

Pressfitting-Systeme und nichtrostender Stahl



Euro Inox

Euro Inox ist die europäische Marktförderungsorganisation für nichtrostende Stähle (auch als Edelstahl Rostfrei oder Inox-Stähle bezeichnet).

Die Mitglieder von Euro Inox umfassen

- europäische Produzenten nichtrostender Stähle,
- nationale Marktförderungsorganisationen für nichtrostende Stähle 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.

ISBN 978-2-87997-383-8

Englische Fassung

978-2-87997-371-5

Italienische Fassung

978-2-87997-385-2

Niederländische Fassung

978-2-87997-384-5

Vollmitglieder

Acciai Speciali Terni
www.acciaiterni.it

Acerinox
www.acerinox.com

Aperam
www.aperam.com

Outokumpu
www.outokumpu.com

Assoziierte Mitglieder

Acroni
www.acroni.si

British Stainless Steel Association (BSSA)
www.bssa.org.uk

Cedinox
www.cedinox.es

Centro Inox
www.centroinox.it

ConstruirAcier
www.construiracier.fr

Industeel
www.industeel.info

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei
www.edelstahl-rostfrei.de

International Chromium Development Association (ICDA)
www.icdacr.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

Stowarzyszenie Stal Nierdzewna (SSN)
www.stalenierdzewne.pl

SWISS INOX
www.swissinox.ch

Pressfitting-Systeme und nichtrostender Stahl
 Erste Auflage 2013
 (Reihe Werkstoff und Anwendungen, Band 19)
 © Euro Inox 2013

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

Thomas Pauly, Brüssel (B)

Danksagungen

Der Autor dankt den Herren Tony Newson, Rotherham (GB) und Dr. Hubertus Schlerkmann, Duisburg (D), für ihre Anregungen sowie die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Umschlagfotos:

Geberit, Jona (CH), links
 Nussbaum, Olten (CH), rechts

Urheberrechtlicher Hinweis

Vervielfältigungen jedweder Art sind, auch auszugsweise, nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Inhalt

1	Einleitung	2
2	Das Prinzip	4
3	Vergleich mit alternativen Techniken	5
4	Die wichtigsten Werkstoffeigenschaften	7
4.1	Selbstpassivierung	7
4.2	Kaltverfestigung	7
5	Anwendungsbereiche	8
5.1	Trinkwasser-Hausinstallation	8
5.1.1	Vertikale Rohrstränge	9
5.1.2	Horizontale Rohrstränge	9
5.1.3	Sorten nichtrostender Stähle für die Trinkwasserinstallation	10
5.1.4	Leitungen für Trinkwasserkontakt	10
5.1.5	Mischinstallationen	11
5.2	Heizung	12
5.3	Solarkollektoren	13
5.4	Prozesswässer und gekühlte Wässer	14
5.5	Feuerlöschsysteme	14
5.6	Entwässerung	14
5.7	Mineralölprodukte und Chemikalien	15
5.8	Gasförmige Brennstoffe	15
5.9	Druckluft	16
5.10	Andere Gase	16
5.11	Elektroinstallationen	16
6	Allgemeine Installationsempfehlungen	17
6.1	Chloridbelastung	17
6.2	Schneiden und Biegen	18
7	Zusammenfassung	19
8	Literaturverzeichnis	20

Haftungsausschluss

Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen vermitteln Orientierungshilfen. Gewährleistungs- und Schadenersatzansprüche gegenüber Euro Inox, deren Mitgliedern, Mitarbeitern und Beratern sowie anderen Projektbeteiligten können hieraus nicht abgeleitet werden.

1 Einleitung

Das Pressfitting-System trägt in besonderer Weise zwei Anforderungen Rechnung, die an Rohrsysteme für Trinkwasser, Prozesswasser, andere Flüssigkeiten oder Gase gestellt werden: Sie müssen erstens leicht und schnell zu installieren sein und zweitens langfristig ihre Funktion störungsfrei erfüllen. Trinkwasser erfordert besonders neutrale Werkstoffe, um den hygienischen Anforderungen zu entsprechen und sicherzustellen, dass weder die Farbe noch der Geschmack des Wassers beeinträchtigt werden. Bei industriellen flüssigen Medien muss deren mögliche Korrosivität beachtet werden. Bei gasförmigen Medien kann die Gasdichtheit sicherheitsrelevant sein.

Mechanische Verbindungssysteme sind für mehrere metallene Werkstoffe verfügbar. Wegen seiner besonderen Umformbarkeit und seiner nachweislichen Neutralität bil-

det jedoch nichtrostender Stahl mit dem Pressfitting-System ein ideales Gespann. Obwohl diese Kombination am häufigsten für die Trinkwasser-Hausinstallation eingesetzt wird, ist deren Anwendungsbereich wesentlich umfassender und schließt auch Prozesswasser, Erdölprodukte und Gase ein.

Die vorliegende Veröffentlichung verdeutlicht

- die wesentlichen technischen Eigenschaften von Pressfitting-Verbindungen aus nichtrostendem Stahl,
- deren Positionierung im Wettbewerb mit anderen Lösungen
- typische Anwendungsgebiete sowie
- edelstahlspezifische Aspekte der Planung und Installation.



Pressfitting-Systeme aus nichtrostendem Stahl vereinen leichte Installation mit der nachgewiesenen Neutralität des Werkstoffs. Foto: Chibro, Montano Lucino, CO (I)

Auf einen Blick:

