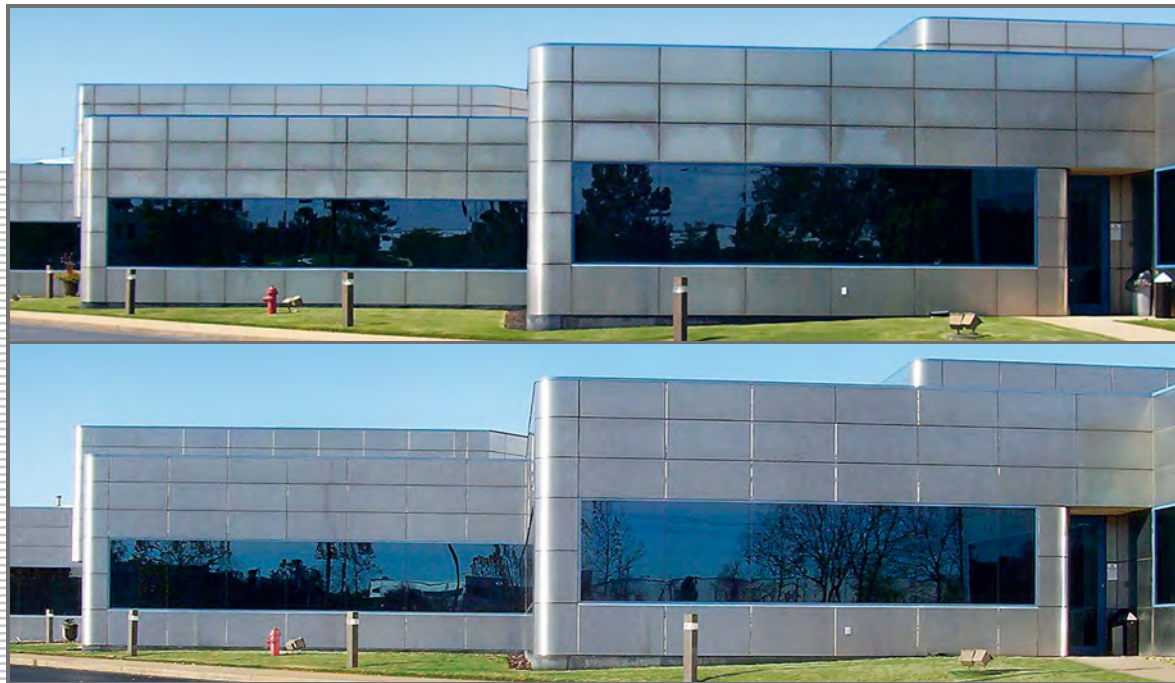


Reinigung nichtrostender Stähle im Bauwesen



Euro Inox

Euro Inox ist die europäische Marktförderungsorganisation für nichtrostende Stähle (Edelstahl Rostfrei).

Die Mitglieder von Euro Inox umfassen

- europäische Produzenten von Edelstahl Rostfrei,
- nationale Marktförderungsorganisationen für Edelstahl Rostfrei sowie
- Marktförderungsorganisationen der Legierungsmittelindustrie.

Ziel von Euro Inox ist es, bestehende Anwendungen für nichtrostende Stähle zu fördern und neue Anwendungen anzuregen. Planern und Anwendern sollen praxisnahe Informationen über die Eigenschaften der nichtrostenden Stähle und ihre sachgerechte Verarbeitung zugänglich gemacht werden. Zu diesem Zweck

- gibt Euro Inox Publikationen in gedruckter und elektronischer Form heraus,
- veranstaltet Tagungen und Seminare und
- initiiert oder unterstützt Vorhaben in den Bereichen anwendungstechnische Forschung sowie Marktforschung.

Vollmitglieder

Acerinox

www.acerinox.com

Aperam

www.aperam.com

Outokumpu

www.outokumpu.com

ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

www.acciaiterni.com

ThyssenKrupp Nirosta

www.nirosta.de

Assoziierte Mitglieder

Acroni

www.acroni.si

British Stainless Steel Association (BSSA)

www.bssa.org.uk

Cedinox

www.cedinox.es

Centro Inox

www.centroinox.it

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

www.edelstahl-rostfrei.de

Informationsstelle für nichtrostende Stähle

SWISS INOX, www.swissinox.ch

International Chromium Development Association

(ICDA), www.icdachromium.com

International Molybdenum Association (IMOA)

www.imoa.info

Nickel Institute

www.nickelinstitute.org

Paslanmaz Çelik Derneği (PASDER)

www.turkpasder.com

Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)

www.puds.pl

Impressum

Reinigung nichtrostender Stähle im Bauwesen
 2. Auflage 2011 (Reihe Bauwesen, Band 15)
 ISBN 978-2-87997-296-1
 © Euro Inox 2011

Englische Version	ISBN 978-2-87997-293-0
Finnische Version	ISBN 978-2-87997-294-7
Französische Version	ISBN 978-2-87997-295-4
Italienische Version	ISBN 978-2-87997-297-8
Niederländische Version	ISBN 978-2-87997-292-3
Polnische Version	ISBN 978-2-87997-298-5
Spanische Version	ISBN 978-2-87997-299-2
Schwedische Version	ISBN 978-2-87997-300-5
Tschechische Version	ISBN 978-2-87997-291-6
Türkische Version	ISBN 978-2-87997-301-2

Herausgeber

Euro Inox
 Diamant Building, Bd. A. Reyers 80
 1030 Brüssel, Belgien
 Tel. +32 2 706 82 67 Fax +32 2 706 82 69
 E-mail info@euro-inox.org
 Internet www.euro-inox.org

Autor

Nancy Baddoo, SCI, Ascot, Großbritannien (Text)
 Euro Inox, Brüssel, Belgien (Übersetzung)
 Martina Helzel, circa drei, München, Deutschland
 (Layout)

Inhalt

1	Warum Reinigung wichtig ist	2
2	Empfehlungen für Architekten: reinigungsfreundliche Planung	3
2.1	Sortenauswahl	3
2.2	Oberflächenauswahl	4
2.2.1	Glänzende Oberflächen	4
2.2.2	Matte Oberflächen	6
2.3	Detailplanung	10
3	Empfehlungen für Bauausführende: Übergabereinigung	12
4	Empfehlungen für Betreiber: Unterhaltsreinigung	16
4.1	Reinigungstechniken	16
4.2	Reinigungsutensilien	18
4.3	Reinigungsintervalle	19
5	Empfehlung für das Reinigungspersonal: Was ist zu tun, was zu lassen?	20
6	Literatur	21

Haftungsausschluss

Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen vermitteln Orientierungshilfen. Gewährleistungs- und Schadenersatzansprüche können hieraus nicht abgeleitet werden. Vervielfältigungen jedweder Art, auch auszugsweise, sind nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet.

1 Warum Reinigung wichtig ist

Entgegen weitverbreiteter Meinung ist nichtrostender Stahl nicht ein einziger Werkstoff, der unter allen Umständen rostfrei bleibt; vielmehr gibt es über 200 marktverfügbare Sorten mit höchst unterschiedlichen Graden von Korrosionsbeständigkeit. Im Bauwesen kommt eine Handvoll Sorten zum Einsatz.

Auch nichtrostender Stahl erfordert ein Minimum an Pflege, wenn seine Korrosionsbeständigkeit und sein attraktives Aussehen erhalten bleiben sollen. Bauteile aus diesem Werkstoff sind normalerweise unter atmosphärischen Bedingungen beständig. Voraussetzung dafür sind allerdings sachgerechte Werkstoffauswahl und Verarbeitung. Es gehört zu den Aufgaben des Architekten oder Tragwerkplaners, eine beanspruchungsgerechte Sorte auszuschreiben. Wird eine zu niedriglegierte Sorte gewählt, können Verschmutzungen zu Schadstoffkonzentrationen führen, welche die Korrosionsbeständigkeit des betreffenden Werkstoffs übersteigen. Fleckenbildung und einsetzende Korrosion

können die Folge sein, die u.U. eine Sanierungsreinigung erforderlich machen. Es muss daher festgestellt werden, welche Sorte für eine bestimmte Umgebung geeignet ist.

