



Merkblatt 828

## **Korrosionsbeständigkeit nichtrostender Stähle an der Atmosphäre**



**Informationsstelle Edelstahl Rostfrei**

# Die Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

Die Informationsstelle Edelstahl Rostfrei (ISER) ist eine Gemeinschaftsorganisation von

- Edelstahlherstellern,
- Edelstahlverarbeitern,
- Edelhändlern,
- Legierungsmittelproduzenten,
- Oberflächenveredlern,
- sonstigen mit Edelstahl Rostfrei befaßten Unternehmen und Organisationen.

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

- praxisbezogene, zielgruppenorientierte Publikationen,
- Pressearbeit für Fach- und Publikumsmedien,
- Messebeteiligungen,
- Durchführung von Schulungsveranstaltungen,
- Information über Bezugsmöglichkeiten von Produkten aus Edelstahl Rostfrei,
- individuelle Beratung.

Ein aktuelles Schriftenverzeichnis wird auf Anforderung gerne übersandt.

## Impressum

Merkblatt 828

Korrosionsbeständigkeit nichtrostender Stähle an der Atmosphäre

2. Auflage Juli 1996

Autoren:

Dr. N. Arit, Krefeld

Dr. D. Grimme, Düsseldorf

Dr. D. Hirschfeld, Essen

Dipl.-Ing. J. Stellfeld, Düsseldorf

Fotos:

Krupp Thyssen Nirosta GmbH, Bochum

Christian Pohl GmbH, Köln

Herausgeber:

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

Postfach 10 22 05, 40013 Düsseldorf

Telefon 02 11/ 82 96 16

Telefax 02 11/ 82 93 44

Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen vermitteln Orientierungshilfen. Gewährleistungsansprüche können hieraus nicht abgeleitet werden. Der Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

## Inhalt

		Seite
1	Einleitung	1
2	Auswahl geeigneter Edelstahl Rostfrei-Sorten für den Einsatz im Bauwesen bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen	1
2.1	Verhalten der Stähle in ländlichen Gebieten	3
2.2	Verhalten der Stähle in städtischen Gebieten	4
2.3	Verhalten der Stähle in Industriegebieten	4
2.4	Verhalten der Stähle in Küstenregionen	4
3	Ferritische Stähle mit 10 bis 15% Cr-Edelstahl Rostfrei in Transportwesen und Fahrzeugtechnik	5
3.1	Überblick	5
3.2	Korrosionsbeständigkeit der Stähle	5
3.3	Schlußfolgerungen	8
4	Klimatische Einflüsse	8
5	Einfluß von Gestaltung, Verarbeitung, Oberflächenausführung und Wartung auf die Korrosionsbeständigkeit	9
6	Korrosionsverhalten – Korrosionsarten	11

# 1 Einleitung

Über den Einfluß der Atmosphäre auf das Erscheinungsbild der nichtrostenden Stähle bestehen umfangreiche Erfahrungen, denn Edelstahl Rostfrei hat sich weltweit als zweckmäßiger, praktischer und dauerhafter Werkstoff bewährt. Während Edelstahl Rostfrei im Außenbereich früher überwiegend für Prestigebauten eingesetzt wurde (**dekorative Anwendungen**), findet der Werkstoff heute immer mehr wettbewerbsfähige funktionelle Anwendungen, insbesondere im Bauwesen und Fahrzeugbau. In diesen Fällen steht nicht das optische Erscheinungsbild im Vordergrund, sondern hohe Lebensdauer und Haltbarkeit. Für unzugängliche Bereiche, die korrosiven Angriffen ausgesetzt sind, hat er sich inzwischen zum - oft sogar vorgeschriebenen - Standardwerkstoff entwickelt, z. B. bei Befestigungselementen für Fassadenbekleidungen.

Während für **dekorative Anwendungen** überwiegend austenitische CrNi- und CrNiMo-Stähle eingesetzt werden, kommen als **Konstruktionswerkstoffe** auch ferritische Chromstähle mit niedrigen Chromgehalten zwischen 10 und 15% in Betracht.

Für den Einsatz innerhalb von Wohn- und Geschäftsräumen finden ebenfalls Chromstähle, allerdings mit höherem Chromgehalt (ca. 17%), Anwendung.

Die für atmosphärische Bedingungen vorwiegend verwendeten Stähle sind in *Tabelle 1* aufgeführt.



Außenwendeltreppe

# 2 Auswahl geeigneter Edelstahl-Rostfrei-Sorten für den Einsatz im Bauwesen bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen

Die unterschiedliche Zusammensetzung der umgebenden Atmosphäre bestimmt die Auswahl des geeigneten Werkstoffes. Im allgemeinen unterscheidet man zwischen ländlicher, städtischer, industrieller und maritimer Atmosphäre.

Während in Stadt- und Industriatmosphäre im wesentlichen kohlenstoffhaltige Partikel und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) als aggressive Substanzen vorliegen, sind in Meeresnähe chloridionenhaltige Aerosole bei ungünstigen Windverhältnissen auch noch in relativ großer Entfernung von der Küste wirksam. Demgegenüber ist Landatmosphäre vergleichsweise unkritisch.

Für alle diese Anwendungsfälle werden die in *Tabelle 1* aufgeführten Stähle nach DIN 17440, 17441 bzw. EN 10088 eingesetzt.

Aus vielen Ländern (Australien, England, Frankreich, Schweden, Südafrika, USA) liegen Erfahrungen von jahrzehntelangen Auslagerungen in den unterschiedlichsten Gebieten vor. Eine daraus abgeleitete detailliertere Zuordnung der einzelnen Stahlsorten zu den verschiedenen Einsatzgebieten gibt die Übersicht in *Tabelle 2*.

Die dort wiedergegebenen Vorschläge basieren auf praktischen Erfahrungen beim Einsatz an Bauwerken sowie auf den o.g. langjährigen systematischen Untersuchungen. Dabei fanden nicht nur die unterschiedlichen Klimaeinflüsse Berücksichtigung, sondern es wurde auch der Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit der Stähle mit erfaßt.

Darüber hinaus liegen die Untersuchungen eines Arbeitskreises vor, der langzeitige Auslagerungsversuche mit verschiedenen nichtrostenden Stählen an unterschiedlichen Standorten in Deutschland (Cuxhaven, Düsseldorf, Essen, Frankfurt, München) durchgeführt hat (*Bild 1*).

Die in *Tabelle 2* aufgeführten Umgebungsarten kennzeichnen das **Makroklima**. In jedem Einzelfall ist zu prüfen, inwieweit örtliche Einflüsse wie

- Verunreinigungen (z.B. durch Rauchgase),
- örtliche Aufheizungen,
- Kondensationsbedingungen

in Abhängigkeit von Windstärke und -richtung vorliegen (**Mikroklima**).