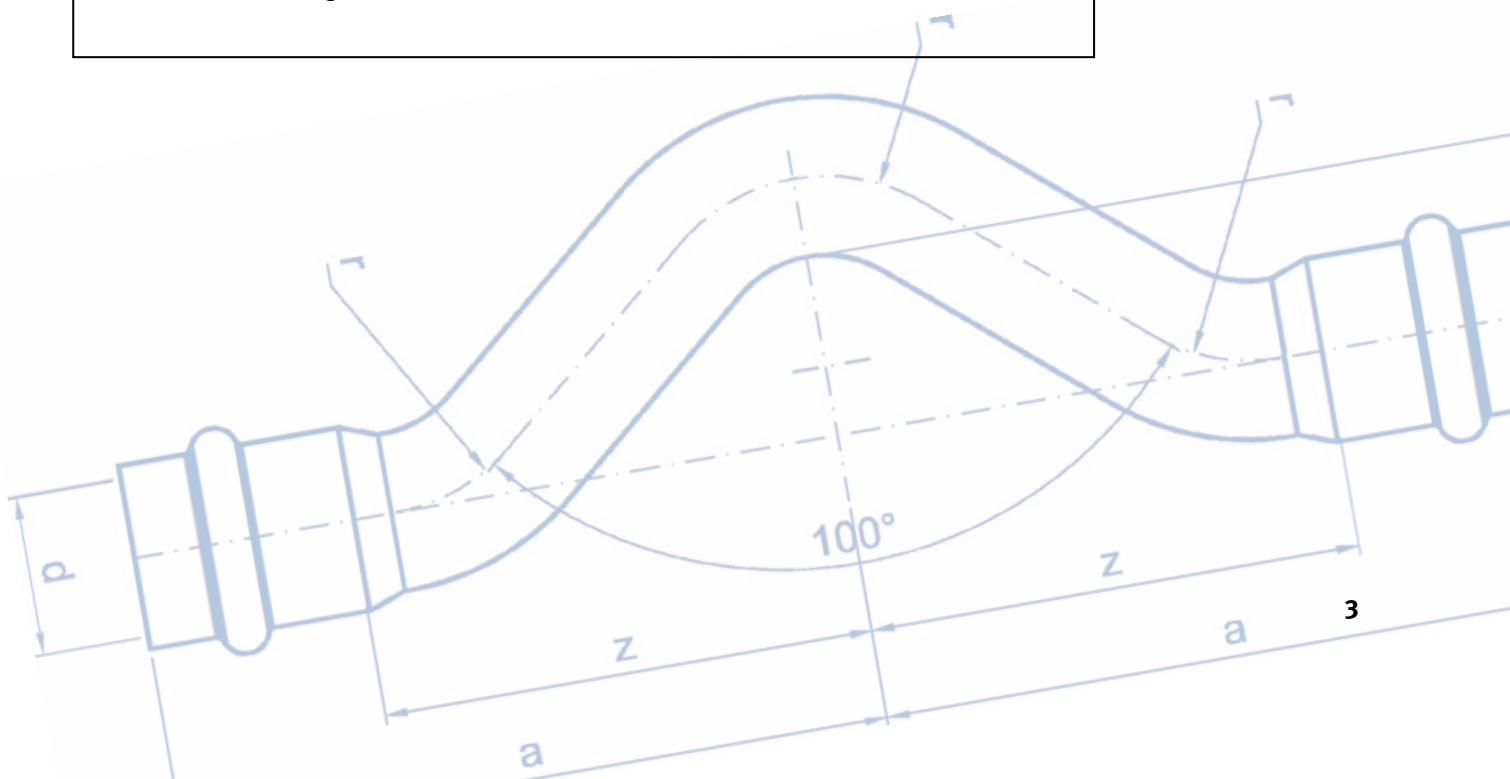
Warum nichtrostender Stahl?

- korrosionsbeständig in allen Wässern gemäß Europäischer Trinkwasserverordnung ohne Einschränkungen
- beständig gegen andere Medien einschließlich vieler Prozesswässer, Mineralölprodukte und gasförmiger Brennstoffe
- korrosionsbeständige äußere Oberfläche, geeignet zum Einsatz in aggressiver Atmosphäre (Brauereien, milchverarbeitende Industrie, ...)
- sehr hohe Beständigkeit gegen Erosionskorrosion
- optisch attraktiv – trägt zu einem saubereren Gesamteindruck bei
- geringere Wärmeausdehnung als die meisten anderen Werkstoffe
- außerordentlich langlebig
- bewährte Hygieneeigenschaften schon in der Phase unmittelbar nach der Inbetriebnahme
- keine Alterung; unter Tageslichteinfluss unempfindlich gegen UV-Strahlung
- auch in Form biegsamer Verbundrohre mit einer inneren Lage aus nichtrostendem Stahl erhältlich.

Warum das Pressfitting System?

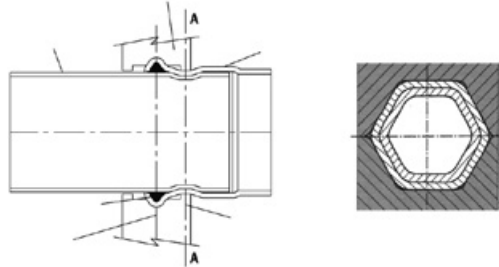
- außerordentlich schnell zu installieren
- endgültige Festigkeit unmittelbar nach dem Fügeprozess
- keine Wärmeerbringung, kein Feuerrisiko
- vielfältig einsetzbar: einheitliche Verbindungstechnik für die unterschiedlichsten Flüssigkeiten und Gase

Abbildung: Sanha
Kaimer, Essen (D)



2 Das Prinzip

Die Geometrie des Querschnittes kann je nach Hersteller und auch je nach Durchmesser variieren. Abbildung: Raccorderie Metalliche, Campitello di Marcaria (MN), (I)



Der Begriff „Pressfitting“ bezeichnet eine Installationstechnik für Rohrsysteme, die auf mechanisch verpressten Verbindern basiert. Die Pressung, die spezielle Werkzeuge erfordert, stellt eine feste mechanische Verbindung zwischen Rohr und Fitting her. Die Dichtigkeit wird durch ein O-Ring-System erzielt.

Seine besondere Umformbarkeit prädestiniert nichtrostenden Stahl für diese Technik. Die Geometrie und die Abmessungen der Pressverbinder variieren von System zu System. Aus diesem Grunde müssen die (austauschbaren) Kopfstücke der Presswerkzeuge vom Hersteller für den jeweiligen Fitting-Typ zugelassen sein.