Die Korrosionsbeständigkeit der nichtrostenden Stähle beruht auf der sogenannten Selbstpassivierung (siehe Kasten). Selbst bei beanspruchungsgerechter Sortenauswahl können jedoch Verschmutzungen zu Konzentrationen korrosiver Substanzen führen, welche die Passivschicht schädigen. Reinigung ist daher wichtig, um den Selbstheilungsmechanismus des nichtrostenden Stahls aufrechtzuerhalten und kritischen Konzentrationen z.B. von Schwefeldioxid oder Chloriden sowie Fremdeisenkontamination vorzubeugen. Nichtrostender Stahl ist reinigungsfreundlich, da er keine verschleißanfälligen Beschichtungen aufweist. Häufigkeit und Kosten der Reinigung sind oft bei nichtrostendem Stahl niedriger als bei anderen Werkstoffen, was potentiell höhere anfängliche Investitionskosten überkompensiert.

Der Selbstheilungsmechanismus des nichtrostenden Stahls

Das im nichtrostenden Stahl enthaltene Chrom bildet auf der Werkstoffoberfläche eine dünne sogenannte Passivschicht. Obwohl diese Schicht nur wenige Atomlagen dick ist, stellt sie eine wirksame Barriere zwischen dem Stahl und seiner Umgebung dar. Bei Beschädigung bildet sie sich spontan wieder neu, sofern Sauerstoff aus Luft oder Wasser zur Verfügung steht. Diese Passivschicht ist der Grund, warum bei nichtrostendem Stahl kein zusätzlicher Korrosionsschutz aufgebracht werden muss.

2 Empfehlungen für Architekten: reinigungsfreundliche Planung

Die Dauerhaftigkeit einer Konstruktion und ihre künftigen Unterhaltskosten werden von Entscheidungen bestimmt, die der Architekt bereits in einer frühen Planungsphase trifft. Die Reinigungsfreundlichkeit hängt von der Auswahl von Werkstoffsorte und -oberfläche sowie der Form des Baukörpers ab.

2.1 Sortenauswahl

Fleckenbildung, die ein Frühstadium der Korrosion darstellt, lässt sich durch beanspruchungsgerechte Sortenauswahl [1, 2] vermeiden¹:

- Ferritische (Eisen-Chrom-) Standardwerkstoffe wie die Sorte 1.4016 sind normalerweise in Innenräumen ausreichend korrosionsbeständig (sofern nicht die Atmosphäre besonders korrosiv ist, z.B. in stark chloridhaltiger Seeluft)
- Der austenitische (Eisen-Chrom-Nickel-) Werkstoff 1.4301 (bzw. sein niedrig-kohlenstoffhaltiges Äquivalent 1.4307) sind

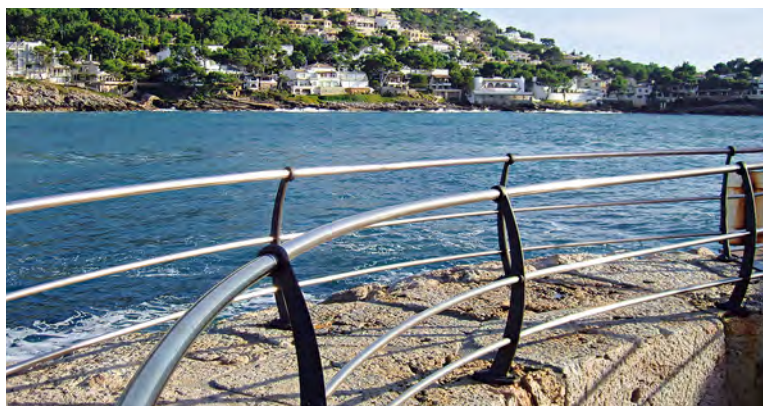


Wo Tausalz zum Einsatz kommt, sollten molybdänhaltige Sorten verwendet werden.

sowohl bei Innen- als auch bei Außenanwendungen in ländlicher sowie gering belasteter Stadt- und Industrielatmosphäre gebräuchlich.

- Wenn nennenswerte Gehalte an Chloriden und Schwefeldioxid in der Atmosphäre zu erwarten sind, ist die molybdänhaltige Sorte 1.4401 (oder ein vergleichbarer Stahl, z.B. 1.4404) zu empfehlen. Typische Anwendungen sind Küsten- und Industrieregionen sowie Bauteile, die Streusalz ausgesetzt sein können.

Gischt kann in Form von Salzkristallen auf Edelstahlkonstruktionen aufrocknen. Eine höherlegierte Sorte in Kombination mit einer glatten Oberfläche beugt Verfärbungen vor.



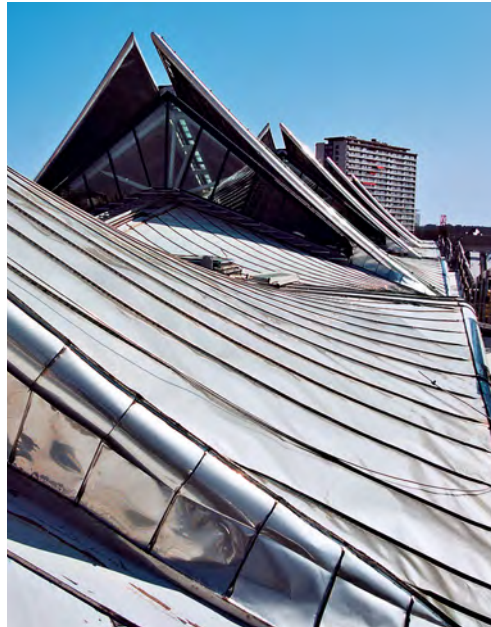
¹ Neben den in diesem Kapitel genannten Standardwerkstoffen gibt es weitere Sorten mit vergleichbarem Korrosionswiderstand. Ggfs. sind bei der Sortenauswahl nationale Regelwerke (z.B. in Deutschland die bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6) zu berücksichtigen.

2.2 Oberflächenwahl

Für nichtrostenden Stahl gibt es eine Vielzahl von werks- und verarbeiterseitigen Oberflächen [3]. Bezeichnungen und Beschreibungen sind in EN 10088, Teil 2 aufgeführt [4]. Wenn es darum geht, die Anhaftung von Schmutz zu vermeiden, ist die Oberflächenbeschaffenheit von ausschlaggebender Bedeutung. Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Reinigungsfreundlichkeit der Oberflächen gezielt zu verbessern, u.a. durch besonders glatte oder auch mustergewalzte Ausführungen.

2.2.1 Glänzende Oberflächen

Grundsätzlich haftet Schmutz desto weniger, je glatter die Oberfläche ist. Ein Weg zu günstigen Reinigungseigenschaften liegt daher in der Wahl möglichst glatter Oberflächen.



Für das Dach des Gerichtshofes in Antwerpen wurde eine werksseitige 2B-Oberfläche gewählt. Als Werkstoff kam wegen der Meeresnähe die molybdänlegierte Sorte 1.4401 zum Einsatz.

Von der rutschmindernden rauhen Oberfläche von Tränenblech (bei den Stufen) bis hin zu den glänzenden Wandpaneelen (in der Fassadenbekleidung) gibt es geeignete Reinigungsmethoden für alle Ausführungen, wie im Falle dieses Verwaltungsgebäudes in Gavá. Foto: Acerinox, Madrid (E)



Eine besonders gängige Ausführung wird in EN 10088-2 mit 2B bezeichnet: Sie weist einen leicht milchigen Glanz auf und ist eine kostengünstige Werksoberfläche. Im Außenbereich wird sie durch Regen wirksam gereinigt. Allerdings sind Fingerabdrücke darauf vergleichsweise deutlich sichtbar. Diese Oberfläche sollte Bereichen ohne Griffbeanspruchung vorbehalten bleiben.