Stahlsorte		Chemische Zusammensetzung in %						
Kurzname	Werkstoff-Nr.	C max.	Si max.	Mn max.	Cr	Ni	Mo	Sonstige
X2CrNi12 X2CrTi12 X5CrNiMoTi15-2	1.4003 1.4512 1.4589 <sup>1)</sup>	0.03 0.03 0.08	1.0 1.0 1.0	1.5 1.0 1.0	10.5/12.5 10.5/12.5 13.5/15.5	0.3/1.0  1.0/2.5	  0.2/1.2	N: ≤ 0.03 Ti: 6x(C+N) bis 0.65 Ti: 0.3/0.5
X6Cr17 X6CrMo17-1	1.4016 1.4113	0.08 0.08	1.0 1.0	1.0 1.0	16.0/18.0 16.0/18.0	  	  0.9/1.4	
X5CrNi18-10 X6CrNiTi18-10	1.4301 1.4541	0.07 0.08	1.0 1.0	2.0 2.0	17.0/19.5 17.0/19.0	8.0/10.5 9.0/12.0		N: ≤ 0.11 Ti: 5xC bis 0.70
X5CrNiMo17-12-2 X6CrNiMoTi17-12-2	1.4401 1.4571	0.07 0.08	1.0 1.0	2.0 2.0	16.5/18.5 16.5/18.5	10.0/13.0 10.5/13.5	2.0/2.5 2.0/2.5	N: ≤ 0.11 Ti: 5xC bis 0.70
X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	0.03	1.0	2.0	21.0/23.0	4.5/6.5	2.5/3.5	N: 0.10/0.22
X2CrNiMoN17-13-5 X1NiCrMoCu25-20-5	1.4439 1.4539	0.03 0.02	1.0 0.7	2.0 2.0	16.5/18.5 19.0/21.0	12.5/14.5 24.0/26.0	4.0/5.0 4.0/5.0	N: 0.12/0.22 N: ≤ 0.15 Cu: 1.2/2.0

Tabelle 1: Wichtige nichtrostende Stähle für atmosphärische Beanspruchungen (nach EN 10088 Teil 1)

1) nach DIN 5512 Teil 3

Stahlsorte		Umgebung												
Kurzname	Werkstoff-Nr.	Land			Stadt			Industrie			Meeresnähe			
		N	M	H	N	M	H	N	M	H	N	M	H	
X2CrNiMoN17-13-5 X1NiCrMoCu25-20-5 X2CrNiMoN22-5-3	1.4439 1.4539 1.4462	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	+
X5CrNiMo17-12-2 X6CrNiMoTi17-12-2	1.4401 1.4571	X	X	X	X	+	+	+	+	+	(+)	+	+	(+)
X5CrNi18-10 X6CrNiTi18-10	1.4301 1.4541	+	+	+	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	-	+	(+)	-
X6Cr17 X6CrMo17-1	1.4016 1.4113	(+)	(+)	(+)	(+)	-	-	(+)	-	-	-	-	-	-

Tabelle 2: Nichtrostende Stähle für unterschiedliche Umgebungsbedingungen

*N* = niedrigste Korrosionsbelastung innerhalb der jeweiligen Umgebung; gekennzeichnet z.B. durch niedrige Temperaturen und geringe Luftfeuchtigkeit (s. Tabelle 3)

*M* = mittlere Korrosionsbelastung innerhalb der jeweiligen Umgebung

*H* = höhere Korrosionsbelastung innerhalb der jeweiligen Umgebung; z.B. durch andauernde hohe Luftfeuchtigkeit, hohe Umgebungstemperaturen, besonders aggressive Luftverunreinigungen (s. Tabelle 3)

*x* = erfüllt grundsätzlich die Anforderungen; es könnten jedoch auch kostengünstigere Stähle ausreichen

*+* = wahrscheinlich beste Werkstoffwahl im Hinblick auf Korrosionsbeständigkeit und Kosten

*(+)* = ausreichendes Verhalten, sofern bestimmte Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden; insbesondere sind glatte Oberflächenausführungen und regelmäßige Reinigungen erforderlich

*-* = voraussichtlich starke Korrosion



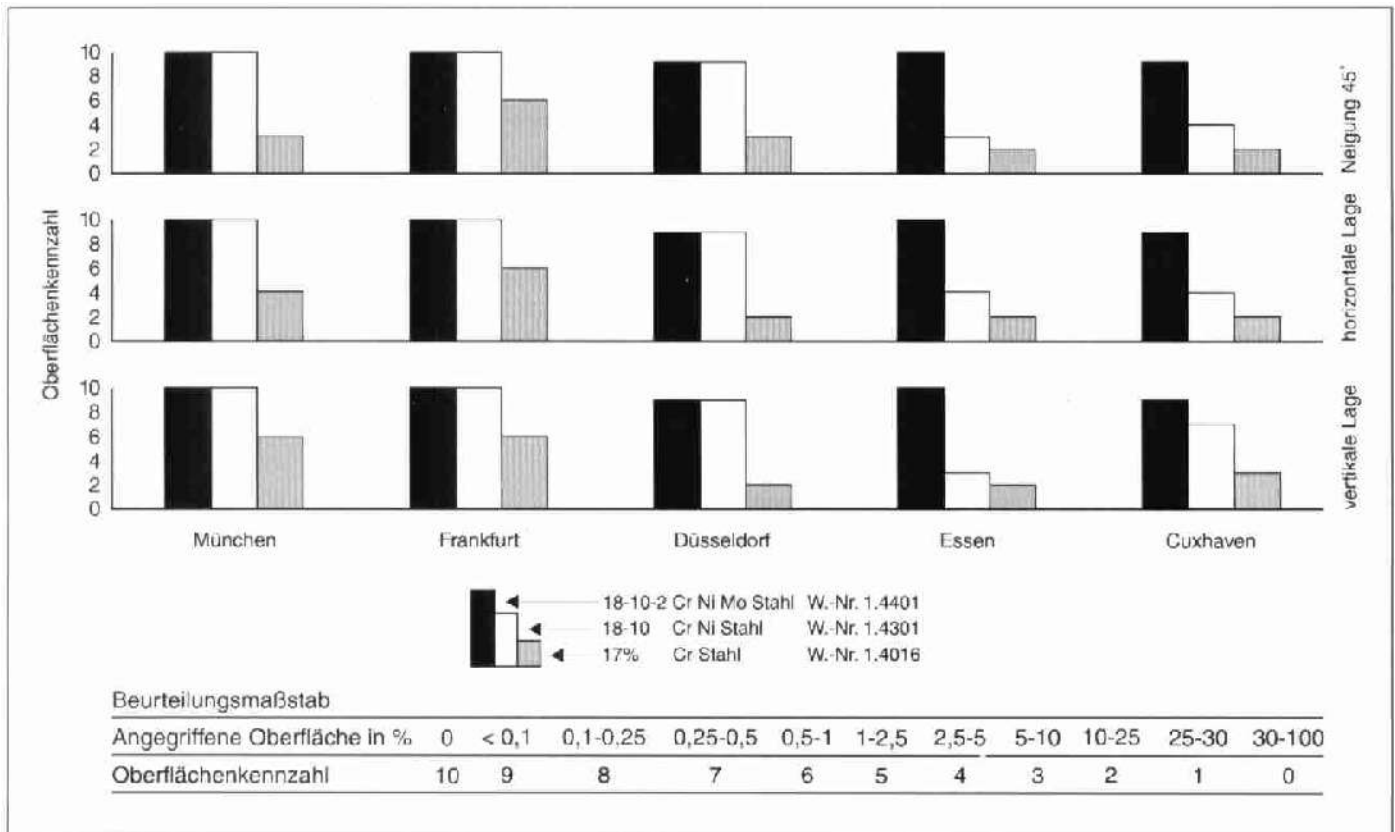


Bild 1: Oberflächenzustand nach 4 Jahren Auslagerung Auslagerungsfläche: geschliffen, gebürstet

## 2.1 Verhalten der Stähle in ländlichen Gebieten

Dies sind Gebiete praktisch ohne Luftverschmutzung, die von Meeresinflüssen und von Verschmutzungen der Atmosphäre durch die Industrie weit entfernt sind. Ländliche Gebiete schließen Vorort-Bereiche mit niedriger Bevölkerungsdichte und Industrien, die keine besondere Luftverschmutzung erzeugen, ein. Man sollte jedoch beachten, daß abhängig von der vorherrschenden Windrichtung Luftverschmutzungen viele Kilometer von ihrem Ursprung entfernt auftreten können.