Darüber hinaus ist ein Elastomer-„O“-Ring in die Pressverbinder eingearbeitet. In jahrelangen umfangreichen Forschungsarbeiten wurden Polymere gefunden und erprobt, die als Dichtringe ebenso haltbar waren wie das übrige System. Der O-Ring muss aus einem Werkstoff bestehen, der gegenüber den durchzuleitenden Medien beständig ist. So werden zum Beispiel unterschiedliche Typen von Ringen für Wasser, Mineralölprodukte und Erdgas verwendet. Einige Hersteller verwenden Farbcodes, um unterschiedliche Kategorien von Dichtringen voneinander zu unterscheiden und Verwechslungen zu verhindern. Die Systemanbieter halten für verschiedene Anwendungen jeweils abgestimmte Sortimente bereit. Positive Langzeiterfahrungen liegen seit nunmehr mehr als vierzig Jahren vor.

Presswerkzeuge sind als elektrohydraulische oder elektromechanische Geräte verfügbar, auch mit Batteriebetrieb. Foto: Viega, Attendorn (D)



Das Presswerkzeug muss auf die Geometrie des Fittings abgestimmt sein. Foto: Sanha Kai-mer, Essen (D)



3 Vergleich mit alternativen Techniken



*Als rein mechanische Verbindungstechnik läuft die Pressfitting-Verbindung bei Raumtemperatur ab; Brandrisiken werden ausgeschaltet.
Foto: Geberit, Jona (CH)*

In der handwerklichen Wasser- und Heizungsinstallation ist das Lötten von Kupfer eine klassische Verbindungsmethode. Der Einsatz offener Flammen birgt allerdings ein Brandrisiko, insbesondere bei der Renovierung von Gebäuden, wenn sich leicht entflammbare Materialien in der Nähe des Arbeitsbereiches befinden. Ein typischer Fall ist die Ausstattung von denkmalgeschützten Gebäuden mit modernen Heizungssystemen. Auch Auswahl und sachgerechter Einsatz von Lötzinn und Flussmitteln sind von ausschlaggebender Bedeutung. Die Fügemethode ist vergleichsweise langsam, außerdem erfordert sie Erfahrung und manuelles Geschick. Lötverbindungen sind erst nach dem Abkühlen mechanisch belastbar.

Als Alternative stehen Kunststoffrohre zur Verfügung. Sie werden miteinander verklebt, wodurch die Schwierigkeiten und Brandrisiken des Lötens umgangen werden. Anwendungsgrenzen liegen für professionelle Nutzer in der vergleichsweise langen

Aushärtezeit von Klebeverbindungen. Es kann mehrere Stunden dauern, bis sie voll ausgehärtet sind und die Druckprüfung vorgenommen werden kann. Gerade in Industrieanlagen, in denen Stillstandszeiten kostentreibend sind, liegt hierin ein Nachteil.

Demgegenüber sind Pressfitting-Verbindungen für metallene Werkstoffe schnell und ergebnissicher auszuführen:

- Die Arbeiten werden bei Raumtemperatur ausgeführt. Brandrisiken bestehen nicht, selbst wenn die Leitungen in der Nähe von oder sogar in brennbaren Materialien verlegt werden, wie es in denkmalgeschützten Gebäuden der Fall sein kann.
- Der Pressvorgang ist schnell und benötigt nur wenige Augenblicke. Abhängig vom Rohrdurchmesser beträgt er oft nur drei Sekunden. Installationsbetriebe berichten von 25- bis 40-prozentigen Einsparungen bei den Arbeitskosten. Einige Untersuchungen zeigen, dass der Kostenvorteil bei Rohren mit größeren Durchmessern besonders ausgeprägt ist.

*Die Presswerkzeuge lassen sich mit austauschbaren Köpfen ausstatten.
Foto: Eurotubi Europa,
Nova Milanese, MB (I)*



- Die Verbindungen erreichen unmittelbar ihre endgültige Festigkeit.

Ein und dasselbe System kann für viele unterschiedliche Anwendungen eingesetzt werden. In Brauereien haben zum Beispiel Anlagenplaner die praktischen und kostenseitigen Vorteile ermittelt, die sich erschließen, wenn man dasselbe Installationssystem für zwei Medien einsetzt: Druckluft für die Verpackungslinie und Prozesswasser für die Produktion. In Brauereien und anderen lebensmittelverarbeitenden Betrieben

bestehen die Produktionsanlagen überwiegend aus nichtrostendem Stahl. Planer, Prozessingenieure und Eigentümer wünschen häufig, dass auch die sichtbaren Rohrleitungssysteme aus demselben Material bestehen, um den Hygieneindruck zu verstärken. Je nach System und Durchmesser sind Betriebsdrücke bis zu 120 bar und Temperaturen von über 200 °C möglich.

4 Die wichtigsten Werkstoffeigenschaften

Der Synergieeffekt des Werkstoffes nichtrostender Stahl auf der einen Seite und des Pressfitting-Prinzips auf der anderen ergeben sich aus den besonderen Eigenschaften des nichtrostenden Stahls: seiner Legierungszusammensetzung und seinen mechanischen Eigenschaften.

4.1 Selbstpassivierung

Die hohe Korrosionsbeständigkeit des nichtrostenden Stahls beruht auf einer sogenannten Passivschicht. Sie ist nur wenige Moleküllagen dick, haftet fest auf dem Untergrund und ist vollständig transparent. Sie unterscheidet sich dadurch grundsätzlich von galvanisch aufgetragenen metallischen Überzügen oder organischen Beschichtungen. Die Passivschicht verleiht dem nichtrostenden Stahl die Möglichkeit zur „Selbsteheilung“. Wird sie abgetragen, zum Beispiel durch Beschädigungen oder durch die Bearbeitung, bildet sie sich in Anwesenheit von Sauerstoff automatisch wieder neu. Nichtrostender Stahl ist somit durch und durch korrosionsbeständig.

Allerdings kann die Passivschicht das Lötens erschweren. Lötverbindungen sind anfällig gegen eine spezielle Korrosionsform, die als Messerschnittkorrosion bekannt ist. Aus diesem Grund können Trinkwasserleitungen nur mit speziellen Flussmitteln und Arten von Lötzinn verarbeitet werden und erfordern handwerkliches Geschick. In einigen Ländern ist das Lötens von nichtrostendem Stahl in der Trinkwasserinstallation nicht zugelassen.

