**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
**Band:** 103 (1985)
**Heft:** 45

**Artikel:** Korrosionsverhalten nichtrostender Stähle im Bauwesen
**Autor:** Theiler, Franz
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-75924

**Nutzungsbedingungen**
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 16.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# Korrosionsverhalten nichtrostender Stähle im Bauwesen

Von Franz Theiler, Dübendorf

**Seitdem im Hallenbad von Uster das korrosionsbedingte Versagen der Aufhängebügel aus Chrom-Nickel-Stahl zum Absturz der untergehängten Decke führte («Schweizer Ingenieur und Architekt» 103, 1985, H. 21, S. 509), ist die Diskussion über nichtrostende Stähle nicht abgebrochen. Bei der EMPA häufen sich die Anfragen besorgter Ingenieure und Architekten, ob denn diese Stähle in Zukunft noch verwendet werden sollten. Um dieses Informationsbedürfnis abzudecken und, vor allem, um zukünftige Korrosionsschäden zu vermeiden, werden daher nachstehend die wichtigsten Schadenstypen und Massnahmen zu ihrer Vermeidung beschrieben. Zum besseren Verständnis sind die häufig komplexen Zusammenhänge stark vereinfacht dargestellt. Die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen entsprechen jedoch durchaus dem heutigen Stand der Kenntnisse auf diesem Gebiet.**

## Schützender Passivfilm

Die im Bauwesen verwendeten nichtrostenden Stähle haben in der Regel ein ferritisches oder austenitisches Gefüge. Ihrer chemischen Zusammensetzung nach unterscheiden sie sich vor allem im *Nickelgehalt*, vgl. Tabelle 1. Beide Gruppen verdanken ihre Korrosionsbeständigkeit einem hauchdünnen Passivfilm auf der Stahloberfläche, welcher die anodische Auflösung stark behindert. Für den Aufbau dieses schützenden Films ist *Sauerstoff* in elementarer oder chemisch gebundener Form, beispielsweise Wasser, notwendig. Mit einem Zusatz von mindestens 12% vermag das Legierungselement Chrom seinen natürlichen Passivfilm auf den Stahl zu übertragen, vgl. Bild 1. Dadurch wird der Stahl korrosionsbeständig bzw. passiv. Die Passivierungsneigung der nichtrostenden Stähle kann noch weiter gefördert werden durch Zusatz anderer Legierungselemente, wie etwa *Nickel, Molybdän, Kupfer, Vanadium*.

Leider ist dieser schützende Passivfilm mechanisch oder chemisch sehr leicht zu zerstören. Eine solche Schädigung tritt jeweils nur lokal auf, und der grösste Teil der Oberfläche bleibt intakt. Gerade diese Beschränkung auf lokale Korrosionserscheinungen ist eine charakteristische und mitunter folgenschwere Eigenschaft der nichtrostenden Stähle. Sie bewirkt, dass schon ein verhältnismässig geringer Materialabtrag gravierende Schäden auslösen kann und führt so zum wichtigsten Unterschied im Korrosionsverhalten von unlegiertem Stahl und nichtrostendem Stahl. Während der unlegierte Stahl bei korrosiver Beanspruchung ziemlich gleichmässig und vor allem gut sichtbar angegriffen wird, erleidet der nichtrostende Stahl keine vergleichbare Veränderung der Oberfläche.

In der Tabelle 2 sind einige typische nichtrostende Stähle mit ihrer Verwendung im Bauwesen aufgeführt. Für das Korrosionsverhalten dieser Stähle sind in erster Linie vier Korrosionsarten von Bedeutung: die *interkristalline Korrosion* bzw. der Kornzerfall, die *Lochkorrosion* bzw. der Lochfrass, *die Spaltkorrosion* und schliesslich die *Spannungsrisskorrosion*.

