Die Gefahr nimmt zu durch:

- erhöhte Umgebungstemperaturen,
- Ablagerungen und Verunreinigungen,
- Fremdstoffe,
- Schlackenreste,

- Anlauffarben (z. B. durch Schweißen).

Vorteilhaft ist daher, neben erhöhter Aufgliederung des Stahles im Schweißnahtbereich, eine möglichst glatte Oberfläche (Vorsicht bei ganzflächigen Strahlen der Teileoberfläche), vollständige Reinigung des Schweißnahtbereiches nach dem Schweißen sowie das Waschen der Teile nach dem Herstellungsprozess.

Spannungsrissskorrosion

Bei dieser Korrosionsart entstehen bei nichtrostenden Stählen Risse, die transkristall verlaufen. Nur unter Auftreten nachstehender drei Bedingungen tritt sie auf:

- Die Oberfläche des Bauteils steht unter Zugspannung
- Einwirken eines spezifisch wirkenden Mediums (meist Chloridionen)
- Neigung des Werkstoffes zu Spannungsrissskorrosion.

Bei Zugspannung ist es gleichgültig, ob sie von außen durch Zug- oder Biegespannungen aufgebracht werden oder als Eigenspannung, z. B. durch Schweißen, vorliegen. Diese Eigenspannungen lassen sich allerdings durch Strahlen des Nahtbereiches abbauen (Vorsicht Strahlen – siehe oben). Die austenitischen CrNi- und CrNiMo-Standardstähle sind empfindlicher als die ferritischen und austenitisch-ferritischen Stähle. Ein höherer Nickelgehalt verbessert die Beständigkeit.

Schwingungsrissskorrosion

Diese Korrosionsart tritt in vielen Bereichen, z. B. im Bauwesen, praktisch nicht auf. Bedingung sind Wechselbelastungen an der Konstruktion.

Interkristalline Korrosion

Sie kann in sauren Medien auftreten, wenn sich durch Wärmeeinwirkung (bei austenitischen Stählen zwischen 450 – 850°C, bei ferritischen oberhalb 900°C) Chromkarbide an den Korngrenzen ausscheiden. Solche Wärmeeinwirkungen treten z. B. beim Schweißen auf. Sie bewirkt eine örtliche Chromverarmung in der Umgebung der Chromkarbide. Maßnahmen gegen diesen Vorgang siehe unten.

Kontaktkorrosion

Kontaktkorrosion kann besonders dort auftreten, wo die Oberfläche des edleren Werkstoffes im Verhältnis zur Oberfläche des unedleren Kontaktpartners sehr groß ist. Zusätzlich bedarf es für das Auslösen dieser Korrosionsart eines entsprechenden Elektrolytes, damit der unedlere Partner (Anode) angegriffen werden kann und in Lösung geht.

Schweißen von Edelstahl

Unabhängig vom Werkstoff, dem Schweißprozess und der vorliegenden Herstellerqualifikation muss vor Fertigungsbeginn eine dokumentierte Anerkennung des Schweißverfahrens (WPAR bzw. WPQR nach EN ISO 15614-1) vorliegen.

Schweißbeignung 1.4016

Ferritische Stähle sind schweißgeeignet, wobei es zu einer Verminderung der Zähigkeit kommt. Sie neigen in der Wärmeeinflusszone zu erhöhtem Kornwachstum und müssen daher mit geringem Wärmeeintrag geschweißt werden. Sie eignen sich nicht für geschweißte Bauteile mit Schwingungs-, Wechsel- und starker Schlagbeanspruchung.

Dem Zähigkeitsverlust beim Schweißen von 1.4016 kann nicht mit dem Einsatz von austenitischen Schweißgut der Werkstoffnummer 1.4316 entgegen gewirkt werden. Es existieren zwar Empfehlungen, diesen Zusatzwerkstoff zu verwenden. Gleichwohl hat die Prüfung im Rahmen der Allgemeinen Bauamtlichen Zulassung Z-30.3-6:2003 ergeben, dass eine derartige Zulassung auch deswegen verwehrt wurde, weil die Versprödung und damit die Versagensgefahr zu hoch waren.