Die Ausführung 2R (auch als blankgeglüht oder – im englischen Sprachgebrauch – „BA“ bezeichnet) ist beinahe spiegelglänzend. Auch hierbei handelt es sich um eine



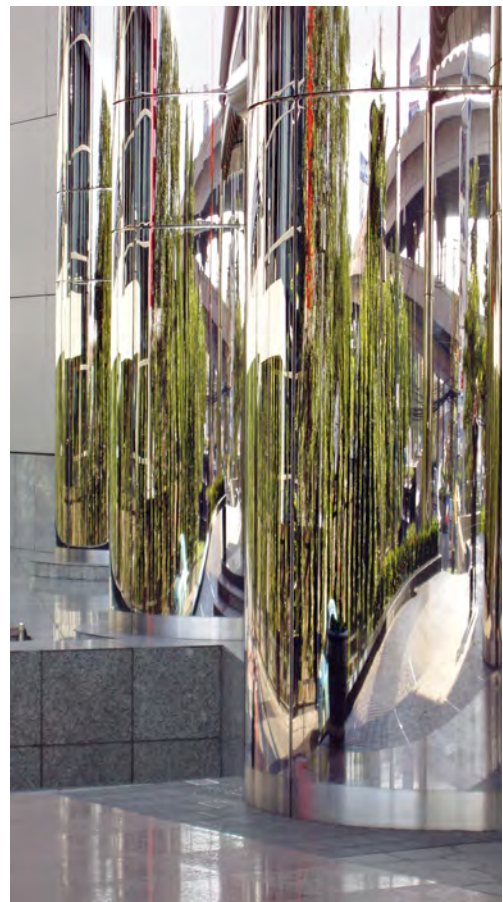
Für die Fassade dieses Industriegebäudes in Siemianowice Śląskie, Polen, wurde der Werkstoff 1.4526 in der blankgeglühten Ausführung 2R gewählt, welche die Selbstreinigung begünstigt. Foto: Aperam/ A. Zekri

wirtschaftlich vorteilhafte Werks Oberfläche, die zudem besonders reinigungsfreundlich ist. Allerdings ist darauf zu achten, dass durchgängig nur nicht-kratzende Reinigungsmittel und -utensilien verwandt werden.

Durch mechanisches oder elektrolytisches Polieren lässt sich die Glanzwirkung weiter steigern:

- Mechanisch hochglanzpolierte Oberflächen werden z.B. für unzerbrechliche Spiegel oder als Bekleidung in hochwertigen Aufzugskabinen eingesetzt. Diese sollten nur dort vorgesehen werden, wo sachkundige Reinigung sichergestellt werden kann, da sich Schäden nur schwer reparieren lassen.
- Das Elektropolieren reduziert die Mikrorauigkeit und kann auf allen nichtrostenden Stahloberflächen angewandt werden. Es vermindert Schmutzanhaftungen und erleichtert die Entfernung von Graffiti erheblich [5].

Architektonische Anwendung einer 2R-Oberfläche in der Stützenbekleidung eines Bürogebäudes. Durchgängige Beachtung der Reinigungsempfehlungen erhält den Hochglanz über Jahre hinweg.





An der Fassade des Charlemagne-Bürokomplexes in Brüssel (B) hat sich gebürstetes und geschliffenes Lochblech bewährt.



Für den Vauxhall-Cross-Busbahnhof in London wurde einer mustergewalzten Oberfläche der Vorzug gegeben, um den Reinigungsaufwand zu minimieren.

2.2.2 Matte Oberflächen

In manchen Anwendungsfällen werden hochglänzende Oberflächen eher gemieden, z.B. wenn es gilt, Blendung zu vermeiden oder wenn die optische Planheit kritisch sein kann. In diesen Fällen werden zumeist gebürstete und geschliffene Oberflächen bevorzugt. Die meisten Menschen assoziieren mit nichtrostendem Stahl derartige seidenglänzende Ausführungen.

Gebürstete und geschliffene Oberflächen gibt es in großer Vielfalt. Die Oberflächenbehandlung kann sowohl im Werk als auch vom Verarbeiter vorgenommen werden. Unter Reinigungsgesichtspunkten gilt es die folgenden Hinweise zu beachten:

- Grobe Schriffe sind zu vermeiden. Im Bauwesen wird im allgemeinen empfohlen, einen R_a -Wert von $0,5 \mu\text{m}$ nicht zu überschreiten².
- Der Schliff sollte vertikal verlaufen, nicht horizontal, um den Ablauf von Regenwasser zu erleichtern.



² Obgleich R_a -Werte verbreitet für die Beschreibung der Oberflächenrauigkeit herangezogen werden, lassen sich Oberflächen durch diesen Wert allein nicht umfassend charakterisieren.

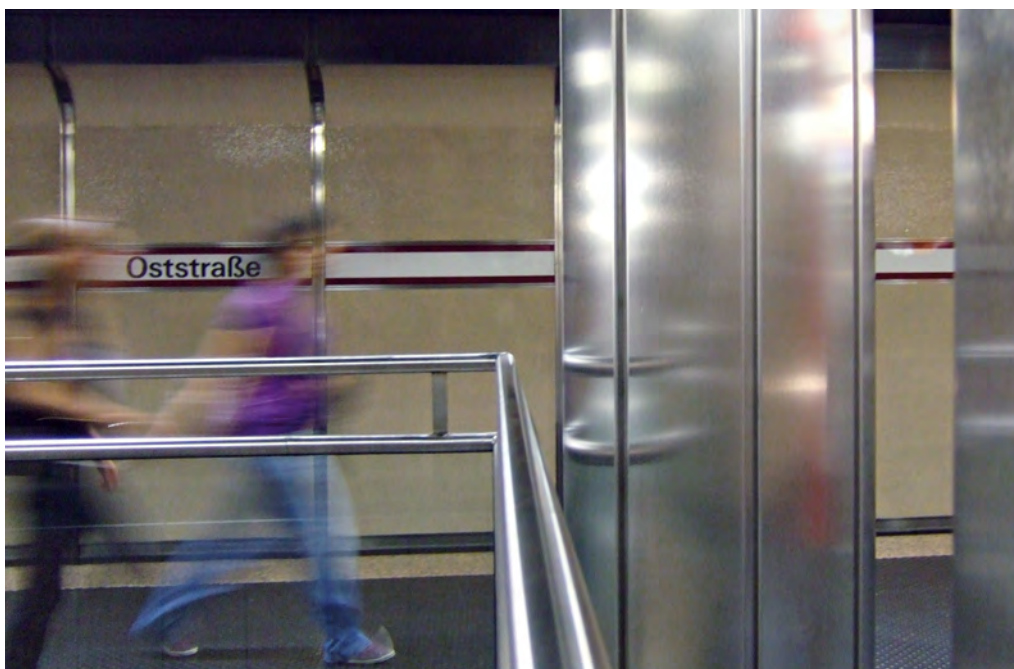
Quellentext [6] vermittelt Hinweise, wie sich gleichmäßige Schlibfbilder erzielen lassen.

Mustergewalzte Oberflächen eignen sich besonders für Fassaden sowie publikumsintensive Bereiche wie Bahnhöfe oder Flughäfen, denn sie unterdrücken Kratzer und andere Beschädigungen optisch. Da oft blankgeglühtes Blech das Ausgangsprodukt ist, weisen sie eine geringe Oberflächenrauigkeit auf, was die Reinigbarkeit verbessert.

Fingerabdrücke sind u.U. von glasperlengestrahnten Oberflächen (von zumeist dünnen kaltgewalzten Blechen) schwer zu entfernen. Diese Ausführung sollte nur in nicht-griffbeanspruchten Bereichen eingesetzt werden. Auf rauerm warmgewalztem Blech hat sich das Glasperlen- und Kugelstrahlen demgegenüber auch in beanspruchten Bereichen bewährt.



Kugelgestrahlte Oberflächen erweisen sich im Schalterbereich des Bahnhofes im britischen Southwark als robust.