Schweißen, in industriellen Anlagen eine bevorzugte Verbindungstechnik für nichtrostenden Stahl, kommt bei Trinkwasser-

Installationssystemen aus zwei Gründen kaum zur Anwendung. Erstens ist es schwierig, bei Baustellenschweißungen und kleinen Rohrdurchmessern die entsprechende Nahtqualität zu erzielen. Zweitens ist die Schweißnaht-Nachbehandlung, mit der Anlauffarben entfernt und die Selbstpassivierung ermöglicht wird, praktisch nicht durchführbar. Daher wird nichtrostender Stahl überwiegend in Verbindung mit mechanischen Verbindungstechniken eingesetzt, welche die Selbstreparaturfähigkeit des Werkstoffes nicht beeinträchtigen.

4.2 Kaltverfestigung

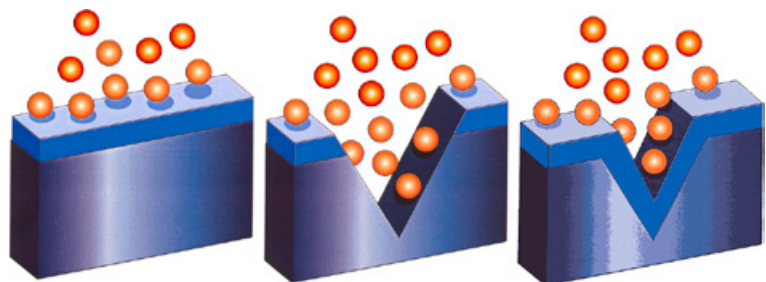
Nichtrostender Stahl hat eine hohe Festigkeit. Insbesondere die austenitischen Stähle wie zum Beispiel EN 1.4404 (AISI 316L) zeigen eine ausgeprägte Kaltverfestigungsneigung, d.h., durch die Umformung steigt die Festigkeit des Werkstoffes. Rohrbiegen sollte deshalb auf ein Minimum reduziert werden. Zwar ist das Biegen mit geeigneten Werkzeugen durchaus möglich (vergleiche Kapitel 6.2), allerdings werden meist vorgefertigte 45- oder 90-Grad-Bögen verwendet. Für andere Winkel stehen flexible Rohrverbinder zur Verfügung.

Das Umformverhalten der ferritischen (chrommolybdän-legierten) Sorte EN 1.4521 (AISI 444) ähnelt jenem von Baustahl; die Kaltverfestigung kann hierbei vernachlässigt werden.



Fertige Rohrbögen sind eine zeitsparende Alternative zum Biegen. Foto: Sanha, Essen (D)

Eine sich selbst wiederherstellende Passivschicht ist der Grund, warum nichtrostender Stahl sowohl korrosionsbeständig als auch neutral ist.



5 Anwendungsgebiete

Das Pressfitting-System kann vielseitig für den Transport flüssiger und gasförmiger Medien genutzt werden, ebenso für Unterdruck.

5.1 Trinkwasser-Hausinstallation

Nichtrostender Stahl ist der einzige metallene Werkstoff, der in allen Trinkwässern gemäß der europäischen Trinkwasserverordnung eingesetzt werden kann. Andere Werkstoffe unterliegen vor allem in Regionen mit weichem Wasser Beschränkungen. Für nichtrostenden Stahl bestehen keine derartigen Einsatzgrenzen.

Nichtrostender Stahl ist auch gegenüber Erosionskorrosion außerordentlich beständig, selbst bei Durchflussraten von über 30 m/sec. In der Regel sind Querschnittsänderungen, Richtungswechsel und Turbulenzen hinter Pumpen und Ventilen für nichtrostenden Stahl unkritisch.

Ein Beispiel ist Schottland: Hier ist das Wasser sowohl weich als auch stark feststoffbehaftet. Aus diesem Grund gilt hier nichtrostender Stahl als bevorzugte Lösung, zum Beispiel in Krankenhäusern. Rohre aus nichtrostendem Stahl weisen eine hohe Steifigkeit auf. Hierdurch wird die Anzahl der Befestigungspunkte verringert, was wiederum die Installation beschleunigt.

Da nichtrostender Stahl nicht entflammbar ist, sind auch die Anforderungen an den Brandschutz geringer als bei organischen Werkstoffen. Im Brandfall können Kunststoffe brennen, reißen, sich verformen oder schmelzen. Bei Wanddurchbrüchen muss verhindert werden, dass Rauch in angrenzende Brandabschnitte eindringt.

Kunststoffleitungen erfordern deshalb besondere Dichtstoffe, die sich im Brandfall ausdehnen und den Wanddurchbruch, den das zerstörte Kunststoffrohr freigibt, sicher verschließen. Diese besonderen Dichtstoffe sind kostenaufwendig. Bei metallenen Rohrwerkstoffen wie bei nichtrostendem Stahl erübrigen sie sich.

Neben Wohn- und Verwaltungsbauten sind auch Industrieanlagen ein breites Anwendungsfeld. Insbesondere bei Renovierungsarbeiten hat sich das Pressfitting-System bewährt, weil hierbei Stillstandszeiten minimiert werden.

In der Nahrungsmittelindustrie, in Reinräumen und in pharmazeutischen Betrieben werden auch an die (häufig im Sichtbereich liegenden) äußeren Oberflächen des Leitungssystems hohe optische und hygienische Ansprüche gestellt. Vielfach ist die Innenraumatmosphäre korrosiv. Die verwendeten Installationsmaterialien müssen in diesem Fall auch an der Außenseite eine hohe Korrosionsbeständigkeit aufweisen. In Umgebungen, in denen Arbeitsflächen, Schränke, Geräte, Maschinen und Leitungen, Behälter und Reaktoren aus nichtrostendem Stahl bestehen, wird häufig gefordert, auch Leitungssysteme für Trinkwasser, andere Flüssigkeiten oder Gase in demselben Werkstoff auszuführen.