## Interkristalline Korrosion oder Kornzerfall

Die interkristalline Korrosion spielt im Bauwesen nur bei geschweissten Konstruktionsteilen eine Rolle. Der Angriff tritt dann grabenförmig entlang von

*Tabelle 1 Nichtrostende Stähle im Bauwesen, Gefüge und chemische Zusammensetzung (schematisch)*

| *Gefüge:* / *Zusammensetzung:* | ferritisch | austenitisch | ferritisch-austenitisch (im Bauwesen selten) |
|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | < 0,1% | < 0,1% | < 0,1% |
| Chrom | 13–17% | 18% | 24–28% |
| Nickel | < 1% | 8,5–12% | 4–8% |
| Molybdän | 0–2% | 2–5% | < 2,5% |

*Tabelle 2. Nichtrostende Stähle im Bauwesen, wichtigste Vertreter nach [1]*

| | *Werkstoffnummer* | *Anwendung* |
|---|---|---|
| ferritische Stähle | 1.4016 (ohne Molybdän) | Innen: Schliessfachanlagen, Tresore, Beschläge, Schilder, Möbelgestelle, Regale, Verkleidungen |
| | 1.4511 (ohne Molybdän mit Niob) | Innen: Schliessfachanlagen, Tresore, Verkleidungen<br>Aussen: Dacheindeckungen |
| austenitische Stähle | 1.4301 (ohne Molybdän) | Innen: Fahrtreppen, Aufzüge, Schliessfachanlagen, Tresore, Wand- und Deckenverkleidungen, Türen, Geländer, Möbelgestelle, Lampen<br>Aussen: Dachrandblenden (Gesimse), Dacheindeckungen, Fenster, Türen, Portale, Geländer, Brüstungen, Gitter |
| | 1.4401 (mit Molybdän) | Aussen: Fassaden, Türen, Geländer, Portale, Brüstungen, Fenster, Tresore<br>Verbindungsmittel: ungeschweisste Verankerungen aller Art* |
| | 1.4571 (mit Molybdän und Titan) | Verbindungsmittel: Verankerungen aller Art*, Kamine und Auskleidungen |

* Gemäss Mitteilungen des Institutes für Bautechnik, Berlin, 4 (1985), 120, wurde in Deutschland die Zulassung für die Verwendung in chlorhaltiger Atomosphäre, wie sie z. B. über gechlortem Schwimmbadwasser vorhanden ist, zurückgezogen.

Schweissnähten auf. Ihr Entstehen ist auf eine Reaktion zwischen Chrom und Kohlenstoff bei erhöhter Temperatur zurückzuführen. Die Löslichkeit von Kohlenstoff in ferritischen Chrom- und austenitischen Chrom-Nickel-Stählen nimmt beim Abkühlen aus der Schmelze ab. Derartige Stähle mit den heute üblichen Kohlenstoffgehalten um 0,05% sind bereits bei Temperaturen unterhalb von 900 °C mit Kohlenstoff übersättigt.

Diese Übersättigung ist so lange nicht von Bedeutung, als die Stähle nach dem Lösungsglühen rasch abgekühlt werden. Bei einer nachfolgenden Wärmebehandlung, beispielsweise durch Schweissen, wird die Übersättigung abgebaut, und es scheiden sich Chromcarbide aus. Die Ausscheidung erfolgt bevorzugt an Gitterstörstellen wie Korngrenzen. Sie setzt punktförmig ein und erfasst nach und nach den ganzen Korngrenzbereich [1]. Das dazu notwendige Chrom wird der Umgebung entzogen. Entlang den Korngrenzen bildet sich ein chromverarmter Bereich aus, worin der zur Erhaltung der Passivität notwendige Chromgehalt unterschritten wird, vgl. Bild 2. In Gegenwart eines aggressiven Mediums kann der betroffene Bereich rasch und selektiv aufgelöst werden. Diese Erscheinung wird interkristalline Korrosion oder auch Kornzerfall genannt, weil ganze Körner ausfallen können.

Mit steigender Wärmebehandlungstemperatur wird durch Diffusion aus dem Korninnern genügend Chrom nachgeliefert, um die Verarmung an den Korngrenzen auszugleichen. Daher nimmt die Anfälligkeit für interkristalline Korrosion mit steigender Wärmebehandlungstemperatur ab.

Die Geschwindigkeit der Chromcarbidausscheidung hängt von der Höhe des *Kohlenstoffgehaltes* ab. Mit abnehmendem Kohlenstoffgehalt verschiebt sich der Beginn der Anfälligkeit gegenüber interkristalliner Korrosion zu längeren Wärmebehandlungszeiten hin, vgl. Bild 3. Darauf beruht die Entwicklung der nichtrostenden Stähle mit Kohlenstoffgehalten unter 0,03%. Auf diese Weise wird der Beginn der Anfälligkeit so stark verzögert, dass selbst dicke Werkstücke ohne Gefahr geschweisst werden können.