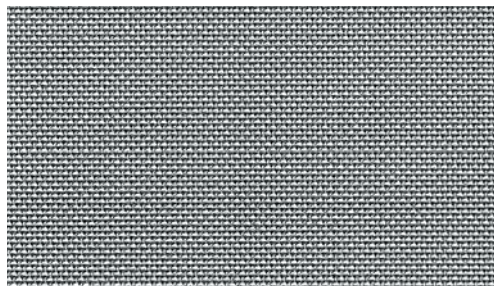


In dieser U-Bahn-Station in Düsseldorf wurde eine geschliffene Oberfläche eingesetzt. Zusätzlich wurde sie elektropoliert, um die Mikrorauigkeit zu verringern und damit die Entfernung von Schmutz und Graffiti zu erleichtern. Diese Wahl hat sich in mehr als 20-jähriger Betriebserfahrung bewährt. Foto: Euro Inox/ Rheinbahn AG, Düsseldorf (D)

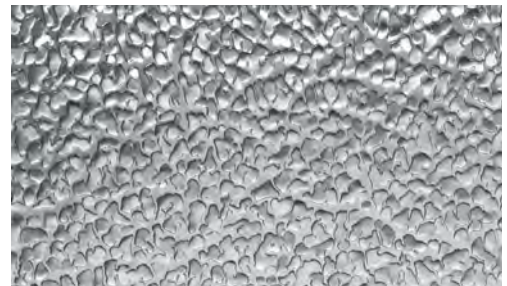
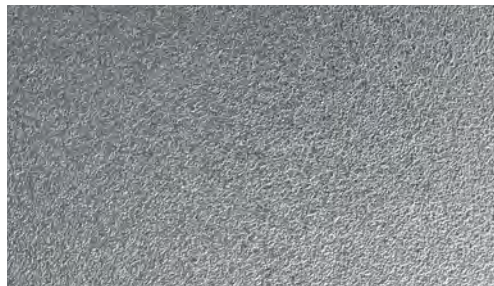


Inzwischen gibt es auch spezielle Oberflächen, die zwar geschliffenen oder gestrahlten Ausführungen ähneln, jedoch durch einen Walzprozess erzeugt werden. Als werksseitige Oberflächen sind sie äußerst gleichmäßig. Ihre Mikrorauigkeit ist ähnlich gering wie beim glatten Ausgangsmaterial. Diese Bleche lassen sich (z.B. im Innenbereich) gut reinigen und werden (z.B. als Bedachungswerkstoff) durch Regen wirksam abgewaschen.

Ferritischer nichtrostender Stahl der Sorte 1.4016 mit einer aufgewalzten schliffähnlichen Oberfläche ergibt einen klassischen Seidenglanz. Foto: ThyssenKrupp Nirosta, Krefeld (D)



Mustergewalzte Oberflächen verbinden Reflexarmut mit Reinigungsfreundlichkeit. Fotos: Aperam



Im Bauwesen gebräuchliche Oberflächen nichtrostender Flachprodukte gemäß EN 10088-2 und -4

	Kurzzeichen ¹⁾	Ausführungsart ²⁾	Oberflächenbeschaffenheit ²⁾	Bemerkungen	Kurzzeichen nach DIN 17440/41 ⁴⁾
Warmgewalzt	1D	Warmgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt	Zunderfrei	Üblicher Standard für die meisten Stahlsorten, um gute Korrosionsbeständigkeit sicherzustellen; auch übliche Ausführung für Weiterverarbeitung. Schleifspuren dürfen vorhanden sein. Nicht so glatt wie 2D oder 2B	c2 (IIa)
Kaltgewalzt	2H	Kaltverfestigt	Blank	Zur Erzielung höherer Festigkeitsstufen kalt umgeformt.	f (IIIa)
	2D	Kaltgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt	Glatt	Ausführung für gute Umformbarkeit, aber nicht so glatt wie 2B oder 2R	h (IIIb)
	2B	Kaltgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt, kalt nachgewalzt	Glatter als 2D	Häufigste Ausführung für die meisten Stahlsorten um gute Korrosionsbeständigkeit, Glattheit und Ebenheit sicherzustellen. Auch übliche Ausführung für Weiterverarbeitung. Nachwalzen kann durch Streckrichten erfolgen.	n (IIIc)
	2R	Kaltgewalzt, blankgeglüht ³⁾	Glatt, blank, reflektierend	Glatter und blanker als 2B. Auch übliche Ausführung für Weiterverarbeitung.	m (IIId)
	2Q	Kaltgewalzt, gehärtet und angelassen, zunderfrei	Zunderfrei	Entweder unter Schutzgas gehärtet und angelassen oder nach der Wärmebehandlung entzundert.	
Sonderausführungen	1G oder 2G	Geschliffen ⁵⁾	Siehe Fußnote ⁶⁾	Schleifpulver oder Oberflächenrauheit kann festgelegt werden. Gleichgerichtete Textur, nicht sehr reflektierend.	o (IV)
	1J oder 2J	Gebürstet ⁵⁾ oder mattpoliert ⁵⁾	Glatter als geschliffen, siehe Fußnote ⁶⁾	Bürstenart oder Polierband oder Oberflächenrauheit kann festgelegt werden. Gleichgerichtete Textur, nicht sehr reflektierend.	q
	1K oder 2K	Seidenmattpoliert ⁵⁾	Siehe Fußnote ⁶⁾	Zusätzliche besondere Anforderungen an eine „J“-Ausführung, um eine angemessene Korrosionsbeständigkeit für See- und architektonische Außenanwendungen zu erzielen. Quer $R_a < 0,5 \mu\text{m}$ in sauber geschliffener Ausführung.	p (V)
	1P oder 2P	Blankpoliert ⁵⁾	Siehe Fußnote ⁶⁾	Mechanisches Polieren. Verfahren oder Oberflächenrauheit kann festgelegt werden. Ungerichtete Ausführung, reflektierend mit hohem Grad von Bildklarheit.	p (V)
	2F	Kaltgewalzt, wärmebehandelt, kalt nachgewalzt mit aufgerauten Walzen	Gleichförmige, nicht reflektierende matte Oberfläche	Wärmebehandlung in Form von Blankglühen oder Glühen und Beizen.	
	1M 2M	Gemustert	Design ist zu vereinbaren, zweite Oberfläche glatt	Tränenblech, Riffelblech für Böden. Ausgezeichnete Texturausführung hauptsächlich für architektonische Anwendungen.	
	2W	Gewellt	Design ist zu vereinbaren	Verwendet zur Erhöhung der Festigkeit und/oder für verschönernde Effekte.	
	2L	Eingefärbt ⁵⁾	Farbe ist zu vereinbaren		
	1S oder 2S	mit Überzug ⁵⁾		mit Überzug: z.B. Zinn, Aluminium.	

¹⁾ Erste Stelle: 1 = warmgewalzt, 2 = kaltgewalzt.
²⁾ Nicht alle Ausführungsarten und Oberflächenbeschaffenheiten sind für alle Stähle verfügbar.
³⁾ Es darf nachgewalzt werden.
⁴⁾ Die DIN-Normen 17440 und 17441 wurden durch die DIN EN 10088 ersetzt; die teilweise noch verwendeten Kurzzeichen werden zum Vergleich hier angegeben.
⁵⁾ Nur eine Oberfläche, falls nicht bei der Anfrage und Bestellung ausdrücklich anders vereinbart.
⁶⁾ Innerhalb jeder Ausführungsbeschreibung können die Oberflächeneigenschaften variieren, und es kann erforderlich sein, genauere Anforderungen zwischen Hersteller und Verbraucher zu vereinbaren (z.B. Schleifpulver oder Oberflächenrauheit).

Die Oberflächenausführungen von Langprodukten aus nichtrostendem Stahl (insbesondere von Stabstahl und Profilen) für das Bauwesen sind in EN 10088-3 und -5 definiert. Da die Oberflächenrauigkeit hier eher allgemein angesprochen wird, empfiehlt es sich, bei Angeboten und Aufträgen einen maximalen R_a -Wert von $0,5 \mu\text{m}$ explizit festzuschreiben. Entsprechendes gilt für Hohlprofile, wie sie z.B. in Handläufen, Brüstungen, leichten Tragwerken oder anderen typischen Rohranwendungen zum Einsatz kommen.

2.3 Detailplanung

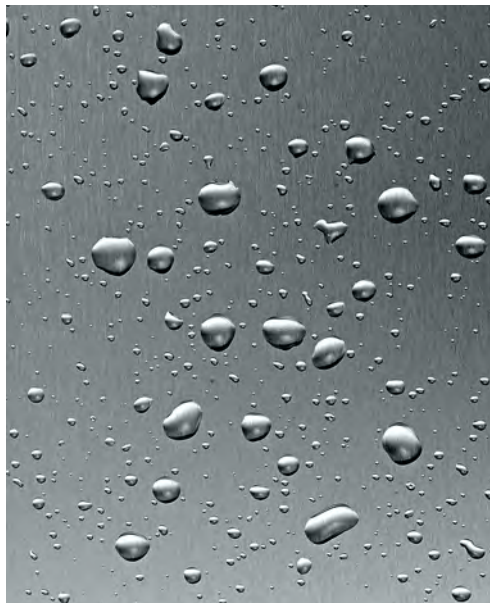
Der erforderliche Reinigungsaufwand lässt sich erheblich reduzieren, wenn verschmutzungsanfällige Konstruktionen vermieden und die natürliche Reinigungswirkung des Regens genutzt werden [7]:

- Fassadenpaneele sollten stets so angebracht werden, dass der Regen sie möglichst gleichmäßig erreicht.
- Bei geschliffenen Blechen sollte die Schliffrichtung vertikal verlaufen, so dass Regen schnell abfließt und dabei Schmutzteilchen abschwemmt.
- Komplexe Formen sollten gemieden werden, da sie die Reinigung von Hand erschweren.
- Horizontale, zurückspringende und verdeckte Bereiche sind zu vermeiden, da sich auf ihnen Schmutzwasser ansammeln und Ablaufspuren bilden kann.
- Spalte sollten entweder durch Schweißnähte bzw. Fugenmittel geschlossen oder so breit ausgebildet werden, dass Schmutzansammlungen und davon ausgehende Korrosionsrisiken vermieden werden.
- Versteifungselemente sollten ihrer Form nach freien Wasserablauf ermöglichen.
- Ablaufwasser von anderen Materialien, z.B. Baustahl, wetterfestem Stahl, chloridhaltigen Baustoffen oder Dichtmitteln sollte nicht über Oberflächen aus nichtrostendem Stahl abgeleitet werden.