Der Stahl 1.4016 zeigt in der Regel sowohl auf der der Witterung ausgesetzten als auch auf der entgegengesetzten Seite leichte bis mittlere Fleckenbildung und Rost. Polierte Oberflächen werden etwas weniger angegriffen als matte. Regelmäßiges Reinigen verringert die Korrosion ebenfalls. Jedoch muß auch unter günstigen Bedingungen ein Glanzverlust erwartet werden.

Die Stähle 1.4301 und 1.4541 werden auf den der Bewitterung ausgesetzten Oberflächen praktisch nicht angegriffen; es kann aber eine leichte Verfärbung der der Bewitterung abgewandten Flächen auftreten. Glatte Oberflächen bieten gegenüber Verfärbungen besseren Widerstand als rauhere. Regelmäßiges Reinigen trägt ebenfalls dazu bei, den guten Zustand zu erhalten.

Die Stähle 1.4401 und 1.4571 behalten in glattem Zustand ihr Oberflächenaussehen. Weniger glatte Oberflächen können leichte Verfärbungen erleiden. Eine Reinigung ist grundsätzlich nicht erforderlich, um die Korrosionsbeständigkeit zu erhalten. Sie ist jedoch zu empfehlen, wenn das gute Aussehen dauerhaft erhalten werden soll.



Edelstahl Rostfrei an einer Kirche, Reutlingen

## 2.2 Verhalten der Stähle in städtischen Gebieten

Diese Gebiete sind durch Wohnbauten, Geschäftsbauten und Leichtindustrie mit einem leichten bis mittleren Grad an Luftverschmutzung, z. B. durch starken Kraftfahrzeugverkehr, charakterisiert.

Der Stahl 1.4016 kann - besonders an abgedeckten Stellen, von denen Verunreinigungen durch den Regen nicht abgewaschen werden - stark rosten. Weder glatte Oberflächen noch häufigere Reinigung können diese Beeinträchtigung dauerhaft verhindern.

Die Stähle 1.4301 und 1.4541 können sich leicht verfärben, regelmäßiges Reinigen vermindert das Risiko von Farbveränderungen. In den meisten Fällen verhalten sich glatte Oberflächen günstiger als rauhere.

Die Stähle 1.4401 und 1.4571 sind in städtischer Atmosphäre beständig und erleiden, wenn überhaupt, nur leichte Verfärbungen. Regelmäßige Reinigung ist im Hinblick auf die Korrosion nicht unbedingt notwendig, sie empfiehlt sich aber aus dekorativen Gründen.



Planetarium Stuttgart mit Tragwerk aus Edelstahl Rostfrei

## 2.3 Verhalten der Stähle in Industriegebieten

Industriegebiete können mittlere bis schwere atmosphärische Luftverunreinigung aufweisen. Die Schadstoffe treten gewöhnlich gasförmig auf, z. B. in Form von Schwefel- und Stickoxiden, die durch Verbrennung von fossilen Brennstoffen, ggf. zusammen mit anderen Gasen, aus chemischen und sonstigen Anlagen abgegeben werden. Die Ablagerung von Feststoffen - z. B. von Ruß aus unvollkommen verbranntem Öl - führt generell zu beschleunigter Korrosion.

Die Stähle 1.4301 und 1.4541 sind bei starker Luftverunreinigung in gewissem Umfang korrosionsgefährdet. Bei Industriegebieten mit geringen Luftverunreinigungen haben sich diese Stähle als ausreichend erwiesen.

Die Stähle 1.4401 und 1.4571 verhalten sich in den meisten industriellen Atmosphären gut und erleiden nur eine leichte Verfärbung, die durch regelmäßiges Reinigen noch vermindert werden kann.

Für besonders aggressive Bedingungen müssen unter Umständen die höherlegierten Stähle 1.4439, 1.4539 oder 1.4462 in Betracht gezogen werden.

## 2.4 Verhalten der Stähle in Küstenregionen

Küstenregionen stellen wegen des hohen Chloridgehalts der Luft eine besonders starke Korrosionsbelastung dar. Doch auch hierfür gibt es in der Palette der nichtrostenden Stähle hervorragend geeignete Stahlsorten.

Chloridionen können zu Lochfraß und Rosterscheinungen führen, wenn ein nicht ausreichend beständiger Stahl ausgewählt wird. Salzreiche Aerosole sind ausgesprochen aggressiv, besonders wenn auf der Oberfläche durch Verdampfen hohe Salzkonzentrationen entstehen und die Oberfläche nicht oder nur unregelmäßig, z.B. durch Regen, abgewaschen wird. Die Korrosionsbelastung hängt im Einzelfall von der Entfernung vom Meer und darüber hinaus von den örtlichen Gegebenheiten ab, die den Transport chloridhaltiger Aerosole bestimmen.

Die Stähle 1.4301 und 1.4541 können beträchtliche Spalt- und Lochkorrosion erleiden und sollten bei Außenanwendung in Küstenregionen gemieden werden.

Die Stähle 1.4401 und 1.4571 können im allgemeinen auch in Küstennähe eingesetzt werden. Bei glatter Oberfläche läßt sich durch regelmäßiges Abwaschen zur Entfernung von Verunreinigungen die ursprüngliche Oberflächengüte in der Regel erhalten. Wenn nicht gereinigt wird, treten häufig nach einiger Zeit Verfärbungen auf. Liegt eine maritime Atmosphäre in Verbindung mit aggressiven industriellen Luftverunreinigungen vor (z. B. durch Industrie an der Küste), können auch die Stähle 1.4401 und 1.4571 einen nicht mehr tolerierbaren Angriff erleiden; dann müssen die höherlegierten Stähle 1.4439, 1.4539 oder 1.4462 eingesetzt werden.



Brückengeländer aus nichtrostendem Stahl, Husum

### 3 Ferritische Stähle mit 10 bis 15% Cr-Edelstahl Rostfrei in Transportwesen und Fahrzeugtechnik

#### 3.1 Überblick

Die Korrosionsbeständigkeit nichtrostender Stähle mit deutlich weniger als 17% Chrom reicht nicht aus, um bei freier Bewitterung auf Dauer eine makellose Oberfläche zu erhalten. Diese Werkstoffe sind aber im Vergleich zu unlegierten und niedriglegierten Stählen wesentlich resistenter.