Das Zulegieren der Elemente *Titan, Niob* und *Tantal* hat die gleiche Wirkung wie das Absenken des Kohlenstoffgehaltes. Diese Elemente binden den Kohlenstoff in Form stabiler Sondercarbide. Derartige Stähle werden darum auch «stabilisierte» Stähle genannt.

## Lochkorrosion oder Lochfrass

An passiven Stählen wird Lochkorrosion vor allem durch *Halogenide,* wie Chloride und Bromide, hervorgerufen.

Eine wichtige Ausnahme machen die Fluoride, die entgegen andersartiger Auffassungen keine Lochkorrosion erzeugen. Ausser den genannten Halogeniden sind nur ganz wenige andere Anionen als lochkorrosionserzeugend bekannt, so z. B. die Rhodanide [2]. Im Bauwesen sind es fast ausschliesslich die *Chloride,* welche die als Lochfrass bekannte Korrosionserscheinung hervorrufen, vgl. Bild 4.

Die Lochkorrosion ist potentialabhängig. Sie tritt erst nach Überschreiten eines bestimmten Grenzpotentials, auch als Lochfrasspotential bekannt, auf. Die Lage des Lochfrasspotentials hängt insbesondere vom Chloridgehalt, dem pH-Wert und der Temperatur des Angriffsmediums sowie von der Oberflächenbeschaffenheit des Stahl ab. In einer ersten Phase, der Lochbildung, wird der Passivfilm örtlich verletzt, vgl. Bild 5. Unter günstigen Bedingungen wird der Passivfilm an der betreffenden Stelle ergänzt (Repassivierung). Andernfalls kann sich das Loch stabilisieren, und die Phase des Lochwachstums setzt ein.

Zur Vermeidung der Lochkorrosion sollte in erster Linie der Kontakt von stark chloridhaltigen Angriffsmedien mit dem nichtrostenden Stahl verhindert werden. Wo dies aus technischen Gründen nicht möglich ist, kann ein molybdänhaltiger Werkstoff gewählt werden. Durch Zulegieren von *Molybdän* wird nämlich das Lochfrasspotential deutlich zu positiveren Werten verschoben. Gehalte von 2 bis 3% reichen erfahrungsgemäss aus, um eine hinreichende Beständigkeit gegenüber den im Bauwesen üblichen chloridhaltigen Angriffsmitteln zu erreichen. Ablagerungen aller Art, wie z. B. Oxidbeläge auf verzunderten Schweissnähten, Fremdrost, Schmutz und andere Rückstände wirken sich dagegen ungünstig auf die Lochfrassbeständigkeit aus, weil sie

*Bild 1. Chrom ist im Gegensatz zu Eisen durch einen dünnen Passivfilm vor Korrosion geschützt. Beim Zulegieren von mindestens 12% Chrom wird dieser Passivfilm auch auf Eisen-Chrom-Legierungen ausgedehnt. Auf diese Weise entstehen die nichtrostenden Stähle*

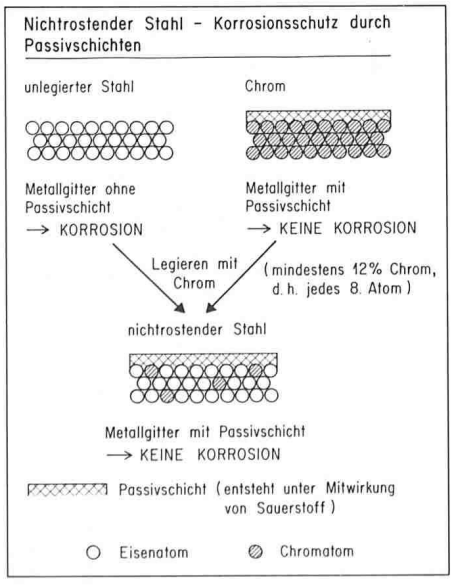



*Bild 2. Bei Temperaturen um 600 bis 700 °C scheidet sich an den Korngrenzen Chromcarbid aus. Das Chrom wird dem Korninnern entzogen und fehlt zur Erhaltung der Passivität. Dadurch wird der Stahl anfällig auf interkristalline Korrosion bzw. Kornzerfall. Bei höheren Temperaturen wird infolge Diffusion genügend Chrom nachgeliefert, um den Verlust auszugleichen. Daher ist nur ein schmaler Streifen beidseits der Schweissnaht gefährdet*

