

# Korrosionseigenschaften von Bohrschrauben



Die Wahl der Stahlsorte bei nichtrostenden Stählen wird durch die Anforderungen des Korrosionsschutzes bestimmt. Unser Beitrag beschreibt die grundsätzliche Schädigungsmechanismen verschiedener Arten der Korrosion sowie die bei der Herstellung der Stähle möglichen Gegenmaßnahmen.

## Abtragende Korrosion

Unter abtragender Korrosion versteht man einen gleichmäßigen oder annähernd gleichmäßigen Flächenabtrag der Werkstoffoberfläche unter der Einwirkung eines korrosiven Mediums, bei dem es sich meist um chlorid- oder schwefeldioxydhaltige Flüssigkeiten handelt. Diese Art der Korrosion wird bei den un- und niedriglegierten Stählen als Rosten bezeichnet. Liegt die Abtragungsrate unter 0,1 mm/a, so wird der Werkstoff als ausreichend beständig gegen Korrosion angesehen.

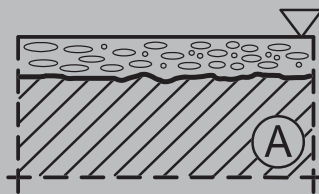
## Gegenmaßnahme: Korrosionsbeständige Stähle, nichtrostende Stähle

Zur allgemeinen Verbesserung der Beständigkeit gegen abtragende Korrosion wird dem Stahl das chemische Element Chrom (Cr) zugegeben. Ab einem Anteil von etwa 12 M-% Cr spricht man von nichtrostendem Stahl. Seine Beständigkeit gegen Korrosion erhält der nichtrostende Stahl durch die Ausbildung der sogenannten Passivschicht an seiner Oberfläche, die aus einer Verbindung von Chrom und Sauerstoff besteht. Im Gegensatz zu einer Oxydschicht muss der Stahl zur Aufrechterhaltung dieser Passivschicht in ständigem Kontakt zu Sauerstoff stehen.

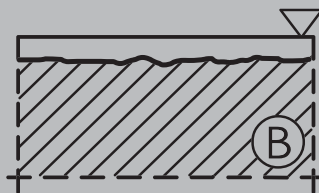
Die Zugabe von Molybdän (Mo) führt zu einer weiteren deutlichen Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit. Die Wirksumme  $WS = \%Cr + 3,3 \cdot \%Mo + (16 \div 30) \cdot \%N$  beschreibt diesen Einfluss der zunehmenden Korrosionsbeständigkeit in Abhängigkeit von der Erhöhung der Legierungselemente. Ab einer Wirksumme von 33 sind die Stähle beständig gegen Seewasser. Die im Sprachgebrauch häufig zu findenden Namen V2A und V4A für die nichtrostenden Stähle sind nicht genormt und unterscheiden sich nur darin, ob der Werkstoff Mo enthält (V4A) oder nicht (V2A). Demnach ist der Werkstoff V4A dadurch charakterisiert, dass er aufgrund seines Mo-Gehaltes eine höhere Wirksumme hat und damit auch eine wesentlich höhere allgemeine Beständigkeit gegen Korrosion aufweist.

Prinzipdarstellung verschiedener Korrosionsformen:

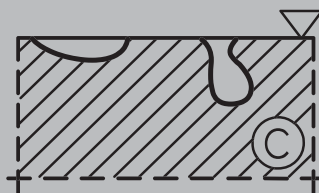
a) interkristalline Korrosion



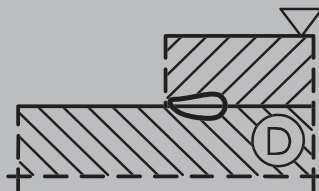
b) abtragende Korrosion



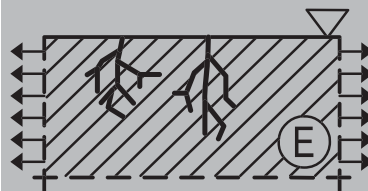
c) Lochkorrosion



d) Spaltkorrosion



e) Spannungsrisskorrosion



Da durch die Zugabe von Cr und Mo jedoch auch die Zähigkeit des Stahles sehr stark abnimmt, gibt man zur Verbesserung der Zähigkeitseigenschaften Nickel (Ni) hinzu. Die dadurch vorliegende Eisen-Chrom-Nickel – Legierung mit geringen Kohlenstoffanteilen (C) erhält durch genügend Zugabe von Nickel (etwa 10 M-%) ein austenitisches Gefüge, weshalb man bei diesen nichtrostenden Stählen auch von Austeniten spricht. Der Werkstoff X7CrNi18 10 (1.4301) entspricht in seiner Zusammensetzung in etwa dem ersten hergestellten austenitischen Stahl. Dieser Stahl enthält gemäß seiner Bezeichnung etwa 0,07 M-% C, 18 M-% Cr und 10 M-% Ni.

## Lochkorrosion

Sie geht von kleinen, häufig nur nadelstichtartigen großen Löchern an der Oberfläche des Werkstoffes aus, die dadurch entstehen, dass die für die Korrosionsbeständigkeit erforderliche Passivschicht beispielsweise durch Ablagerungen, Fremdstoffe oder Anlauffarben örtlich zerstört ist. Meistens durch den Angriff von Chloriden gehen von diesen kleinen Löchern große Aushöhlungen ins Werkstoffinnere aus. Diese Korrosionsform ist sehr häufig die Ursache für Schäden jeglicher Art an nichtrostenden Stählen.

## Spaltkorrosion

Sie entsteht an Spalten, weil dort der Oberfläche des Werkstoffes nicht genügend Sauerstoff zur Verfügung gestellt wird, um die Passivschicht zu bilden. Der Korrosionsvorgang der Spaltkorrosion ist dem der Lochkorrosion sehr ähnlich.

## Gegenmaßnahme: Wirksumme erhöhen

Um Loch- oder Spaltkorrosion zu vermeiden, dient vor allem ein Erhöhen der Wirksumme (Zulegieren von Mo), das heißt durch Verwendung eines Werkstoffes mit Mo (V4A, z.B. 1.4404) werden fast alle Schäden vermieden, die bei Verwendung eines Werkstoffes ohne Mo (V2A, z.B. 1.4301) bei entsprechender Korrosionsbeanspruchung entstehen.

### Interkristalline Korrosion (IK), Kornzerfall

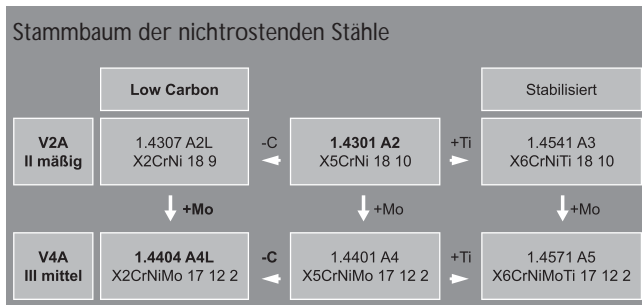
Die IK ist eine Korrosionsform, die dann entsteht, wenn sich an den Korngrenzen des Werkstoffes Chromcarbide (Verbindung aus Cr und C) bilden. Da dies auch an der Oberfläche des Werkstoffes geschieht, steht an den Schnittstellen der Korngrenzen mit der Oberfläche nicht mehr ausreichend Cr zur Bildung der Passivschicht zur Verfügung. Bei Angriff eines speziellen Mediums korrodiert der Werkstoff von diesen Stellen aus entlang der Korngrenzen. Da die Werkstoffkörner richtiggehend aus dem Werkstoff herausgelöst werden, nennt man diese Korrosionsart auch Kornzerfall.