Sie werden bevorzugt dort eingesetzt, wo

- Lebensdauer,
- Sicherheit und
- Wartungsarmut

im Vordergrund stehen und keine besonderen Anforderungen an das Erscheinungsbild gestellt werden. Aus diesem Grunde gewinnen ferritische Stähle wie die Sorten 1.4003, 1.4512 und 1.4589 mit Chromgehalten zwischen 10 und 15 % zunehmende Bedeutung für den Bau von Containern, Waggons und Fahrzeugen sowie im Industriebau und in der Umwelttechnik.

#### 3.2 Korrosionsbeständigkeit der Stähle

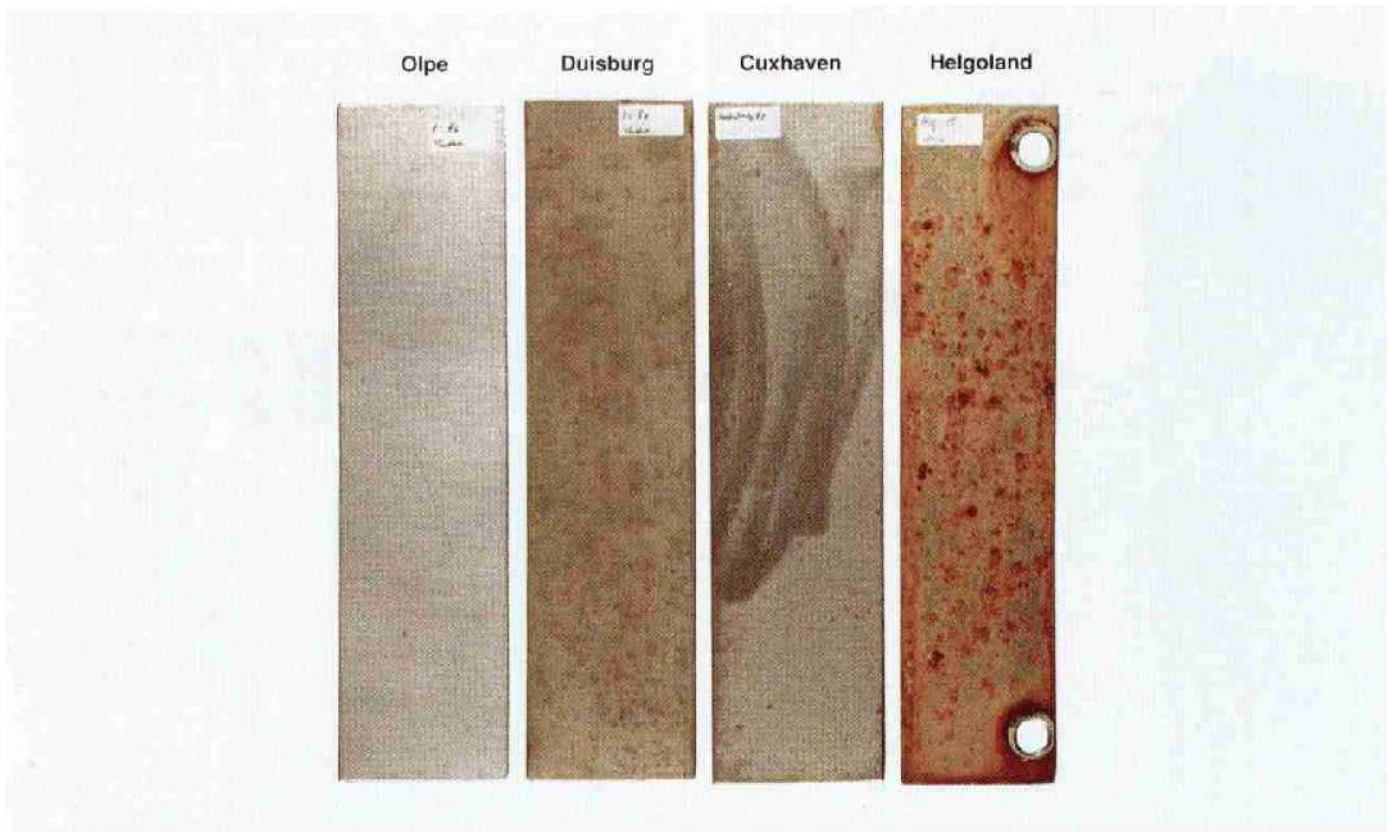
Die Bilder 2.1 und 2.2 zeigen die Ergebnisse von Auslagerungsversuchen des **Stahles 1.4512** an der Atmosphäre in verschiedenen Klimazonen.

Eine längere Auslagerungsdauer (von 5 Jahren gegenüber einem Jahr) führte nur zu einer geringfügig stärkeren Rostbildung. Es zeigte sich ein erheblicher Einfluß des Makroklimas auf Art und Ausmaß des Korrosionsangriffs:

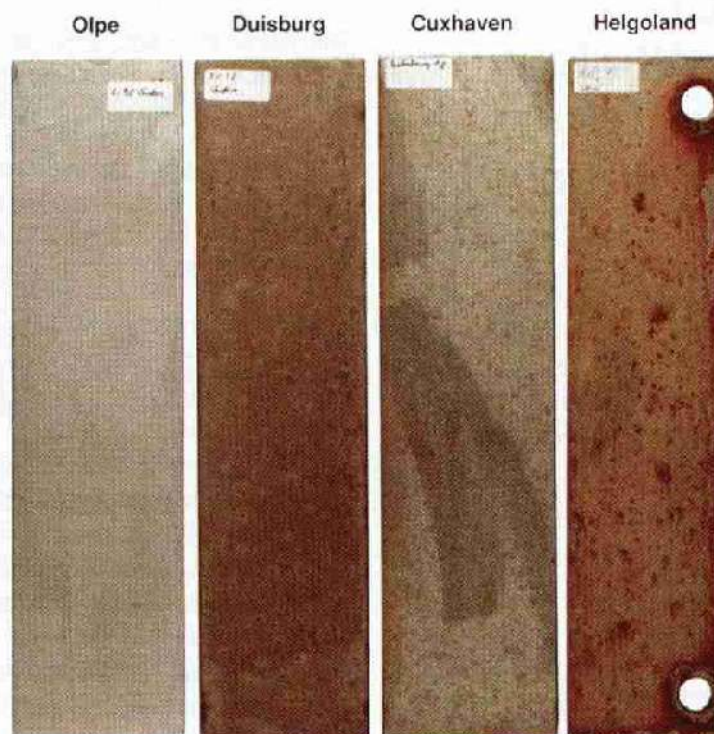
- In dem Landklima von Olpe waren die Proben selbst nach 5 Jahren nahezu metallisch blank, abgesehen von örtlich begrenzten kleinen Rostflecken. Lokalkorrosion trat nicht auf.
- Im Industrieklima von Duisburg wirkte sich die aggressivere Atmosphäre deutlich aus. Neben einer Beeinträchtigung des optischen Erscheinungsbildes waren oberflächliche lokale Rostansätze von allerdings vernachlässigbarer Tiefe festzustellen, jedoch kein flächig abtragender Angriff.
- Ähnliches gilt für das Meeresklima in Cuxhaven; jedoch war der Korrosionsangriff hier wesentlich schwächer ausgeprägt.