5.1.1 Vertikale Rohrstränge

In mehrstöckigen Gebäuden stellen die Steigleitungen das Rückgrat des Installationsystems dar. Deren Durchmesser steigt mit der Anzahl der zu versorgenden Geschosse. Pressfitting-Rohre und -Verbinder

sind in Durchmessern bis zu 108 mm erhältlich. Während die horizontalen Rohrstränge innerhalb einer Etage während der Lebensdauer eines Gebäudes u.U. mehrfach erneuert werden, bleiben die Steigleitungen zumeist unangetastet. An sie werden daher besondere Lebensdaueranforderungen gestellt. Die Möglichkeit, die vertikalen Leitungen zu belassen, stellt einen wesentlichen Faktor für die lebensdauerbezogene Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes dar.

5.1.2 Horizontale Rohrstränge

Für die horizontalen Rohrstränge innerhalb der Etage kommen häufig auch biegsame Leitungen zum Einsatz. Der Grund liegt in ihrer einfachen Verlegung insbesondere im Bereich von Krümmungen. In diesem Zusammenhang wird eine Diskussion über mögliche gesundheitliche Effekte von Installationsmaterialien geführt. Einige Werkstoffe geben bekanntermaßen erhebliche Mengen metallischer Ionen ab, insbesondere im Neuzustand. Andere stehen in dem Verdacht, organische Bestandteile freizusetzen, deren Wirkungen auf die menschliche Gesundheit und insbesondere auf das Hormonsystem noch nicht umfassend geklärt sind. Hinsicht-



lich der Medienneutralität genießt nichtrostender Stahl, der auch in der lebensmittelverarbeitenden Industrie als Standardwerkstoff gilt, einen ausgezeichneten Ruf.

Der Einsatz nichtrostender Stähle in Kontakt mit der Flüssigkeit auf der einen Seite und biegsamer Rohre auf der anderen Seite schließen sich keineswegs aus. Im Markt sind biegsame Verbundwerkstoffrohre verfügbar, die eine äußerst dünne innere Schicht aus nichtrostendem Stahl für den Trinkwasserkontakt mit einer äußeren Lage eines Polymerwerkstoffes verbinden, der die erforderliche Druckfestigkeit und mechanische Belastbarkeit sicherstellt. Die äußerst hohe Duktilität, die für austenitischen nichtrostenden Stahl charakteristisch ist, macht derartige Verbundlösungen möglich. Sie vereinigen die Vorteile beider Ansätze: die hygienischen Eigenschaften des nichtrostenden Stahls und die Installationsfreundlichkeit von biegsamem Rohr. Mit Hilfe von Pressfittingen können diese flexiblen Rohre in der gleichen Weise in das System integriert werden wie massive Metallrohre.

Biegsame Rohre bestehen aus einer medienberührenden inneren Lage aus nichtrostendem Stahl und einer äußeren Umhüllung aus einem Polymerwerkstoff. Sie verbinden die bekannte Neutralität des nichtrostenden Stahls gegenüber Trinkwasser und die Flexibilität des Kunststoffrohrs. Fotos: Geberit, Jona (CH)

Rohre für Pressfitting-Installationen stehen im Abmessungsbereich bis zu 108 mm zur Verfügung, z.B. für Steigleitungen. Foto: Geberit, Jona (CH)

Flexible Rohre mit einer inneren Lage aus nichtrostendem Stahl gibt es in Längen bis zu 100 Metern. Sie können von Hand mit Radien bis zum Fünffachen ihres Durchmessers (5D) gebogen werden, ohne dass es zu nennenswerten Änderungen des Innendurchmessers kommt. Mit geeigneten Werkstoffen sind sogar Radien von 1,5 D möglich.

5.1.3 Sorten nichtrostender Stähle für die Trinkwasserinstallation

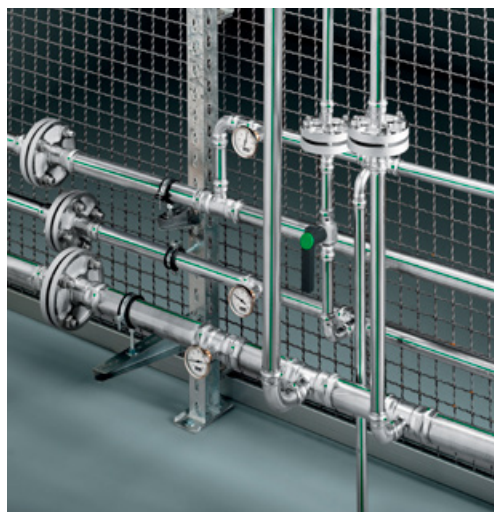
Die Werkstoffauswahl hängt von der chemischen Zusammensetzung des zu transportierenden Mediums ab. Im Falle von Trinkwasser gilt es, die Wasserzusammensetzung sowie mögliche nationale Regelwerke zu berücksichtigen. Zumeist werden molybdänhaltige nichtrostende Stähle eingesetzt. Molybdän verbessert die grundlegende Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Stählen erheblich. Dieses Legierungselement ist sowohl in dem (chrom-nickel-molybdänlegierten) austenitischen Stahl EN 1.4401/1.4404 (AISI 316/316 L) als auch in dem in jüngerer Zeit marktgängig gewordenen (chrom-molybdän-legierten) ferritischen

Stahl EN 1.4521 (AISI 444) enthalten. In Abhängigkeit von nationalen Regelwerken und der jeweiligen Trinkwasserzusammensetzung kann in einigen EU-Ländern auch die Sorte EN 1.4301 (AISI 304) für kaltes Wasser bis zu einer Chloridkonzentration von 200 Milligramm pro Liter eingesetzt werden.

Nationale Bestimmungen können die Werkstoffauswahl eingrenzen. Die erforderliche Korrosionsbeständigkeit wird auch durch die angewandten Desinfektionsmethoden bestimmt, wie sie zum Beispiel in Hotels, Krankenhäusern und anderen Einrichtungen vorgeschrieben sind, bei denen Vorsorgemaßnahmen gegen Legionellen getroffen werden. Die thermische Desinfektion hat sich als besonders wirksam erwiesen, da sie auch mögliche Biofilme vollständig durchdringt und Mikroorganismen abtötet, die sich unter ihnen angelagert haben.