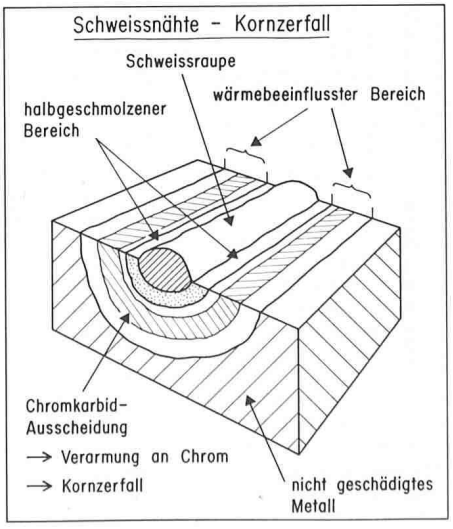
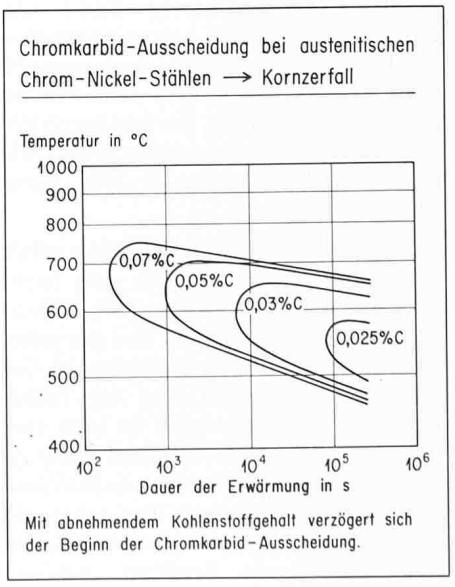



*Bild 3. Stähle mit herabgesetztem Kohlenstoffgehalt sind auch bei längerer Erwärmung unempfindlich gegen Chromcarbidausscheidung. Das bedeutet in der Praxis, dass auch dickere Werkstücke gefahrlos geschweisst werden können*



eine Anreicherung der Chloride in derartigen Bereichen ermöglichen. Es ist also nicht nur aus ästhetischen, sondern auch aus Gründen des Korrosionsschutzes empfehlenswert, solche Beläge durch Abbürsten oder, besser noch, durch Abbeizen zu entfernen bzw. zu vermeiden, dass diese sich auf der Metalloberfläche ausbilden.

## Spaltkorrosion

Bei nichtrostenden Stählen ist die Spaltkorrosion eng mit der Lochkorrosion verwandt. Konstruktiv vorgegebene Spalte sind im Grunde nichts anderes als überdimensionierte stabilisierte Löcher. Die Abgrenzung gegenüber der Lochkorrosion ist rein phänomenologisch. Im Bild 6 sind die Vorgänge in einem Spalt am Beispiel einer Nietverbindung schematisch dargestellt. Analoge Verhältnisse liegen an Punktschweissungen vor. In solchen Spalten ist der Angriff wesentlich aggressiver als in der angrenzenden Lösung.

Dafür sind drei Gründe verantwortlich, nämlich erstens: die stark gehemmte Diffusion von Sauerstoff in den Spalt hinein und – damit verbunden – die behinderte Ausheilung des zerstörten Passivfilms; zweitens: die Konzentrierung der schädlichen Chloride im Spalt (zur Erhaltung der Elektroneutralität muss für jedes bei der Korrosion entstandene positiv geladene Metallion ein negativ geladenes Anion aus der Umgebung in den Spalt einwandern); drittens: die Erniedrigung des pH-Wertes infolge Hydrolyse der Korrosionsprodukte (in engen Spalten sind auch bei neutralen Medien schon pH-Werte um 2 gemessen worden). Besonders ungünstig können Spalte aus einer Kombination von nichtrostendem Stahl mit organischen Werkstoffen, wie z. B. Dichtungen oder lose aufliegenden Beschichtungen sein, weil diese eine Anreicherung der Chloride fördern.