Auf allen Proben im Binnenland zeigten die Oberseiten eine geringere Rostbildung als die Unterseiten, verursacht durch die reinigende Wirkung des Regens.



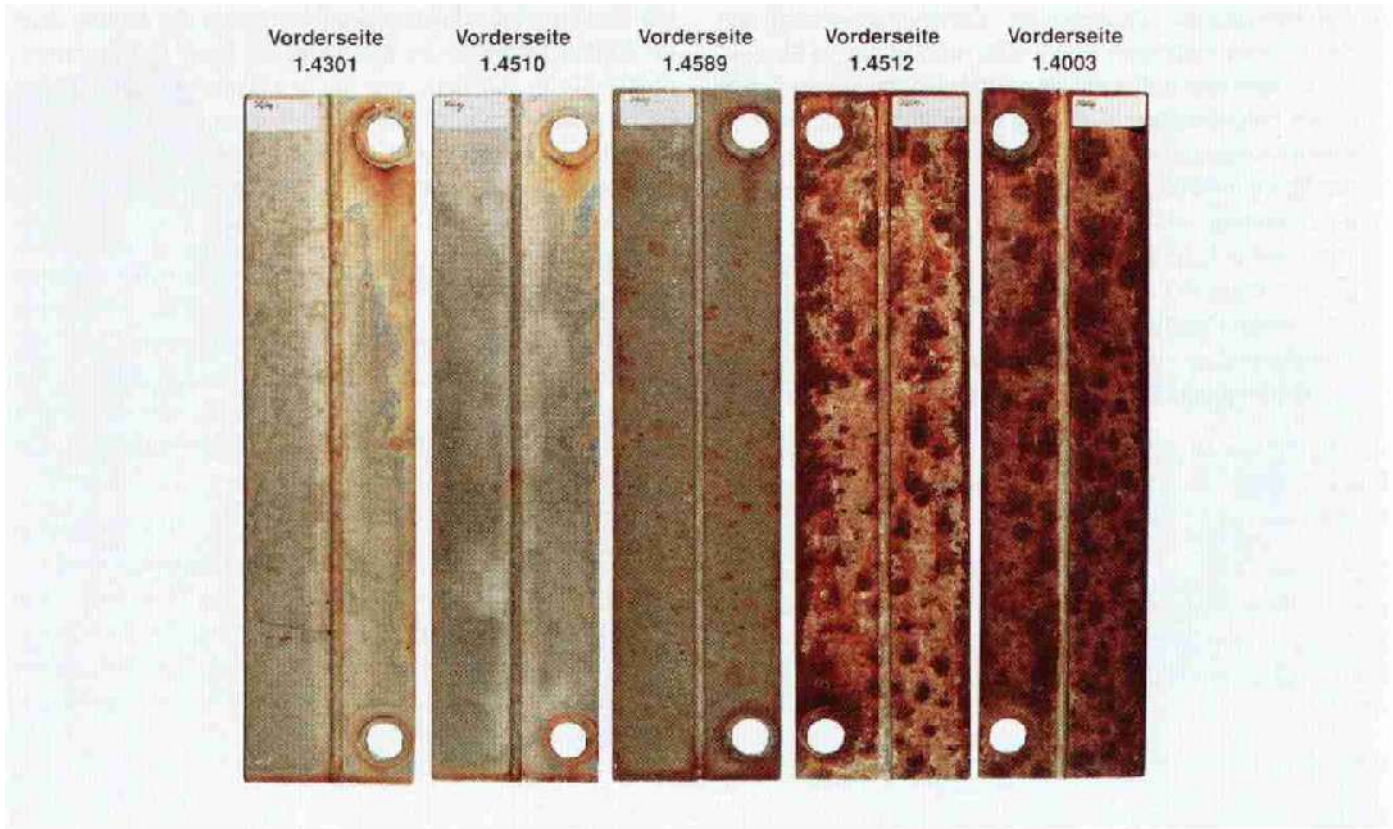


**Bild 2.1** Ferritische Stähle werden bevorzugt eingesetzt, wenn keine besonderen Anforderungen an das optische Erscheinungsbild gestellt werden: Aussehen des Stahls 1.4512 nach einem Jahr Auslagerung (Vorderseite)

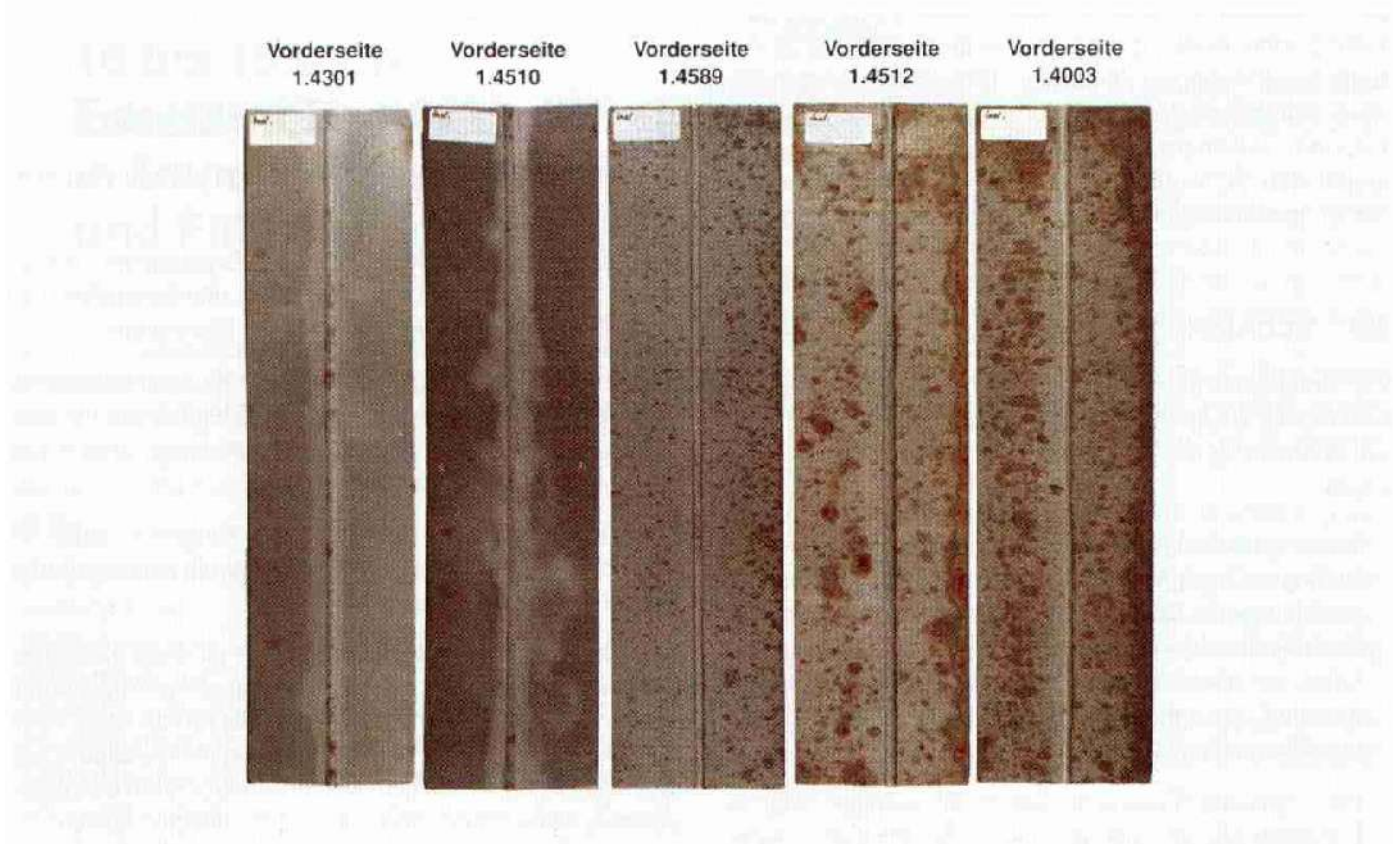


**Bild 2.2** Bei längerer Auslagerungsdauer verändert sich die Oberfläche nur noch geringfügig: Aussehen des Stahls 1.4512 nach fünf Jahren Auslagerung (Vorderseite)