5.1.4 Leitungen für Trinkwasserkontakt

Leitungen für den Kontakt mit Trinkwässern werden hergestellt, indem Schmalband aus nichtrostendem Stahl rollumgeformt und durch Längsnahtschweißen zu einem Rohr geschlossen wird. Die Korrosionsbeständigkeit der Schweißnaht ist dabei praktisch dieselbe wie die des Grundwerkstoffs. Die angewandten Schweißverfahren sowie die Schweißnaht-Nachbehandlung stellen sicher, dass sowohl die innere als auch die äußere Oberfläche des Rohres glatt und frei von Anlauffarben ist, auch im Bereich der Schweißnaht.



Sowohl die äußere als auch die innere Oberfläche muss bei Rohren für die Trinkwasserinstallation besonderen Qualitätsanforderungen genügen. Foto: Viega, Attendorn (D)

In Bezug auf die hygienischen Anforderungen unterscheiden sich Rohre für die Trinkwasserinstallation von solchen für architektonische Anwendungen, zum Beispiel für

Handläufe, bei denen optische Kriterien im Vordergrund stehen. Nichtrostende Stähle sind für ihre ausgezeichnete Schweiß-eignung bekannt. Im Falle des ferritischen Stahls EN 1.4521 ist die Legierung mit Titan stabilisiert, wodurch die Korrosionsbeständigkeit auch in der Schweißnaht und der Wärmeeinflusszone gewährleistet bleibt.

5.1.5 Mischinstallationen

Installationen sind nicht immer Insellösungen. Häufig müssen sie an bestehende Systeme angeschlossen werden, die aus anderen metallenen Werkstoffen bestehen. Hierbei gilt es, deren galvanische Verträglichkeit zu beachten.

Metallene Werkstoffe lassen sich in eine Rangfolge ihres elektrochemischen Potentials bringen, das ihre Oxidationsneigung anzeigt. Zink liegt auf dieser Skala zum Beispiel vergleichsweise niedrig und oxidiert entsprechend leicht. Nichtrostender Stahl ist auf dieser Skala wesentlich höher angesiedelt und daher in einer Vielzahl von Umgebungen oxidationsbeständig.

Wenn zwei metallene Werkstoffe mit deutlich unterschiedlichen elektrochemischen Potentialen miteinander in elektrisch leitendem Kontakt stehen und gleichzeitig ein Elektrolyt anwesend ist, fließen Elektronen von dem weniger edlen zu dem edleren Werkstoff. Auf diesem Prinzip beruht die Funktionsweise einer Batterie. Es schließt ein, dass der weniger edle Werkstoffpartner oxidiert und verbraucht wird.

Dieser Effekt der Kontaktkorrosion kann auch für den Korrosionsschutz genutzt werden.

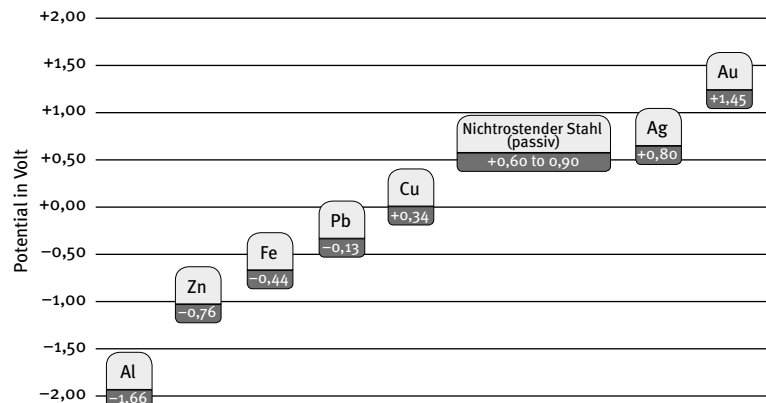


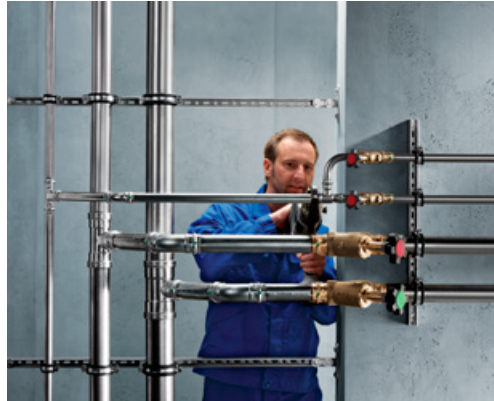
Abbildung 1: Normalpotenziale von nichtrostendem Stahl und anderen Metallen und metallenen Legierungen gegenüber der Wasserstoffelektrode

Im Falle von verzinktem Stahl wird zum Beispiel eine Schicht des weniger edlen Metalls Zink aufgetragen. Da die Korrosion zunächst das weniger edle Metall angreift, wird das Zink verzehrt, während der Stahl geschützt wird. Im Laufe der Zeit verliert die schützende Zinklage an Dicke und ist schließlich völlig aufgebraucht. Daher muss sie entweder ausreichend dick sein, um die Auslegungsdauer zu überstehen, oder sie muss nachgebessert beziehungsweise erneuert werden. Wird jedoch der metallene Überzug abgetragen, zum Beispiel durch Bearbeitung oder durch Beschädigung, ist der Korrosionsschutz lokal geschwächt.

In Warmwasserbereitern werden Tanks aus emailliertem Stahl in der Regel durch Magnesiumelektroden geschützt. Magnesium befindet sich am unteren Ende der oben genannten Skala. Es löst sich langsam auf und schützt dadurch den Stahl. Derartige Opferanoden müssen allerdings regelmäßig kontrolliert und in gewissen Abständen ersetzt werden.

Nichtrostender Stahl befindet sich dagegen auf der elektrochemischen Skala vergleichsweise weit oben. Hieraus ergibt sich, dass

Gemischt-metallene Installationen, zum Beispiel unter Einschluss von Rotgusskomponenten, sind unkritisch. Foto: Viega, Attendorn (D)



er eine hohe Korrosionsbeständigkeit aufweist und deshalb keine schützenden Überzüge oder Beschichtungen erfordert. Steht nichtrostender Stahl in Kontakt mit anderen, weniger edlen metallenen Werkstoffen, kann das Partnermaterial beschleunigt korrodieren, während der nichtrostende Stahl selbst unbeschädigt bleibt.