Teile der Gebäudehülle, die der Witterung ausgesetzt sind, werden durch Regenwasser wirksam gereinigt. Foto: Centro Inox, Mailand (1)

- Für Wandbekleidungen aus nichtrostendem Stahl sind Befestigungselemente aus verzinktem Stahl ungeeignet. Durch galvanische Reaktion [8] zwischen dem edleren nichtrostenden Stahl und dem weniger edlen verzinkten Stahl korrodiert letzter beschleunigt. Dadurch kann nicht nur die Verbindung auf Dauer versagen; Rostspuren können auch auf dem nichtrostenden Stahl eine Sanierungsreinigung erforderlich machen.

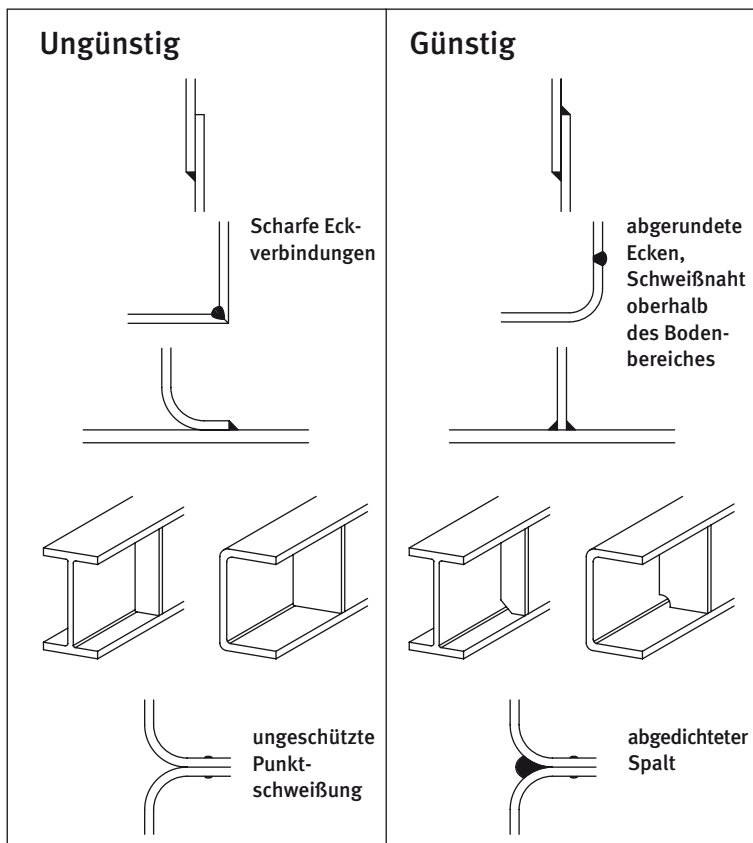


Fassadenbleche sollten mit der Schliffrichtung von oben nach unten angebracht werden, um die Selbstreinigung zu begünstigen. Ablaufendes Wasser schwemmt Verunreinigungen ab und vermindert Schmutzansammlungen. Foto: Outokumpu, Espoo (FIN)

Die zweckmäßigen Konstruktionen in der rechten Spalte nutzen die Reinigungswirkung von Regen und vermindern Schmutzansammlungen, die u.U. zu Korrosion führen. Die Bauformen links sind zu vermeiden. Abbildung: SCI, Ascot (GB)



Edelstahl-Teile erfordern Edelstahl-Befestigungsmittel.



3 Empfehlungen für Bauausführende: Übergabereinigung

Dekorative Bauteile werden üblicherweise vor der Abnahme gereinigt.

Zumeist werden Teile aus nichtrostendem Stahl bei Verarbeitung, Transport und Montage durch eine selbstklebende Folie vor Beschädigung und Verschmutzung geschützt. Manche Folien verspröden allerdings, wenn sie im Außenbereich ultraviolettem Licht ausgesetzt sind. Sie sind dann nur noch schwer zu entfernen. Auch können Kleberreste auf der metallenen Oberfläche zurückbleiben. Daher sind die Herstellerangaben über Folien- und Klebertyp sowie Verbleibdauer zu beachten. Grundsätzlich gilt, dass Schutzfolien entfernt werden sollten, sobald sie nach der Montage nicht mehr benötigt werden. Dabei sollten sie stets von oben nach unten abgezogen werden.

Die gängige Vorgehensweise für die Übergabereinigung umfasst

- 1) Abspülen mit Wasser, um losen Schmutz zu entfernen,
- 2) Abwischen mit (am besten warmem) Wasser unter Zusatz von Spül- oder Reinigungsmitteln bzw. 5 %-iger Ammoniaklösung (Salmiakgeist); bei Bedarf können weiche Kunststoffbürsten eingesetzt werden,
- 3) Klarspülen.

Die beste Wirkung wird erzielt, wenn die Oberflächen abschließend trockengewischt werden. Dabei sollte in überlappenden Zügen von oben nach unten gewischt werden.

Bei der Reinigung geschliffener und gebürsteter Oberflächen sollten die Wischbewegungen der Schliffrichtung folgen.

Plastik-Schutzfolien sollten nur für die Dauer der Arbeiten auf der Oberfläche verbleiben und dann unmittelbar entfernt werden. Besonders unter UV-Einfluss können sie verspröden und lassen sich dann nur noch mühsam wieder entfernen.



Einige der für blanken nichtrostenden Stahl üblichen Reinigungstechniken sind für elektrolytisch gefärbte oder lackierte Oberflächen nicht geeignet. Letztere sind oft beschädigungsanfälliger als der Grundwerkstoff selbst; Oberflächenschäden sind nicht reparabel.

Mörtel- und Zementspritzer lassen sich mit 10 bis 15 %iger Phosphorsäure entfernen. Die Lösung sollte warm aufgetragen, dann mit verdünnter Ammoniaklösung (Salmiakgeist) neutralisiert, anschließend mit (vorzugsweise entmineralisiertem) Wasser³ abgewaschen und getrocknet werden. Die Reinigungsmittelhersteller bieten hierfür auch spezielle Produkte an. Kalkschleierentferner oder verdünnte Salzsäure dürfen auf nichtrostendem Stahl nicht eingesetzt werden. Sollten sie doch einmal versehentlich auf das metallische Material gelangen, muss die Oberfläche sofort mit reichlich frischem Wasser abgespült werden. Handwerkern anderer Gewerke ist häufig nicht bewusst, dass im Keramikbereich anzutreffende salzsäurehaltige Kalkschleierentferner für nichtrostenden Stahl schädlich sind. Sie sollten daher ausdrücklich darauf hingewiesen werden. Die Montagereihenfolge sollte diesem Risiko Rechnung tragen und z.B. die Edelstahlarbeiten erst nach Abschluss der Keramikarbeiten vorsehen.

Fremdrost kann auf den Kontakt von Edelstahloberflächen mit Werkzeugen, unlegiertem Stahl und stählernen Gerüsten sowie auf

Schweiß-, Schneide- und Bohrarbeiten an Baustahl-Teilen in der Umgebung zurückgehen. Fremdeisenverunreinigung muss umgehend entfernt werden, da die Partikel unter Feuchtigkeitseinfluss schnell korrodieren. Die dabei entstehenden Korrosionspunkte können lokal auch die ansonsten selbstheilende Passivschicht des nichtrostenden Stahls durchbrechen und Lochkorrosion auslösen. Die ASTM-Norm A 380 [9] beschreibt geeignete Methoden, Fremdrost aufzuspüren.