**Bild 3.1** Korrosionsverhalten ferritischer Stähle in Seeklima im Vergleich zur austenitischen Sorte 1.4301: Aussehen der Stähle nach einem Jahr Auslagerung auf Helgoland (Spritzwasserzone)



**Bild 3.2** Bei lediglich atmosphärischer Belastung stellt sich die Korrosionsbeständigkeit deutlich günstiger dar: Aussehen der Stähle nach einem Jahr Auslagerung in Cuxhaven

- Auf Helgoland (Meeresklima, Spritzwasserzone) war der Korrosionsangriff wesentlich stärker als im Binnenland. Dies war aufgrund der durch Spritzwasser sowie durch chloridhaltige Aerosole wesentlich höheren Korrosionsbelastung auch zu erwarten. Aber auch hier war am Stahl 1.4512 keine abtragenden Flächenkorrosion festzustellen, wie sie bei un- und niedriglegierten Stählen massiv auftritt. Auf der Oberfläche erfolgte der Angriff vielmehr in Form von Lochkorrosion mit einer Tiefe und einem Durchmesser von in der Regel  $< 0,3$  mm. In Spaltbereichen unter Kunststoffunterlegscheiben trat allerdings starke Spaltkorrosion mit Tiefen  $> 1$  mm auf.

Vergleichbare Ergebnisse liegen nunmehr auch für den Stahl **1.4003** vor, der langjährig in den verschiedenen Klimazonen ausgelagert wurde.

Die *Bilder 3.1 und 3.2* zeigen die Ergebnisse von **geschweißten Proben**, die auf den drei Ständen mit der stärksten Korrosionsbelastung (Helgoland, Cuxhaven, Duisburg) gestrahlt und anschließend gebeizt ausgelagert wurden.

Die Stähle zeigten in der **Reihenfolge**

**1.4003, 1.4512  $<$  1.4589  $<$  1.4510  $<$  1.4301**

eine zunehmende Beständigkeit. Bemerkenswert ist ein nur sehr geringer Rostbefall des Stahles 1.4589 in Duisburg und Cuxhaven.

Bei Versuchen an geschweißten Proben zeigte der Stahl 1.4512 eine etwas geringere Beständigkeit als in den zuvor beschriebenen Versuchen. Dies ist auf den geringeren Chromgehalt der hierzu verwendeten Charge zurückzuführen. In keinem Fall wurde ein verstärkter Korrosionsangriff des Schweißnahtbereiches festgestellt, weder in der Schweißnaht selbst noch in der Wärmeeinflußzone.

### 3.3 Schlußfolgerungen

Die ferritischen Stähle mit ca. 10 bis 15 % Cr kommen als Konstruktionswerkstoffe für eine atmosphärische Korrosionsbelastung mit folgendem Anforderungsprofil in Betracht:

- Es wird sehr hohe Beständigkeit gegen eine korrosionsbedingte Querschnittverminderung gefordert. Un- und niedriglegierte Stähle bieten dies nur mit besonderem Oberflächenschutz (Verzinkung oder/und Beschichtung), der aber immer nur eine begrenzte Lebensdauer aufweist und bei einer zusätzlichen abrasiven Beanspruchung überhaupt nicht anwendbar ist.
- Das optische Erscheinungsbild ist weniger wichtig; Rostflecken und -beläge stören nicht. Wird eine metallisch blanke Oberfläche gewünscht, so muß auf höherlegierte nichtrostende Stähle zurückgegriffen werden.

Mit diesem Anforderungsprofil kommen die Stähle auch für Einsatzbereiche im Meeresklima bzw. in Industriemosphäre in Betracht, wie sie in westlichen Industrieländern häufig vorkommt. Dies dürfte aber nicht auf Gegenden mit wesentlich höheren Luftschadstoffbelastungen zu übertragen sein, die z. B. gegenwärtig z.T. noch in Osteuropa anzutreffen sind.

Die Stähle 1.4003 und 1.4512 lassen - besonders aggressive Bedingungen ausgenommen - auch über Zeiträumen von mehreren Jahrzehnten keine nennenswerte korrosionsbedingte Querschnittsverminderung erwarten. Der Stahl 1.4589 weist eine noch wesentlich höhere Beständigkeit auf; er erfüllt auch gewisse Erwartungen an das optische Erscheinungsbild.

Bei ausgeprägten Chloridbelastungen und Anwesenheit von Spalten ist mit dem Auftreten von Spaltkorrosion zu rechnen. Kritische Bedingungen können nicht nur durch Meerwassereinwirkung entstehen, sondern z.B. auch im Binnenland durch Streusalz. Die genannten ferritischen Chromstähle sind im übrigen nicht auf Spaltkorrosionsbeständigkeit hin konzipiert.

## 4 Klimatische Einflüsse

**Niederschläge** können sich günstig oder ungünstig auswirken.

- Häufige Niederschläge geringer Ergiebigkeit, insbesondere in Verbindung mit hoher Luftfeuchtigkeit, bedeuten einen ständig anwesenden Elektrolyten.
- Starke Niederschläge können dagegen eine reinigende Wirkung ausüben, indem sie den Elektrolyten verdünnen und korrosiv wirkende Feststoffablagerungen von der Oberfläche entfernen.

Die Angabe jährlicher Niederschlagsmengen ist daher im Hinblick auf die Korrosionsbeständigkeit nichtrostender Stähle wenig aussagefähig.

Auch der Einfluß der **Lufttemperatur** ist nicht eindeutig. Normalerweise nimmt die Korrosionsgeschwindigkeit mit steigender Temperatur zu. Andererseits führen hohe Temperaturen, insbesondere in Verbindung mit niedriger Luftfeuchtigkeit, zu einem schnelleren Austrocknen des Elektrolyten, wodurch die Korrosion zum Stillstand kommt.

Die geschilderten Zusammenhänge führen zu der nachfolgenden Übersicht (*Tabelle 3*).