Will man tragende Konstruktionen aus diesem Stahl schweißen, hat man neben verfahrenstechnischen (Geschwindigkeit, Einstellwerte, Bedingungen) und werkstoffspezifischen (maximale Dicke, Vorbereitung,

Gefügeverhalten) Parametern auch zu beachten, dass durch das Deutsche Institut für Bautechnik bereits das Schweißen von 1.4016 mit 1.4316 nicht freigegeben wurde. Verfahrensprüfungen und/oder -freigaben durch Prüfanstalten mit dem verwendeten Zusatzwerkstoff 1.4316 sind anzuzweifeln, da sie der Allgemeinen Bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6 vom Grunde her widersprechen.

Um eine funktionierende Schweißung mit 1.4016 zu erreichen, wird für die Schweißung in diesem Zusammenhang der Zusatzwerkstoff 1.4430 empfohlen (Werte siehe oben). Durch die Ni / Mo – Auflegierung erreicht man zum einen eine Verbesserung der Zähigkeit der Schweißnaht und somit die Verringerung der Sprödbruchgefahr, gleichzeitig verringert man die Gefahr interkristalliner Korrosion durch Unterbindung der Angriffsanfälligkeit gegenüber sauren Medien nach dem Schweißen. Mo bewirkt eine schnellere Repassivierung (Korrosionsschutz).

Für die Freigabe zum Schweißen von nichtrostenden Stählen muss zwingend eine Verfahrensprüfung WPAR nach EN ISO 15614-1 einer anerkannten Stelle (zertifizierte Prüffirma) vorliegen. Diese muss u. a. das geschweißte Bauteil wie auch Schweißzusatzwerkstoff, Parameter und geltenden Dickenbereich benennen. Es müssen neben Makro- auch Mikroanalysen sowie Zugversuche und Härteprüfungen durchgeführt werden. Es gelten als Grundlage ausdrücklich die Bedingungen der Allgemeinen Bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6:2003, gültig bis 2008.

Der Edelstahl 1.4016 ist nur bis 6 mm schweißbar. Darüber sind die Grobkornbildung und damit alle zusammenhängenden Probleme und Gefahren nicht mehr beherrschbar.

Schweißbeignung 1.4301

Austenitische Stähle lassen sich leichter schweißen als ferritische, jedoch sind auch hier Besonderheiten zu beachten:

Der Wärmeausdehnungskoeffizient liegt um ca. 50% höher, wodurch die Entstehung von Verformungen und Restspannungen begünstigt wird. Die Wärmeleitfähigkeit liegt um 60% niedriger, wodurch mehr Wärme in der Schweißzone konzentriert wird. Hier ist zwingend die Verwendung von Kupferunterlagen zur Abführung dieser Wärme notwendig.

Der Stahl 1.4301 besitzt die Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6:2003 und wird in der Praxis gemäß dieser Zulassung mit 1.4316 oder höherwertig (besser auch hier 1.4430 wegen Gefahr interkristalliner Korrosion) verschweißt. Durch diese Zulassung sind Schweißungen bis 6 mm abgedeckt. Es ist eine Verfahrensprüfung WPAR/WPQR notwendig (Inhalt wie oben), die im Bedarfsfall auch stärkere Materialdicken (z. B. 8 mm) abdeckt.

Herstellerqualifikationen, Zertifikate und Zulassungen

Alle Angaben beziehen sich auf ruhende Beanspruchungen sowie nichtrostende Stähle unter Berücksichtigung der Allgemeinen Bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6. Genaue Angaben enthalten die Downloads unter „Normen, Vorschriften und Kommentare“ auf der „Startseite Edelstahlschweißen“

Herstellerqualifikation B	nur 1.4301, 1.4307, 1.4541, 1.4401, 1.4404, 1.4571 bis Festigkeitsklasse S235 Verfahren manuell / teilmechanisch (keine erweiternde Zulassung für vollmechanisierte / automatisierte Verfahren möglich), nur an einfachen Bauteilen, Verankerungen und Verbindungsmitteln, auch Baustahl stark eingeschränkt
Herstellerqualifikation C	wie B, allerdings auch für vollmechanisch / automatische, mäßige Einschränkung bei Baustahl
Herstellerqualifikation D	wie C, aber nichtrostender Stahl ohne Einschränkung und alle Festigkeitsklassen, keine Einschränkung bei Baustahl
Zusätzlich notwendig (alle)	WPAR/WPQR nach EN ISO 15614-1 verfahrensbezogen für jedes Verfahren und jede Kombination von Werkstoffen namentliche Qualifikation der ausführenden Schweißer nach DIN EN 287-1 inklusive Vertretung, es dürfen nur diese Schweißer diese Arbeiten ausführen

namentliche Qualifikation der Aufsichtspersonen inklusive der Vertretungen, je nach Qualifikationsgruppe unterschiedliches Kompetenzniveau (A gering → D hoch), Qualifikationsgrad gemäß Bauaufsichtlicher Zulassung Z-30.3-6