Für die Entfernung von Fremdrost ist, abhängig vom Grad der Verunreinigung, ein abgestuftes Vorgehen zu empfehlen:

- Leichte, lediglich oberflächliche Flecken lassen sich mit handelsüblicher milder Reinigungsmilch oder Poliermittel entfernen. Diese Produkte enthalten in der Regel Kalziumkarbonat mit zusätzlichen oberflächenaktiven Substanzen. Haushaltstypische Edelstahl-Reinigungsmittel auf Zitronensäurebasis sind ebenfalls geeignet.
- Frische Ablagerungen eisenhaltiger Schleifstäube können durch eine gesättigte Oxalsäure-Lösung behandelt werden. Sie wird mit einem weichen Tuch oder Polierwatte aufgetragen und sollte dann einige Minuten ohne Wisch- oder Reibbewegung einwirken. Hierdurch werden in der Regel Partikel gelöst, ohne dass Kratzer oder andere Veränderungen auf dem nichtrostenden Stahl auftreten.

³ Entmineralisiertes Wasser verhindert Trockenflecken. Es wird auch für Dampfbügeleisen und Autobatterien eingesetzt und ist in Supermärkten erhältlich.

- Mittelstarke rostartige Verschmutzungen können durch phosphorsäurehaltige Reiniger entfernt werden. Bei sorgfältigem Vorgehen lässt sich die Behandlung ohne unerwünschte Veränderungen der Oberfläche ausführen. Leichte, bereits in die Oberfläche eingedrungene Fremdeisenpartikel lassen sich alternativ auch mit verdünnter Salpetersäure entfernen.
- Bei gravierenden, bereits in die Oberfläche eingedrungenen Fremdrostverunreinigungen ist eine Beiz⁴ - und/oder Passivierungsbehandlung⁵ angezeigt. Ihr geht stets eine Entfettung voraus, die Öl, Fett und andere organische Verschmutzungen entfernt [10].

Besonders ist darauf achten, dass diese Mittel unbedingt gemäß Herstellervorschrift sowie entsprechend den geltenden Arbeits- und Umweltschutzbestimmungen eingesetzt werden. Spezialfirmen sind darauf eingerichtet, solche Behandlungen vor Ort vorzunehmen. Als Nebeneffekt kann es zu einer

optischen Veränderung der Oberfläche kommen. Sie kann u.U. eine zusätzliche mechanische oder chemische Oberflächenbehandlung erforderlich machen, mit der das ursprüngliche Erscheinungsbild wiederhergestellt wird. Die Vermeidung von Fremdeisen-Verunreinigung – durch geeigneten Oberflächenschutz oder durch Montage der Edelstahlteile nach Abschluss aller anderen Bauarbeiten – sollte daher im Vordergrund stehen.

Anlauffarben sind in baulichen Anwendungen selten, es sei denn, dass der Edelstahl bei Schweißarbeiten oder durch Brand hohen Temperaturen ausgesetzt wird. Dann kann eine Beizbehandlung erforderlich werden. Für kleinere angelaufene Flächen bieten sich Beizpasten an, so dass eine Tauchbehandlung entfällt. Beizpasten sind auch auf vertikalen Oberflächen einsetzbar. Beizprodukte sind jedoch aggressiv. Die Herstellerangaben zu Arbeits- und Umweltschutz sind zu beachten.

4 Als Beizen bezeichnet man den chemischen Abtrag einer dünnen Schicht von der Stahloberfläche, üblicherweise durch eine Mischung aus Salpeter- und Flusssäure.

5 Passivierung bewirkt den kontrollierten und beschleunigten Aufbau der natürlichen Passivschicht des nichtrostenden Stahls unter Verwendung von Salpetersäure.

Unterhaltsreinigung oder Sanierungsreinigung?

Bei der Formulierung der Anforderungen [11] wird oft nicht hinreichend unterschieden zwischen

- einerseits der Unterhalts- oder Grundreinigung im Sinne der Entfernung von Schmutz, Graffiti usw. von einem ansonsten intakten Grundwerkstoff und
- andererseits der Sanierungsreinigung im Sinne der Entfernung sichtbarer Verfärbungen des Werkstoffs selbst.

Obwohl nichtrostender Stahl seinem Namen entsprechend eine hohe Korrosionsbeständigkeit aufweist, die in jahrzehntelanger Praxiserfahrung nachgewiesen ist, kann es in Einzelfällen zu Fleckenbildung und örtlicher Korrosion kommen. Solche Fälle gehen zumeist auf zwei Ursachen zurück:

- Fremdeisenpartikel lagern sich auf der Oberfläche des nichtrostenden Stahls an. Sie können z.B. von Trenn-, Schleif- oder Schweißarbeiten an Baustahlkonstruktionen in der Nähe ausgehen. Auch rosthaltiges Ablaufwasser von anderen Flächen kann die Ursache sein.
- Aufgrund mangelnder Reinigung kommt es zur Aufkonzentration von Chloriden oder anderen Schadstoffen bis zu einem Niveau, gegen das die gewählte Werkstoffsorte nicht mehr sicher beständig ist. Sprühnebel von streusalzbelastetem Tauwasser und chloridhaltige Küstenatmosphäre sind typische Ursachen korrosiver Ablagerungen. Unter schadstoffhaltigen Belägen können sich winzige, punktförmige Korrosionsgrübchen bilden, die zuweilen von eng abgegrenzten bräunlichen Höfen umgeben sind und als Verfleckung wahrgenommen werden.

Flecken sind zumeist Anzeichen einsetzender Korrosion. In diesem Fall ist es nicht ausreichend, lediglich die sichtbaren Verfärbungen mit Methoden der Unterhaltsreinigung und mit üblichen Reinigungsmitteln zu entfernen. In den entstandenen, mit bloßem Auge oft kaum wahrnehmbaren Grübchen können Schadstoffe

und Korrosionsprodukte verbleiben, die möglicherweise bald nach der Reinigung wieder Ausgangspunkte neuer Flecken werden.

In solchen Fällen ist eine Sanierungsreinigung erforderlich. Diese Behandlung wirkt beizend und/oder passivierend. Im Gegensatz zu den üblicherweise neutralen oder basischen Mitteln für die (Schmutz entfernende) Reinigung im engeren Sinne sind diese Produkte säurehaltig. Ihre Zusammensetzung ist so abgestimmt, dass eisenhaltige Korrosionsprodukte sicher und vollständig aufgelöst werden, während der nichtrostende Stahl bei bestimmungsgemäßer Anwendung unangetastet bleibt. Das Ergebnis einer solchen Behandlung ist eine Oberfläche, die auch in mikroskopischem Maßstab metallisch blank ist. Sie allein bietet optimale Voraussetzungen dafür, dass der zuvor beschriebene, für nichtrostenden Stahl charakteristische Selbstheilungsprozess – die Passivierung – ungehindert stattfinden kann und der Sanierungserfolg langfristig gesichert ist.

Es ist unbedingt zu bedenken, dass diese speziell für nichtrostenden Stahl bestimmten Mittel für andere metallische Werkstoffe, z.B. verzinkten Stahl oder Aluminium, schädlich sind. Bei ihrer Anwendung ist darauf zu achten, dass sie nicht auf andere Umgebungsbaustoffe, z.B. Aluminiumfenster oder verzinkte Unterkonstruktionen, gelangen. Auch dekorative Steinoberflächen können durch Säuren geschädigt werden. Sanierungsbehandlungen von nichtrostendem Stahl mit säurehaltigen Reinigungs-, Beiz- und Passivierungsmitteln müssen daher entsprechend qualifizierten Unternehmen vorbehalten bleiben, die darüber hinaus auch mit den erforderlichen Arbeits- und Umweltschutzvorkehrungen vertraut sind. Nationale Beratungsorganisationen für nichtrostenden Stahl erteilen Auskunft über Produktlieferanten und Dienstleister.