Einflußfaktor	Höhere Korrosivität	Niedrigere Korrosivität
Luftverunreinigung	hohe Luftverunreinigung, insbesondere durch SO <sub>2</sub> , Chloride und Feststoffteilchen	niedrige Luftverunreinigung
Feuchtigkeit	mittlere Niederschlagsmenge mit hoher Luftfeuchtigkeit über längere Zeiträume	niedrigere Niederschlagsmenge bei niedriger Luftfeuchtigkeit oder starker häufiger Regen
Temperatur	mittlere Lufttemperatur (z.B. 10 bis 20°C) mit hoher Luftfeuchtigkeit und Kondensationen	niedrige Lufttemperatur (insbesondere längere Zeiten unter 0°C) hohe Lufttemperatur bei niedriger Luftfeuchtigkeit

Tabelle 3: Einfluß von Luftverunreinigung, Feuchtigkeit und Temperatur auf die Korrosivität der Atmosphäre bei nichtrostenden Stählen

## 5 Einfluß von Gestaltung, Verarbeitung, Oberflächenausführung und Wartung auf die Korrosionsbeständigkeit

Bei der Konstruktion und Verarbeitung nichtrostender Stähle, die für den Einsatz an der Atmosphäre vorgesehen sind, sind neben allgemeinen Verarbeitungsrichtlinien für diese Werkstoffe (siehe ISER-Broschüre *Die Verarbeitung von Edelstahl Rostfrei*) die folgenden Punkte besonders zu beachten:

- In Bereichen mit stärkerer Korrosionsbelastung sind **Spalte zu vermeiden**. Deshalb sollten z. B. mechanische Befestigungen so ausgeführt werden, daß ggf. auftretende Feuchtigkeit, z. B. durch Regen oder Kondenswasser, möglichst schnell abtrocknen kann.
- In manchen Fällen ist es notwendig, nichtrostenden Stahl mit unedleren Metallen zu verbinden, wie z. B. unlegiertem oder verzinktem Stahl. Eine derartige Verbindung kann zu **Kontaktkorrosion** (siehe ISER-Broschüre *Verträglichkeit nichtrostender Stähle mit anderen Werkstoffen-Kontaktkorrosion*), d.h. zu einem verstärkten Angriff des unedleren Werkstoffes, führen; insbesondere dann, wenn seine Oberfläche deutlich kleiner ist als die von Edelstahl Rostfrei und häufig Feuchtigkeit auftritt. Wenn eben möglich, sollten solche Verbindungen in Bereichen angebracht werden, die nicht dauerhaft feucht werden. Wenn dies nicht möglich ist, sollte geprüft werden, ob ein nichtleitendes Material zwischen die beiden zu verbindenden Werkstoffe gebracht werden kann, um so eine elektrische Isolierung zu bewirken.
- Eisenabrieb führt zu Rostflecken und nachfolgend an diesen Stellen zu tiefergehender Korrosion. Deshalb sollte verhindert werden, daß während der Verarbeitung Abrieb von unlegiertem Stahl auf den nichtrostenden

den Stahl übertragen wird, z. B. bei einer Verformung von den Verformungswerkzeugen oder von Hebevorrichtungen. Eine oberflächliche Verunreinigung durch Eisenabrieb kann auch durch die Benutzung von Schleifwerkzeugen entstehen, die für unlegierte Stähle verwendet worden sind.

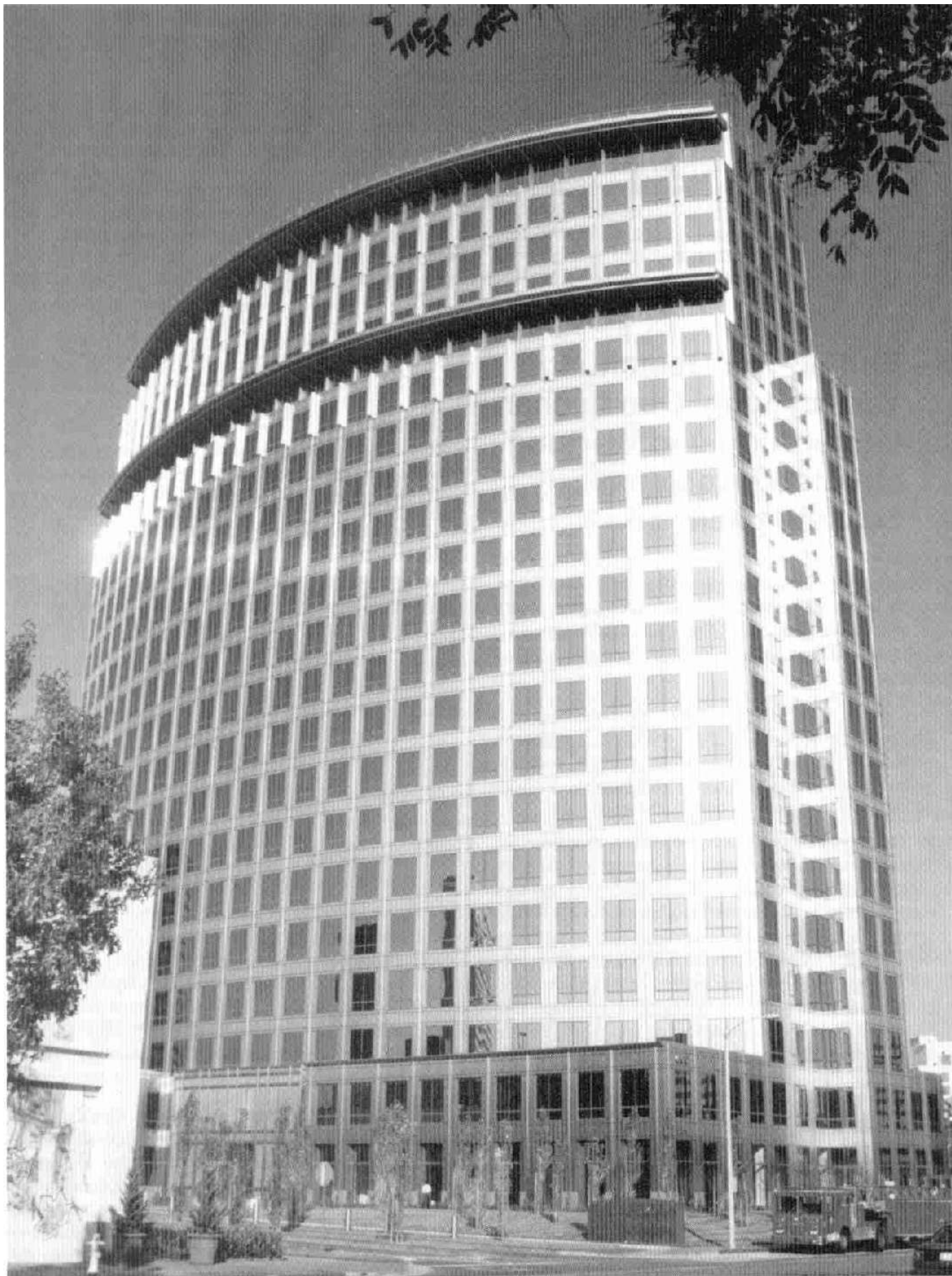
Werden solche Verunreinigungen vermutet oder lassen sie sich nicht vermeiden, läßt sich die Korrosionsbeständigkeit wiederherstellen, indem die Oberflächen mit verdünnter Salpetersäure oder mit anderen geeigneten Produkten, z. B. **Beizpaste**, behandelt und anschließend mit Wasser sorgfältig abgespült werden.