Die Publikation *Edelstahl Rostfrei in Kontakt mit anderen Werkstoffen* ermöglicht es, die Wahrscheinlichkeit von Kontaktkorrosion zu beurteilen und geeignete Vorsorgemaßnahmen zu treffen^{1,2}.

Bei gemischt-metallenen Installationssystemen sollten die Abschnitte aus den verschiedenen Werkstoffen durch elektrisch nichtleitende Stücke voneinander getrennt werden. Diese Trennung hat einen größeren Abstand

zwischen den unterschiedlichen Werkstoffen zur Folge. Wegen der eingeschränkten Leitfähigkeit des Trinkwassers wird dadurch die Wirkung der galvanischen Korrosion verringert.

In dem Maße, wie die Gesamtoberfläche des weniger edlen Werkstoffs größer ist als die des edleren, nimmt die Wahrscheinlichkeit von Kontaktkorrosion ab und kann vernachlässigbar gering werden.

Langjährige Praxiserfahrung zeigt, dass galvanische Korrosion in gemischt-metallenen Trinkwasserinstallationen in der Praxis kein Problem darstellt, sofern die oben genannten grundlegenden Prinzipien beachtet werden. Ist das Partnermetall Kupfer, ist das Risiko gering, da Kupfer und nichtrostender Stahl ähnliche elektrochemische Potenziale aufweisen.

Auch ist es durchaus üblich, Rotguss – eine Kupferlegierung – für die Verbindungen einzusetzen, da sie sich in der Praxis gut bewährt hat. Wird nichtrostender Stahl mit schmelztauchverzinktem Stahl verbunden, sollten Übergangsstücke eingesetzt werden, die aus einer Kupferlegierung bestehen und deren Länge mindestens ebenso groß ist wie der Bauteildurchmesser³.

¹ Informationsstelle *Edelstahl rostfrei* (Hrsg.), *Edelstahl Rostfrei in Kontakt mit andere Werkstoffen*, Düsseldorf, 4. Auflage 2005 (Merkblatt 829)

² Die Fließrichtung ist nur bei Kombinationen von verzinktem beziehungsweise unlegiertem Stahl mit Kupfer oder Kupferlegierungen von Bedeutung. Wegen der Zementierung von Kupfer-Ionen auf Stahloberflächen kann auf letzteren kupferinduzierte Lochkorrosion eintreten. Daher sollte die Fließrichtung möglichst von Stahl zu Kupfer verlaufen. Im Falle der Kombination von nichtrostendem Stahl und verzinktem Stahl ist diese Fließregel nicht gültig.

³ Alternativ können zwischen Kohlenstoffstahl und nichtrostendem Stahl Kupplungsstücke aus Messing anstatt solcher aus Kunststoff verwendet werden. Die galvanische Verträglichkeit von Messing ist gegenüber nichtrostendem Stahl gut und gegenüber schmelztauchverzinktem Kohlenstoffstahl befriedigend. Während die elektrische Leitfähigkeit ausreichend ist, mögliche Potenzialunterschiede zwischen dem Kohlenstoffstahl und dem nichtrostenden Stahl auszugleichen, wird durch den graduellen Übergang im elektrochemischen Potenzial das Risiko galvanischer Reaktionen deutlich vermindert und kann vernachlässigbar gering werden.



Beim Einbau von modernen Heizungssystemen in denkmalgeschützte Gebäude sind die Vorteile eines kalten Fügeverfahrens, das Brandrisiken ausschaltet, besonders augenfällig. Foto: Geberit, Jona (CH)

Bei Heizungssystemen ist keine Kontaktkorrosion zu erwarten, weil bei den betriebsüblichen hohen Temperaturen der Sauerstoff aus dem Wasser entweicht und das Wasser anschließend in einem geschlossenen Kreislauf zirkuliert.

5.2 Heizung

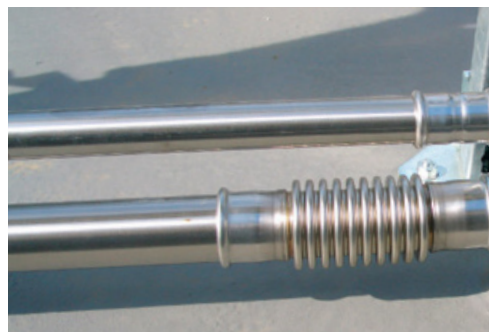
Bei Heizungsanlagen ist die Wärmeausdehnung der eingesetzten Werkstoffe ein wichtiges Planungskriterium. Im Falle des nichtrostenden Stahles liegt dieser Wert rund 10 bis 20 Mal niedriger als bei Kunststoffen. Die für Heizungssysteme üblicherweise angewandten Polymere haben Ausdehnungskoeffizienten

zwischen $0,08 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ und $0,18 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Der Ausdehnungskoeffizient gibt an, um wie viel Millimeter pro Meter sich eine Rohrleitung ausdehnt, wenn ihre Temperatur um ein Grad Celsius steigt. So wird ein zehn Meter langes Kunststoffrohr bei einem Temperaturanstieg um $50 \text{ }^\circ\text{C}$ um 40-90 mm länger. Im Falle von nichtrostendem Stahl der Sorte EN 1.4401 (AISI 316L) mit einem Ausdehnungskoeffizienten von $0,0165 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ beträgt die Ausdehnung dagegen 8,25 mm. Ein vergleichbares Rohr aus dem ferritischen Stahl EN 1.4521 (AISI 444) mit einem Ausdehnungskoeffizienten von $0,0108 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ dehnt sich sogar nur um 5,4 mm aus.

Bei nichtrostendem Stahl sind axiale Kompensatoren häufig ausreichend und stellen eine platzsparende Alternative zu Ausdehnungsbögen dar. Ein willkommener Nebeneffekt liegt in einer möglichen Geräuschminderung. In anderen Fällen kann zumindest die Anzahl der Kompensatoren vermindert oder die Größe der Ausdehnungsbögen verringert werden.