4 Empfehlungen für Betreiber: Unterhaltsreinigung

Im **Außenbereich**, z.B. bei Fassaden, schwemmt Regen – soweit er die Flächen erreicht – zumeist Schmutzansammlungen wirksam ab. Bei der Unterhaltsreinigung erfordern zurückliegende Bereiche besondere Aufmerksamkeit. Hier gilt es, aus der Luft stammenden Schmutz und Schadstoffe zu beseitigen. Besonders wichtig ist die Reinigung in Meeres- und Industriatmosphäre, wo Aufkonzentrationen von Chloriden und Schwefeldioxid zu örtlicher Korrosion führen können, wenn sie nicht entfernt werden.

Fassade aus nichtrostendem Stahl vor und nach der Reinigung. Foto: York Property Company Inc., Bethlehem, PA (USA)



Im **Innenbereich** steht zumeist die Entfernung von Fingerabdrücken im Vordergrund. Unter den zahlreichen Oberflächen gibt es

auch solche, die speziell für Bereiche mit starkem Publikumsverkehr bestimmt sind. Gebürstete und geschliffene Oberflächen lassen Fingerabdrücke vor allem in der ersten Zeit nach Ingebrauchnahme hervortreten. Ihre Sichtbarkeit nimmt nach mehreren Reinigungsdurchgängen deutlich ab.

4.1 Reinigungstechniken

Die leichte Reinigung ist einer der Hauptgründe, warum nichtrostender Stahl verbreitet für dekorative Anwendungen im Bau eingesetzt wird. Auf blankem nichtrostendem Stahl kann eine große Bandbreite von Reinigern verwendet werden [11].

Am weitesten verbreitet sind seidenglänzende **geschliffene und gebürstete Oberflächen**. Zumeist reichen Spül- oder Reinigungsmittellösungen aus, Fingerabdrücke von dekorativen Oberflächen zu entfernen. Auch sind spezielle Sprühreiniger erhältlich, die nicht nur reinigend wirken, sondern auch einen gleichmäßig glänzenden, dünnen Schutzfilm bilden. Diese Reiniger entfernen Fingerspuren und sorgen dafür, dass neue Abdrücke weniger hervortreten. Nach dem Auftrag des Sprays sollten die Oberflächen mit einem trockenen Tuch nachgewischt werden. Die nationalen Beratungsorganisationen geben Hinweise auf landesübliche Produkte. **Spiegelpolierte Oberflächen** können mit chloridfreien Glasreinigern behandelt werden.



Fassadenbekleidung aus blankgeglühtem nichtrostendem Stahl vor und nach der Reinigung: Routineverfahren geben dem nichtrostenden Stahl seinen Hochglanz zurück. Foto: Christian Pohl GmbH, Köln (D)

Bei **elektrolytisch gefärbtem nichtrostendem Stahl** müssen Kratzer unbedingt vermieden werden, da die Oberfläche nicht reparabel ist. Die Hersteller geben entsprechende Reinigungsempfehlungen. Die Reinigung von **lackiertem nichtrostendem Stahl** wird durch die Art der Beschichtung bestimmt. Sie sollten i.a. jedoch häufiger gereinigt werden als blanker nichtrostender Stahl, da verkrustete Verschmutzungen evt. nur noch schwer zu entfernen sind, ohne Glanz und Beschaffenheit der Beschichtung zu beeinträchtigen. Da Hochdruckreiniger Farbbeschichtungen beschädigen können, sollten lackierte Oberflächen nur mit einem schwachen Strahl abgespült werden.

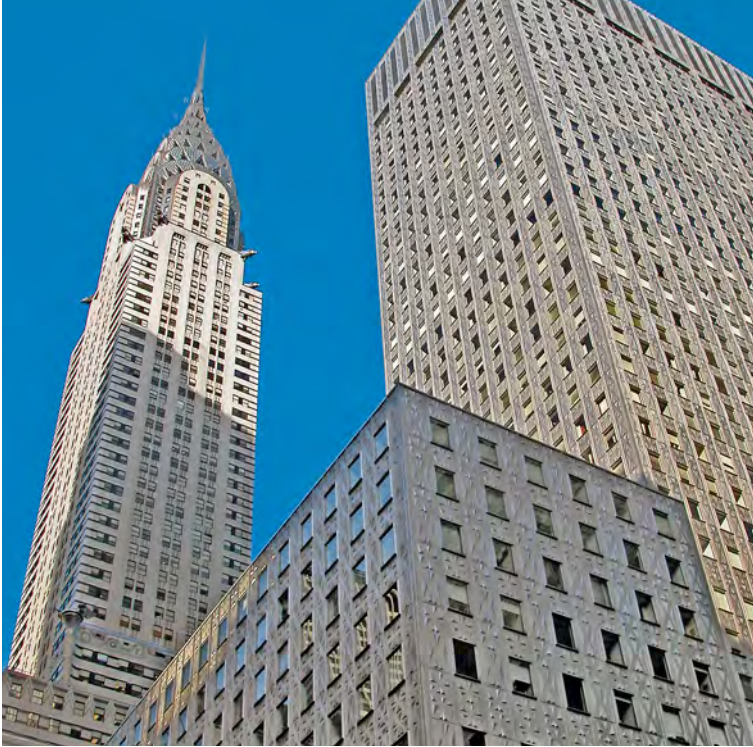
Bei **hartnäckigeren Verschmutzungen** bewährt sich in der Regel haushaltsübliche Reinigungsmilch mit Kalziumkarbonat-Zusätzen. Sie entfernt auch Kalkflecken sowie oberflächliche Verfärbungen. Nach der Anwendung sollten Reinigungsmittelreste vollständig mit (am besten entmineralisiertem) Wasser abgewaschen werden, um Tropf- und Kalkspuren zu vermeiden. Scheuerpulver

darf, da es die Oberfläche verkratzen kann, nicht verwendet werden.

Für die Entfernung von **Kalkrückständen** eignet sich zumeist eine 10 bis 15 %-ige Phosphorsäurelösung, wie sie bereits für die Entfernung von Zement- und Mörtelspritzern empfohlen wurde. Ersatzweise eignet sich auch Essig, der im Verhältnis 1:3 mit Leitungswasser verdünnt wird.

Schwerwiegende ölige und fettige Verschmutzungen lassen sich mit alkoholhaltigen Reinigern, z.B. Spiritus, Isopropylalkohol oder Lösungsmitteln wie Azeton entfernen. Sie sind für nichtrostenden Stahl unbedenklich. Verschmutzungen sollten nicht großflächig über die Oberfläche verteilt werden, weil sie dann möglicherweise noch schwerer zu entfernen sind. Am besten wendet man wiederholt jeweils frisches Lösemittel mit einem frischen nicht-kratzenden Tuch an, bis die Verschmutzung abgetragen ist. Auch alkalische Produkte mit oberflächenaktiven Zusätzen sind auf dem Markt ⁶.

⁶ Scharfe Reinigungsmittel sollten immer zuerst an verdeckten Stellen probeweise angewandt werden, um mögliche Oberflächenveränderungen festzustellen.



Das 1930 fertiggestellte Chrysler-Gebäude (links), stellte die erste großmaßstäbliche Anwendung nichtrostenden Stahls in der Architektur dar. Das Socony-Mobil-Gebäude (rechts) verfügte bei seiner Fertigstellung 1956 über die weltgrößte Edelstahlfassade. Beide Fassaden wurden erstmals 1995 gereinigt. Foto: Nickel Institute, Brüssel (B)/ Catherine Houska, Pittsburgh, PA (USA)

Graffiti und andere Farben können mit speziellen alkalischen oder lösemittelhaltigen Reinigern entfernt werden. Auf harte Schaber oder Messer muss dabei verzichtet werden, da sie die Oberfläche verkratzen.

Für **stark vernachlässigte Oberflächen** eignen sich auch Polierpasten, wie sie für verchromte Teile (z.B. von Autos) eingesetzt werden. Auch Polierschleifpasten für die Aufarbeitung von Fahrzeuglacken sind eine Option; allerdings sind sie mit Vorsicht anzuwenden, da sie u.U. Kratzer hinterlassen können. Rückstände sind vollständig zu entfernen. Alternativ bieten sich edelstahlspezifische phosphorsäurehaltige Reiniger an, wie sie zur Entfernung von Fremdeisenverschmutzungen angeboten werden. Anschließend ist mit entmineralisiertem Wasser zu spülen und zu trocknen. Stets sollte die Gesamt-

Oberfläche behandelt werden, um Schattenbildung zu vermeiden.