Wegen der engen Verwandtschaft mit der Lochkorrosion sind zur Vermeidung der Spaltkorrosion ebenfalls molybdänhaltige nichtrostende Stähle zu wählen. Ferner bieten sich konstruktive Massnahmen an, in erster Linie die Vermeidung von Spalten. Wenn dies aus technischen Gründen nicht möglich ist, sollten derartige Spalten entweder vollständig abgedichtet oder dann so stark erweitert werden, dass die Lösung im Spalt von gleicher Zusammensetzung ist wie diejenige der übrigen Umgebung.

## Spannungsrisskorrosion

Die Spannungsrisskorrosion ist die gefährlichste aller örtlichen Korrosionsarten, weil sie in verhältnismässig kurzer Zeit zum Versagen eines Bauteils führen kann. Wie der Name andeutet, tritt dabei die Rissbildung unter gleichzeitiger Einwirkung einer *Zugspannung* und eines *chemischen Korrosionsangriffes* auf. Analog zur Lochkorrosion kann ebenfalls zwischen einer Inkubationszeit, in der die Risse (bzw. Löcher) entstehen, und einer Periode der Rissfortpflanzung (bzw. Lochwachstum) unterschieden werden.

Die Risse verlaufen, zumindest anfänglich, senkrecht zur Zugspannung und können sich transkristallin (d. h. quer durch die Körner) oder interkristallin (den Korngrenzen entlang) fortpflanzen. Nahezu alle Legierungen sind in bestimmten Medien anfänglich gegenüber Spannungsrisskorrosion, so z. B. Kupferlegierungen in feuchter Luft mit Spuren von Ammoniak (interkristalline Risse), unlegierte Stähle in nitrathaltigen oder stark alkalischen Lösungen (interkristalline Risse), Aluminiumlegierungen in Meerwasser (interkristalline Risse).

Von den nichtrostenden Stählen werden in erster Linie die austenitischen Typen in chloridhaltiger Umgebung angegriffen. Die erzeugten Risse sind transkristallin, vgl. Bild 7. Je nach pH-Wert des Angriffsmediums wird zwischen anodisch und kathodisch induzierter Rissbildung unterschieden. Bei der *anodischen* Spannungsrisskorrosion wird in der Rissbildungsphase der Passivfilm örtlich zerstört, ähnlich wie bei der Lochkorrosion. Unter Einfluss der Zugspannung wirkt ein entstehendes Loch wie eine kleine Kerbe und kann so zum Ausgangspunkt für einen beginenden Riss werden.

Bei der *kathodischen* Spannungsrisskorrosion ist die Rissbildung hingegen auf die Ansammlung von Wasserstoff im plastisch verformten Bereich vor der Rissspitze zurückzuführen. Dieser Wasserstoff entsteht vorwiegend in sauren Medien infolge der kathodischen Teilreaktion auf der Metalloberfläche und dringt dann in atomarer Form in das Metallgitter ein. Als Folge davon entwickeln sich sehr hohe Drücke an der Rissspitze.

Massgebende Parameter für die Spannungsrisskorrosion sind beim Angriffsmedium der Chloridgehalt, der pH-Wert und die Temperatur, beim Werkstoff die Legierungselemente, die mechanische Spannung und das Potential. Mediumseitig fördern zunehmender Chloridgehalt und sinkender

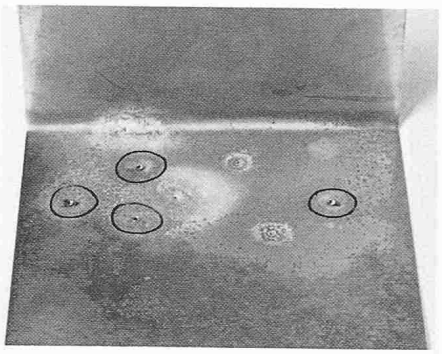


*Bild 4. Lochfrass an einem Winkelblech aus austenitischem Chrom-Nickel-Stahl mit vier Löchern, verursacht durch stark chloridhaltiges Wasser*