Die **Oberflächenausführung** hängt in vielen Fällen von dem erwünschten Gesamteindruck ab, z.B. hochglänzend poliert und reflektierend oder matt.

Im allgemeinen ist die Oberfläche um so leichter sauber zu halten, je glatter sie ist, und um so besser ist auch das Korrosionsverhalten. Wenn eine rauhere, z.B. eine geschliffene Oberfläche einer höheren Korrosionsbelastung ausgesetzt wird, sollte der Einsatz eines höherlegierten Stahles in Betracht gezogen werden, um Langzeit-Korrosionsbeständigkeit sicherzustellen. Glänzende Oberflächen können durch Blankglühen, mechanisches Polieren oder Elektropolieren erzielt werden (vgl. ISER-Broschüre *Elektropolieren und Polieren nichtrostender Stähle*). Bei mechanischer Oberflächenbehandlung verlaufen die Polier- oder Schleifmarken in einer bestimmten Richtung. In solchen Fällen sollte beachtet werden, daß der Schmutz weniger leicht haften bleibt und besser abgewaschen werden kann, wenn diese Linien senkrecht statt waagrecht verlaufen.

Oberflächen von nichtrostendem Stahl, die der Atmosphäre ausgesetzt sind, sollten periodisch unter Benutzung eines milden Reinigungsmittels gesäubert werden, um Schmutz zu entfernen, der sich natürlich eher auf waagerechten als auf senkrechten oder schrägen Oberflächen ansammelt. Regelmäßiges Reinigen erhält nicht nur das saubere Erscheinungsbild des nichtrostenden Stahles, sondern verringert auch die Korrosionsgefahr.





Fassadenelemente aus mustergewalztem Edelstahl Rostfrei mit Leinenstruktur (Plaza Tower, Meza Verde, USA)

## 6 Korrosionsverhalten – Korrosionsarten

Die nichtrostenden Stähle weisen im Vergleich zu unlegierten, niedriglegierten bzw. verzinkten und oberflächenveredelten Stählen eine deutlich bessere Korrosionsbeständigkeit auf. Sie sind gegen zahlreiche aggressive Medien beständig und bedürfen keines weiteren Oberflächenschutzes. Ihre Passivität wird durch Zulegieren von etwa 10-12% Chrom zu Eisen bewirkt. Dadurch bildet sich ein sehr dünner transparenter Film eines chromreichen Oxides aus, die sog. Passivschicht. Bei mechanischer Beschädigung der Passivschicht bildet sich diese in der Regel spontan wieder aus.

Die leichteste Form eines Korrosionsangriffs stellt bei atmosphärischer Beanspruchung eine meist gleichmäßige **Oberflächenverfärbung** da. Diese bewirkt einen Glanzverlust, insbesondere wenn feine Schmutzpartikel in die Oberfläche einbezogen sind. Die Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes ist relativ gering, besonders bei einer Betrachtung aus der Distanz. Ein Vermeiden der Verfärbung oder die Wiederherstellung der metallisch blanken Oberfläche ist durch Waschen oder chemische bzw. mechanische Reinigung möglich (s. ISER-Broschüre *Die Reinigung von Edelstahl Rostfrei*).

**Lochfraß**, auch Pitting genannt, ist die wahrscheinlichste Form eines signifikanten Korrosionsangriffs, verursacht durch Chloride. Er beginnt üblicherweise als nadelstichtiger Angriff. Meist findet ein kaum nennenswerter Angriff statt, der aber eine leicht rot-bräunliche Verfärbung der Oberfläche bewirkt. Nur in sehr schweren Fällen können Anzahl und Tiefe der Löcher derart zunehmen, daß die Oberfläche gleichmäßig angegriffen wird.

Durch Fremdstoffe, Schweißschlackenreste und Anlauffarben auf der Oberfläche wird die Gefahr der Lochkorrosion verstärkt.

**Spaltkorrosion** ist - wie der Name schon sagt - an das Vorhandensein von Spalten gebunden. Diese können konstruktiv oder betriebsbedingt sein (z. B. durch Ablagerungen). Von Einfluß sind die Spaltgeometrie (enge Spalten sind ungünstig) und die Art der spaltbildenden Materialien. Besonders ungünstig sind Stahl/Kunststoff-Spalte. Da Spaltkorrosion schon bei bedeutend schwächerer Korrosionsbelastung auftritt als Lochkorrosion, ist das Auftreten von Spalten in chloridhaltigen Medien durch konstruktive Maßnahmen zu vermeiden, insbesondere dort, wo sich Feuchtigkeit ansammeln kann. Wenn dies nicht möglich ist, sollte auf einen höher korrosionsbeständigen Stahl übergegangen werden.

Durch Zusatz von Molybdän sowie durch Erhöhung des Chromgehalts wird die Beständigkeit nichtrostender Stähle gegenüber Loch- und Spaltkorrosion erhöht. Beispiele für solche Stähle sind die Sorten 1.4401, 1.4571, 1.4439 und 1.4539.

Spannungsrißkorrosion tritt unter den im Bauwesen vorherrschenden Bedingungen im allgemeinen nicht auf. Ausnahmen sind stark chloridhaltige Umgebungen, wie sie in Hallenschwimmbädern auftreten. In diesen Fällen kommen die Stähle 1.4439, 1.4539 sowie 1.4462 (*siehe Tabelle 1*) in Betracht. Eine weitere Ausnahme stellt der sensibilisierte Zustand (*siehe Abschnitt "Interkristalline Korrosion"*) dar.

**Interkristalline Korrosion** stellt heute bei geeigneter Werkstoffwahl kein Problem mehr dar. Sie kann nur in einem sog. sensibilisierten Werkstoffzustand in sauren Medien auftreten. Eine Sensibilisierung wird hervorgerufen, wenn sich durch Wärmeeinwirkung Chromcarbide in zusammenhängender "kritischer" Form an den Korngrenzen ausscheiden. Eine derartige Wärmeeinwirkung tritt z.B. beim Schweißen in der Nähe der Schweißnaht auf (Wärmeeinflußzone). Durch die Ausscheidung der Chromcarbide kommt es in deren Umgebung zu einer Verarmung des für die Korrosionsbeständigkeit wichtigen Elementes Chrom.

Die austenitischen Stähle nach *Tabelle 1* sind im Lieferzustand beständig gegen interkristalline Korrosion. Sie lassen sich, ohne das eine Sensibilisierung auftritt, bis zu einer Dicke von mind. 6 mm (Blech und Band) bzw. einem Durchmesser von mind. 40 mm schweißen. Einer Sensibilisierung beim Schweißen größerer Abmessungen wird dadurch begegnet, daß man Stähle auswählt, bei denen der Kohlenstoffgehalt

- stark abgesenkt (z. B. 1.4306, 1.4404) oder
- durch Zusatz von Titan oder Niob abgebunden (Stähle 1.4541, 1.4571)

und so die Bildung von Chromcarbiden verhindert wird.



Fassadenelemente aus profiliertem Edelstahl-Rostfrei-Blech nach 35 Jahren in Großstadt-Atmosphäre („Dreischeiben-Haus“, Düsseldorf)





Informationsstelle Edelstahl Rostfrei  
Postfach 10 2205  
40013 Düsseldorf