Weitere Informationen erhalten Sie passwortgeschützt im Bereich „normbasierende Anbieterübersicht“ auf der „Startseite Edelstahlschweißen“.

Für alle Klassen gilt gesetzlich verbindlich gemäß Bauaufsichtlicher Zulassung Z-30.3-6:2003:

Schweißarbeiten, die von Schweißern ohne gültiger Schweißprüfung nach DIN EN 287 und/oder Herstellern ohne gültige Herstellerqualifikation ausgeführt werden, gelten als nicht normgerecht hergestellt.

Alle anderen Qualifikationen, wie z. B. die Herstellerqualifikation zum Schweißen von Schienenfahrzeugen und –fahrzeugteilen nach DIN 6700-2 gelten nicht. Grundlage ist allein die Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6 sowie die DIN EN 729-3.

Stahlauswahl

Der ferritische Edelstahl 1.4016 ist im Verhältnis zum austenitischen 1.4301 die kostengünstigere Variante.

In verschiedenen Publikationen und in der Allgemeinen Bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6 ist für 1.4016 definiert, dass überwiegende bzw. typische Anwendungen der Innenbereich ist. Sicher kann er keine Verwendung im architektonischen Stahlbau finden, aber die findet der 1.4301 auch nicht (wird nicht empfohlen für mittelbelastete Industrieumgebung oder gar für den Einsatz an der Küste).

1.4016 ist für den Anwendungsfall Dachhaken einsetzbar, da hier über den Einsatzzeitraum keine Ansprüche an Aussehen und Beschaffenheit der Oberfläche gestellt werden. Es stellt sich zudem die Frage, ob für diesen Einsatzfall hinsichtlich der Lage des Dachhakens nicht von „Innenbereich“ auszugehen ist. Die Bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6 betrifft hinsichtlich der Schweißnaht Tragkonstruktionen, die im Außenbereich liegen. Sie spricht in diesem Zusammenhang von Stahlhochbau. Eine Einschränkung für die Schweißung von 1.4016 für tragende Konstruktionen im Innenbereich (im Inneren liegende Schweißnaht) besteht nicht. 1.4016 sollte nicht flächengestrahlt werden, damit die Passivierschicht und die „blanke“ Oberfläche nach dem Walzen erhalten bleibt. Lediglich im Schweißnahtbereich ist eine Nahtbehandlung mit Strahlen möglich, da hier durch die Verwendung von 1.4430 als Zusatzwerkstoff eine ausreichende Auflegierung stattfindet und auch austenitisches Nahtgefüge vorhanden ist (Ni/Mo – siehe oben).

Entscheidend ist (wie auch beim 1.4301) das Vorliegen der notwendigen Herstellerqualifikationen und außerdem der WPAR Zulassungen in dem Umfang, wie es notwendig ist (siehe oben). Unter Berücksichtigung aller Faktoren, vor allem dem qualifizierten Ausführen der besonderen Schweißung ist der 1.4016 durchaus eine (kostengünstige) Alternative. Letztendlich entscheidet der Kunde selbst, ob er die mit der besseren Stahlgüte verbundenen Mehrkosten akzeptieren kann. An der Haltbarkeit der Befestigungsteile aus 1.4016 über die angestrebte Lebensdauer der Anlage im beschriebenen Verwendungsfall und darüber hinaus besteht herstellerseitig kein Zweifel.

Weitere Informationen entnehmen Sie bitte auch den einzelnen Downloads auf der „Startseite Edelstahlschweißen“

Stand der Technik 01/2007

Quellennachweis

M 821, M 822, M 823, MB 824, MB 826, MB 828, MB 829, MB 834, MB875 der Informationsstelle Edelstahl Rostfrei Düsseldorf
Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6:2003 Institut für Bautechnik Berlin
sowie alle in den vorgenannten Publikationen benannten Quellen