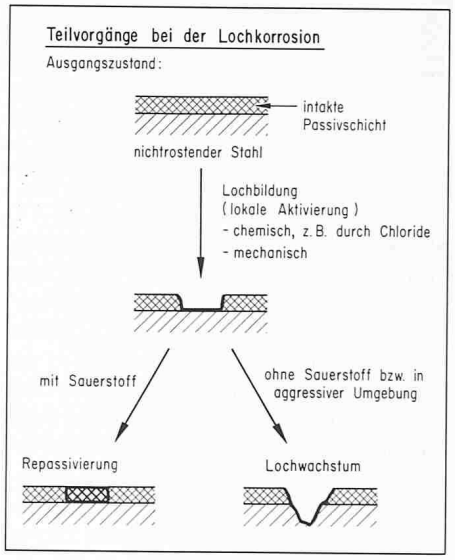
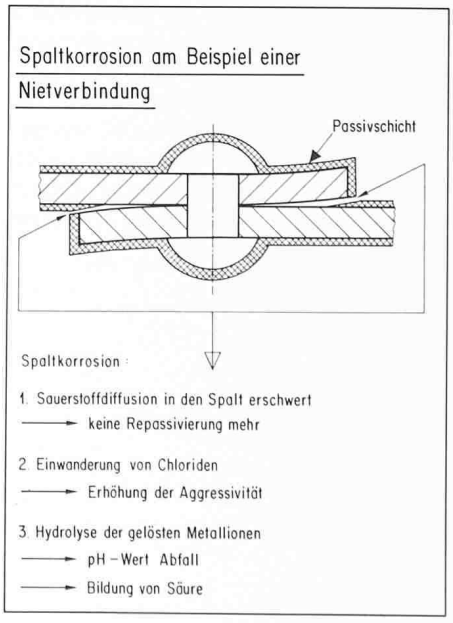



*Bild 5. Bei der Lochkorrosion wird zuerst der Passivfilm örtlich verletzt und es entsteht ein Loch. Unter günstigen Bedingungen schliesst sich die Lücke im Passivfilm. Unter ungünstigen Bedingungen beginnt das Loch zu wachsen*

*Bild 6. In Spalten ist das Angriffsmedium aggressiver als in der nahen Umgebung. Eine starke Korrosion ist die Folge. Spalten sollten daher vermieden werden*



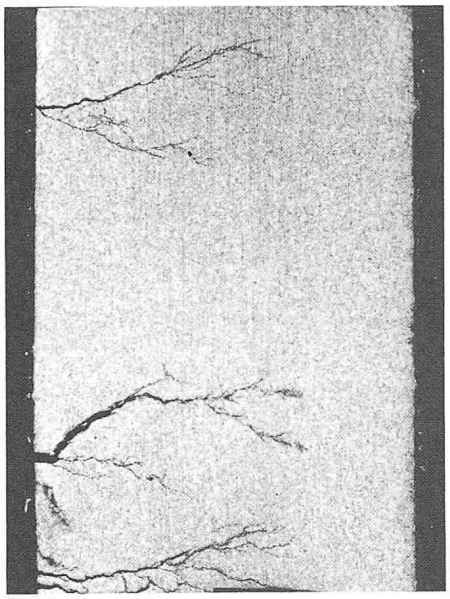


*Bild 7. Transkristalline Spannungsrisskorrosion in einem Stab aus Chrom-Nickel-Stahl von 10 mm Durchmesser. Die Rissspitzen sind fein verästelt und reichen bis tief in den Stab hinein (vgl. Schweizer Ingenieur und Architekt 103 [1985] 4.23 S. 567)*

pH-Wert die Gefährdung durch Spannungsrisskorrosion. Bis vor kurzem wurde angenommen, dass bei Temperaturen unterhalb von etwa 50 °C keine Spannungsrisskorrosion auftritt. In lang dauernden Laborversuchen an Proben aus austenitischem Stahl sind nun auch Risse bei 23 °C gefunden worden [4]. Die zur Auslösung der Spannungsrisskorrosion erforderliche Zugspannung kann sehr gering ein. Unter gewissen Bedingungen reichen bereits Spannungen von 20 N/mm² aus, um Risse am austenitischen Chrom-Nickel-Stahl zu erzeugen [5].