### Gegenmaßnahme: Stabilisieren, Kohlenstoffarme Stähle / Low Carbon / Extra Low Carbon

IK wird vermieden, indem man die Bildung der Chromcarbide verhindert. Dies erreicht man entweder dadurch, dass man dem Werkstoff den Kohlenstoff entzieht (LC-, ELC- Stähle) oder durch Zugabe eines Elementes mit einer höheren Affinität zu Kohlenstoff als Chrom stabilisiert, beispielsweise durch Titan.

### Spannungsrissskorrosion (SpRK)

Hierbei handelt es sich um eine Korrosionsform, die nahezu ohne Korrosionsprodukte entsteht und deshalb außerordentlich gefährlich ist. Sie entsteht nur, wenn die Werkstückoberfläche unter Zugspannungen steht, ein spezifisches Medium vorhanden ist (Chloridionen) und der Werkstoff anfällig gegen diese Korrosionsform ist. Die Austenite mit etwa 8 bis 12 % Nickel gehören grundsätzlich zu diesen anfälligen Werkstoffen, und es sind auch dramatische Schadensfälle bekannt. Allerdings ist die SpRK bei Schrauben für das Bauwesen eher unbedeutend. In kritischen Anwendungsfällen sollte man sie aber auch hier nicht außer acht lassen, dies gilt insbesondere für die Verwendung in Schwimmbädern.



### Gegenmaßnahme: Ni-Gehalt erhöhen oder verringern

Um die SpRK bei den nichtrostenden austenitischen Stählen zu vermeiden, muss man den Nickelgehalt entweder erhöhen oder verringern. Eine Erhöhung des Nickelgehaltes führt jedoch zu einer deutlichen Preissteigerung, während eine Verringerung dazu führt, dass kein austenitisches Gefüge mehr vorhanden ist, und damit auch alle Vorteile der Austenite verloren gehen. Grundsätzlich lässt sich aber auch bei dieser Korrosionsform sagen, dass eine Erhöhung der Wirksumme - also Zulegieren von Mo (V4A) - die Gefahr der Rissinitiation und damit der Korrosionsgefahr verringert.



links: Die Aluminiumtrapezprofile ließen sich von Hand anheben.

rechts: Ein Großteil der Schrauben war durch die starken Korrosionsschäden bereits gebrochen und stand aus der Dachebene heraus.

**Tabelle 1** Einteilung der Werkstoff- und Schraubengruppen in Widerstandsklassen gegen Korrosion mit Belastung und typischer Anwendung

Stahlsorte	Werkstoffgruppe *)	Schraubengruppe	Widerstandsklasse gegen Korrosion	Belastung und typische Anwendung
1.4301	V2A	A2	II / mäßig	Zugängliche Konstruktionen ohne nennenswerte Gehalte an Chloriden und Schwefeldioxyden, <b>keine Industrielatmosphäre</b>
1.4307		A2L		
1.4541		A3		
1.4401	V4A	A4	III / mittel	<b>Konstruktionen mit mäßiger Chlorid- und Schwefeldioxydbelastung und unzugängliche Konstruktionen</b>
1.4404		A4L		
1.4571		A5		

\*) keine genormte Bezeichnung

In der Tabelle 1 sind einige ausgewählte austenitische Werkstoffe mit ihrer Widerstandsklasse gegen Korrosion zusammengestellt. Es ist zu erkennen, dass die Schraubengruppen A2, A2L und A3 der Stahlsorte V2A entsprechen, und die Schraubengruppen A4, A4L und A5 der Stahlsorte V4A. Weiterhin kann man mit Hilfe des Stammbaums in Tabelle 2 sehen, dass beispielsweise der Werkstoff 1.4404 zwei entscheidende Vorteile gegenüber dem Werkstoff 1.4301 besitzt. Durch das Zulegieren von Mo erhält der Werkstoff durch seine höhere Wirksumme eine deutlich bessere Beständigkeit gegen allgemeine Korrosion, Lochkorrosion und Spaltkorrosion, und kann somit auch für unzugängliche Konstruktionen sowie unter mäßiger Chlorid- und Schwefeldioxydbelastung eingesetzt werden. Durch das Entziehen von C vermeidet man die Gefahr der interkristallinen Korrosion.