Vor Beginn der Arbeiten müssen alle Vorkehrungen für die Einhaltung der Arbeits- und Umweltschutzhinweise der Hersteller getroffen werden. In Zweifelsfällen ist der Hersteller zu befragen. Wenn für die Abschlussbehandlung Wasser eingesetzt wurde, ist es – besonders in Gegenden mit hartem Wasser – zu empfehlen, die Oberflächen trockenzuwischen. Entmineralisiertes Wasser beugt Kalkflecken vor. Bei der Auswahl der Reinigungsmittel muss nicht allein dafür gesorgt werden, dass sie für nichtrostenden Stahl unschädlich sind, sondern auch deren Unbedenklichkeit für Umgebungsbaustoffe wie Glas, Fugenmitteln, Naturstein usw.

Unbedingt zu vermeiden sind

- chlorid- (insbesondere salzsäure-)haltige Reiniger,
- hypochlorithaltige Bleich- und Desinfektionsmittel (Javelwasser) sowie
- Silberputzmittel.

Gelangen solche Mittel versehentlich auf den nichtrostenden Stahl, sollten sie umgehend mit reichlich frischem Wasser abgespült werden.

4.2 Reinigungsutensilien

Ein **feuchtes Tuch oder Leder** ist in der Regel ausreichend, um normale Verschmutzungen und Fingerabdrücke zu entfernen.

Bei hartnäckigeren Verschmutzungen führen oft nicht-kratzende **Nylon-Schwämme** zum Erfolg; allerdings können sie empfindliche

(z.B. blankgeglühte oder hochglanzpolierte) Oberflächen beschädigen.

Weiche Nylonbürsten lassen sich für die Reinigung von mustergewalzten Blechen einsetzen. Bei gerichteten Schlifflinien, wie sie in EN 10088 Teil 2 unter den Bezeichnungen G, J und K verzeichnet sind, sollte die Wischrichtung immer der Schliffrichtung entsprechen. Keinesfalls dürfen Nicht-Edelstahl-Scheuerschwämme, Stahlwolle oder Drahtbürsten verwendet werden. Sie verkratzen die Oberfläche nicht nur, sondern hinterlassen auch Fremdeisenpartikel, die sich unter Feuchtigkeitseinfluss zu punktförmigen Korrosionserscheinungen entwickeln. Um Fremdeisenkontamination vorzubeugen, sollten die Reinigungsutensilien nichtrostendem Stahl vorbehalten bleiben. Sie dürfen nicht zuvor bereits auf Baustahl eingesetzt worden sein. Stahlwolle aus Edelstahl hinterlässt zwar kein Fremdeisen, verkratzt aber dennoch dekorative Oberflächen.

Hochdruckreiniger sind grundsätzlich anwendbar. Allerdings besteht – ebenso wie bei anderen Werkstoffen – die Gefahr, dass scharfkantige Schmutzteilchen Kratzspuren verursachen. Oberflächen, die stark z.B. mit Sand, Erde oder Staub verschmutzt sind, sollten daher zunächst mit einem sanften Wasserstrahl abgespült werden, bevor der Hochdruckreiniger zum Einsatz kommt. Da die für Fassadenpaneele und -kassetten eingesetzten Edelstahlbleche zudem zumeist dünn sind, muss die Stärke des Strahls so bemessen werden, dass keine Verformungen auftreten.

4.3 Reinigungsintervalle

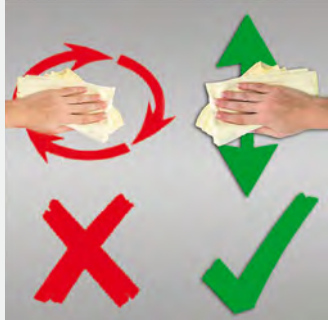
Hinsichtlich des Reinigungsrythmus unterscheidet sich nichtrostender Stahl grundsätzlich von anderen Werkstoffen mit dekorativen Oberflächen. Stets sollte die Reinigung erfolgen, bevor sich Schmutz und Fingerabdrücke angesammelt haben. Arbeitsaufwand und Kosten werden so begrenzt; die Gefahr der Oberflächenbeschädigung wird vermieden.

Im Außenbereich ist nichtrostender Stahl oft vielfältigen, oft relativ aggressiven Schadstoffen ausgesetzt, z.B. aufgrund von

- Küstenatmosphäre,
- Industrieabgasen,
- verwirbeltem streusalzhaltigem Tauwasser,
- Luftverschmutzungen und Autoabgasen.

Diese können zu bräunlichen Verfleckungen führen. Spezielle, phosphorsäurehaltige Edelstahlreiniger beseitigen derartige Flecken. Die Reinigungsintervalle hängen von den optischen Ansprüchen sowie vom Schadstoffgehalt der Atmosphäre ab. Bei besonders hohen Anforderungen oder unter korrosiven Umgebungsbedingungen hat es sich bewährt, metallische Oberflächen im gleichen Rhythmus zu reinigen wie die Gebäudeverglasung. Bei starker Verschmutzung sollten die Flächen im Abstand von einigen Monaten gereinigt werden, besonders in überdeckten Bereichen, die nicht vom Regen erreicht werden. Bis es zu unansehnlichen oder korrosiven Ablagerungen kommt, vergehen in ländlicher und normaler städtischer Umgebung nach den vorliegenden langjährigen Praxiserfahrungen jedoch zumeist mehrere Jahre.

5 Empfehlungen für das Reinigungspersonal: Was ist zu tun, was zu lassen?



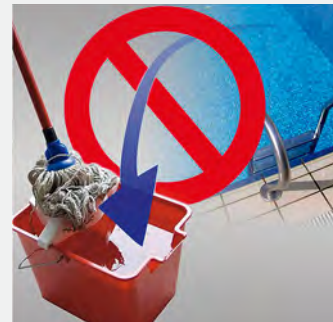
- 1) Immer in Schliffrichtung wischen, nicht quer dazu. In überlappenden Zügen von oben nach unten arbeiten.



- 4) Reinigungsmittel mit reichlich frischem Wasser abspülen. Nach Möglichkeit trockenwischen.



- 2) Keine Scheuerschwämme oder harten Gegenstände verwenden, um hartnäckigen Schmutz zu entfernen.



- 5) In Schwimmbädern kein Beckenwasser für die Reinigung einsetzen.



- 3) Keine chlorhaltigen Reiniger, Bleichmittel oder starke Säuren (z.B. Kalkschleierentferner) benutzen.

6 Literatur

- [1] VAN HECKE, B., Was ist nichtrostender Stahl, Luxemburg: Euro Inox, 2. Auflage 2007
- [2] Tables of Technical Properties (Materials and Applications Series, Vol. 5), Luxemburg: Euro Inox, 2. Auflage 2007
- [3] COCHRANE, D., Dekorative Oberflächen im Bauwesen (Reihe Bauwesen, Band 1), Luxemburg: Euro Inox, 3. Auflage 2005. Die Veröffentlichung ist auch als interaktive CD-ROM erhältlich, die realitätsnahe Animationen der Reflexeigenschaften verschiedener Oberflächen umfasst.
- [4] EN 10088, Nichtrostende Stähle - Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung
- [5] KOSMAČ, A., Elektropolieren nichtrostender Stähle (Reihe Werkstoff und Anwendungen, Band 11), Luxemburg: Euro Inox (in Vorbereitung)
- [6] VAN HECKE, B., Mechanische Oberflächenbehandlung nichtrostender Stähle in dekorativen Anwendungen (Reihe Werkstoff und Anwendungen, Band 6), Luxemburg: Euro Inox 2006
- [7] BADDOO, N., Fertigung und Montage von Konstruktionen aus nichtrostendem Stahl – allgemeine Hinweise (Reihe Bauwesen, Band 10), Luxemburg: Euro Inox 2006
- [8] ARLT, N./BURKERT, A./ISECKE, B., Edelstahl Rostfrei in Kontakt mit anderen Werkstoffen (Merkblatt 829), Düsseldorf: Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, 4. Auflage 2005
- [9] ASTM A 380 Standard practice for cleaning, descaling and passivation of stainless steel parts, equipment and systems, ASTM 2006
- [10] CROOKES, R., Beizen und Passivieren nichtrostender Stähle (Reihe Werkstoff und Anwendungen, Band 4), Luxemburg: Euro Inox, 2. Auflage 2007
- [11] Care and Maintenance of Stainless Steel (SSAS Information Sheet No. 7.20), Sheffield: British Stainless Steel Association, 2001

ISBN 978-2-87997-296-1