Zur Vermeidung der Spannungsrisskorrosion sind sowohl mediumseitige als auch werkstoffseitige Massnahmen denkbar. Mediumseitige Massnahmen sind nur in Ausnahmefällen möglich, weil das Angriffsmittel im allgemeinen vorgegeben bzw. wenig beeinflussbar ist. Immerhin sollten die gefährlichen Chloride generell ferngehalten werden. Werkstoffseitig lässt sich die Spannungsrisskorrosion dagegen durch Wahl eines geeigneten Stahles weitgehend vermeiden. Bewährt haben sich ferritische Chrom-Stähle, ferner Stähle mit austenitisch-ferritischem Mischgefüge sowie austenitische Chrom-Nickel-Stähle mit erhöhtem Nickelgehalt (über etwa 30%). Im Gegensatz zu den Verhältnissen bei der Loch- oder Spaltkorrosion genügt ein Zusatz von 2 bis 3% Molybdän jedoch nicht, um Spannungsrisskorrosion in allen Fällen zu verhindern. Zwar wird dadurch bei der anodischen Spannungsrisskorrosion die Lochbildung behindert und zudem die Risswachstumsgeschwindigkeit verzögert. Um diese jedoch auf einen praktisch vernachlässigbaren Wert zu verringern, sind Molybdänzusätze von etwa 5% oder mehr [4] erforderlich.

## Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Wenn nichtrostende Stähle in Bauwerken überhaupt korrodieren, dann beschränken sich diese Korrosionserscheinungen in der Regel auf sehr kleine Oberflächenbereiche. Dabei bilden sich Löcher oder Risse. Ein verhältnismässig kleiner Materialabtrag kann schon zu gravierenden Schäden führen. Die Ursachen dieser Schäden sind weitgehend bekannt, und es gibt eine Auswahl mediumseitiger und werkstoffseitiger Massnahmen, zu ihrer Vermeidung. *Mediumseitig* sind es vor allem höhere Chloridgehalte, die durch konstruktive oder andere Vorkehrungen von den nichtrostenden Stählen ferngehalten werden sollten. Auf der *Werkstoffseite* bieten sich zur Vermeidung der interkristallinen Korrosion die Stähle mit niedrigem Kohlenstoffgehalt (unter 0,03%) an, oder mit Titan, Niob oder Tantal stabilisierte Stähle. Zur Vermeidung der Loch- und Spaltkorrosion eigenen sich die wenig anfälligen molybdänhaltigen Stähle («V4A-Stähle»). Die Spannungsrisskorrosion kann durch Verwendung ferritischer Chrom-Stähle, ferner durch Stähle mit ferritisch-austenitischem Mischgefüge, sowie austenitische Chrom-Nickel-Stähle mit Nickelgehalten über etwa 30% vermieden werden.

In der Literatur sind eine ganze Reihe von Ergebnissen aus Laboruntersuchungen vorhanden, die das Verhalten der nichtrostenden Stähle in allen möglichen Angriffsmedien beschreiben. Bei der Übertragung dieser Resultate in die Praxis ist jedoch zu beachten, dass die Nutzungsdauer der nichtrostenden Stähle in Bauwerken ein Vielfaches der Nutzungsdauer derartiger Stähle in der Maschinenindustrie oder in der chemischen Industrie beträgt. Dies spielt insbesondere eine Rolle bei der Inkubationszeit für die Loch- oder Rissbildung und bei der Wachstumsgeschwindigkeit von Rissen. In Zweifelsfällen ist es daher immer ratsam, einen *Korrosionsfachmann* beizuziehen.

Als weitere Vorsichtsmassnahme empfiehlt es sich, kritische Bauteile periodisch zu kontrollieren und zu unterhalten. Dazu sollten bereits bei der Planung entsprechende Einrichtungen geschaffen werden, die bequemen Zutritt, gute Beleuchtung und eine sichere Ausführung der Kontrolle garantieren.

Adresse des Verfassers: Dr. *Franz Theiler*, Vorsteher der Abt. Anstrichstoffe, Beschichtungen, Korrosion; EMPA, 8600 Dübendorf.

**Literatur**

[1] *Schierhold. P.* Nichrostende Stähle. Verlag Stahleisen, Düsseldorf 1977
[2] *Herbsleb, G.* Korrosionsschutz von Stahl. Verlag Stahleisen, Düsseldorf 1977
[3] *Gellings, P. J.* Korrosion und Korrosionsschutz von Metallen. Carl Hanser Verlag, München 1981
[4] *Speidel, M. O.* Stress Corrosion Cracking of Stainless Steels in NaCl Solutions. Metallurgical Transactions A, vol 12A, May 1981, 779–789
[5] *Brauns, E.* und *Ternes, H.* Untersuchungen über die transkristalline Spannungsrisskorrosion austenitischer Chrom-Nickel-Stähle in heissen Chloridlösungen. Werkstoffe und Korrosion, 19 (1968), 1–19