### Schlussfolgerungen für den Einsatz von Schrauben

Bereits für Konstruktionen mit mäßiger Chlorid- und Schwefeldioxydbelastung (Industrielatmosphäre) sowie generell für unzugängliche Konstruktionen Schrauben der Werkstoffgruppen A4 (1.4401), A4L (1.4404) oder A5 (1.4571) wegen der deutlich besseren Widerstandsfähigkeit gegen Korrosion eingesetzt werden. Dies ergibt sich aus der Korrosionsbeständigkeit der Stähle und spiegelt sich in den baurechtlichen Vorschriften wieder.

### Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6

Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6 vom 5. Dezember 2003 [1] behandelt „Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen“. Die in dieser Zulassung enthaltenen Festlegungen sind baurechtlich verbindlich und nur in begründeten Ausnahmefällen kann gegen sie verstoßen werden. Die Tabelle 1 der Z-30.3-6 enthält 15 verschiedene Stahlsorten nach DIN EN 10088, die Tabelle 2 13 verschiedene Stahlsorten für Verbindungsmittel nach DIN EN ISO 3506. Mit den in diesen beiden Tabellen ebenfalls definierten Widerstandsklassen gegen Korrosion und den angegebenen typischen Anwendungsbeispielen hat der Architekt und der Tragwerkplaner die Möglichkeit, den geeigneten Werkstoff aus einer Fülle von verfügbaren nichtrostenden Stahlsorten auszuwählen. Beachtenswert ist hierbei der Hinweis, dass für unzugängliche Konstruktionen – das sind solche Konstruktionen, deren Zustand nicht oder nur unter erschwerten Bedingungen kontrollierbar ist, und die im Bedarfsfall nur mit sehr großem Aufwand saniert werden können – auch ohne nennenswerte Gehalte an Chloriden und Schwefeldioxyden mindestens die Stahlsorten der Widerstandsklasse III / mittel (V4A, z.B. 1.4404) eingesetzt werden müssen.

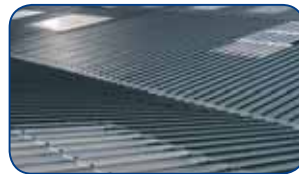
### Schadensbeispiel

Dass die vorgenannten Ausführungen nicht nur von theoretischer Natur sind, zeigt sich immer wieder an Schadensfällen. Dies soll an einem Beispiel verdeutlicht werden. Bei der Sanierung eines Daches einer Aluminiumgießerei im Nordosten der Niederlande wurden auch die Verbindungsmittel ausgetauscht. Das etwa 20 Jahre alte Dach bestand aus Aluminiumtrapezprofilen, die mit Schrauben der Werkstoffgruppe A4 (1.4401) mit der Unterkonstruktion verbunden waren. An den Schrauben waren keinerlei Anzeichen eines Korrosionsangriffes zu erkennen. Die neue Dachkonstruktion, ebenfalls Aluminiumtrapezprofile, wurde mit Schrauben der Werkstoffgruppe A2 (1.4301) an der Unterkonstruktion befestigt. Schon nach weniger als 2 Jahren mussten sämtliche Schrauben wegen Korrosion wieder getauscht werden. Ein Großteil der Schrauben war durch die starken Korrosionsschäden bereits gebrochen. Für die in diesem Fall vorhandene Korrosionsbelastung waren die Schrauben aus dem Werkstoff 1.4301 nicht geeignet.

## EUROPÄISCHER HERSTELLER VON BAUVERBINDUNGSSYSTEMEN



Flachdach



Dach



Wand



Firmly fixed.

Für weitere Informationen:

Etanco GmbH Bauverbindungssysteme  
Auf der Landeskronen  
D 57234 Wilnsdorf-Wilden

Tel.: 0 27 39 / 47 99 64  
Fax: 0 27 39 / 47 99 66

etanco-gmbh@t-online.de  
www.etanco.de