5.3 Solarkollektoren

Verbindungen von Solarkollektoren sind in der Regel der Außenatmosphäre ausgesetzt, so dass ein durch und durch korrosionsbeständiger Werkstoff wie nichtrostender



Bei Anschlüssen für Solarkollektoren müssen sowohl die äußere Korrosionsbelastung als auch die Druckbedingungen bei Überhitzung berücksichtigt werden. Fotos: Filtube, Barcelona (E)

Edelstahl-Pressfitting-Systeme wurden erfolgreich für Feuerlöschsysteme auf Kreuzfahrtschiffen eingesetzt, wo sie der chloridhaltigen Atmosphäre auf See ausgesetzt sind. Foto: Geberit, Jona (CH)



Stahl eine gute Wahl darstellt. Der Primärkreislauf enthält eine Mischung aus Wasser und Glykol. Die Einsatztemperaturen reichen von -20 °C bis 220 °C , wenn dabei die Sicherheitsmargen für Überhitzung in Rechnung gestellt werden.

5.4 Prozesswässer und gekühlte Wässer

Trinkwasser ist keineswegs das einzige Medium, für das nichtrostende Stahlleitungen in Verbindungen mit Pressfittingen eingesetzt werden. Sie kommen auch für Prozesswässer, gekühlte Wässer, Mineralölprodukte oder ölhaltige Flüssigkeiten zum Einsatz. Der Stahl EN 1.4401 (AISI 316L) ist ein gängiger Werkstoff. Die Systemanbieter erteilen

Auskunft darüber, welcher O-Ring für die jeweilige Flüssigkeit geeignet ist. Gekühltes Wasser kann bis zu 50 Prozent Glykol enthalten. Demineralisiertes Wasser hat die Neigung, Kontaktwerkstoffen Ionen zu entziehen und Metalle zu lösen, mit denen es in Berührung kommt. Bei enthärtetem Wasser werden die ursprünglichen Kalzium- und Magnesiumionen durch Natriumionen ausgetauscht. Nichtrostender Stahl wird vielfach erfolgreich für demineralisiertes, enthärtetes und anderweitig aufbereitetes Wasser eingesetzt.

5.5 Feuerlöschsysteme

Edelstahl-Pressfitting-Systeme sind auch für Feuerlöschsysteme gebräuchlich. Sie haben sich insbesondere dort als vorteilhaft erwiesen, wo der verfügbare Einbauraum knapp ist, zeitsparend gearbeitet werden muss und Korrosionsbeständigkeit



Edelstahl-Installationsysteme finden sich auch in Straßentunneln, wo Autoabgase und Streusalz zu besonders aggressiven atmosphärischen Bedingungen führen. Fotos: Nussbaum, Olten (CH)

gegen Meeresatmosphäre sichergestellt sein muss. Kreuzfahrtschiffe sind hierfür ein Beispiel.

5.6 Entwässerung

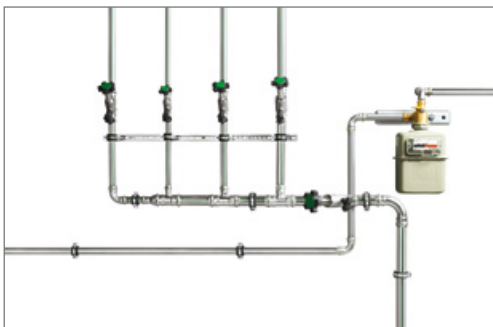
Einige Hersteller bieten einheitliche Systeme an, die auch Bodenablaufsysteme und die dazugehörigen Leitungen in Voll-Edelstahlbauweise umfassen.

5.7 Mineralölprodukte und Chemikalien

Systeme aus nichtrostendem Stahl werden auch erfolgreich für Dieselkraftstoff, Heizöl, Maschinenöle und Schmiermittel eingesetzt. Die Systemanbieter können angeben, welche O-Ringe sich gegenüber den jeweiligen Medien als beständig erwiesen haben. Harnstofflösungen, Ethanol, Methanol, Glycerin-Triacetat, Natriumhydroxid und Aceton sind weitere Medien, für die die Eignung nachgewiesen wurde.

5.8 Gasförmige Brennstoffe

Nichtrostender Stahl findet sowohl für Erdgas als auch Flüssiggas (Propan, Butan, Methan) Anwendung. In vielen europäischen Ländern sind Erdgas-Hausanschlüsse weit verbreitet. Die Gasleitungen bestehen in aller Regel aus metallenen Werkstoffen. Gas wird wegen seiner vergleichsweise günstigen Umwelteigen-



Pressfitting-Systeme aus nichtrostendem Stahl eignen sich auch für eine Vielzahl chemischer Produkte. Foto: Raccorderie Metalliche, Campitello di Marcaria, MN (I)

schaften in Zukunft steigende Bedeutung für die Wohnraumheizung erlangen. Es ist praktisch frei von Schwefel und führt nicht zur Bildung von Partikeln. Gas kann nicht nur zum Heizen und Kochen eingesetzt werden, sondern es gibt auch gasbetriebene Geschirrspüler und Wäschetrockner.

In ländlichen Gebieten, in denen kein Anschluss das Gasnetz besteht, sind Flüssiggastanks weit verbreitet, zum Beispiel bei landwirtschaftlichen Betrieben. Die Leitungen werden häufig durch Gebäude geführt, in denen korrosive Bedingungen herrschen, zum Beispiel Stallungen. Hierfür ist nichtrostender Stahl herausragend geeignet. Ein zusätzlicher äußerer Korrosionsschutz ist lediglich dann erforderlich, wenn eine stark chloridhaltige Atmosphäre vorliegt.

Für die Gasinstallation kommen sie ebenfalls verbreitet zum Einsatz. Foto: Viega, Attendorf (D)

Nichtrostender Stahl erfüllt auch die hohen Ansprüche, die bei Gasleitungen an die thermische Stabilität gestellt werden. Im Brandfall muss der Werkstoff einer Temperatur von 650 °C für eine Mindestdauer von 30 min standhalten und darf in dieser Zeit kein Erdgas freisetzen, dessen Zündtemperatur in Luft bei circa 640 °C liegt.

5.9 Druckluft

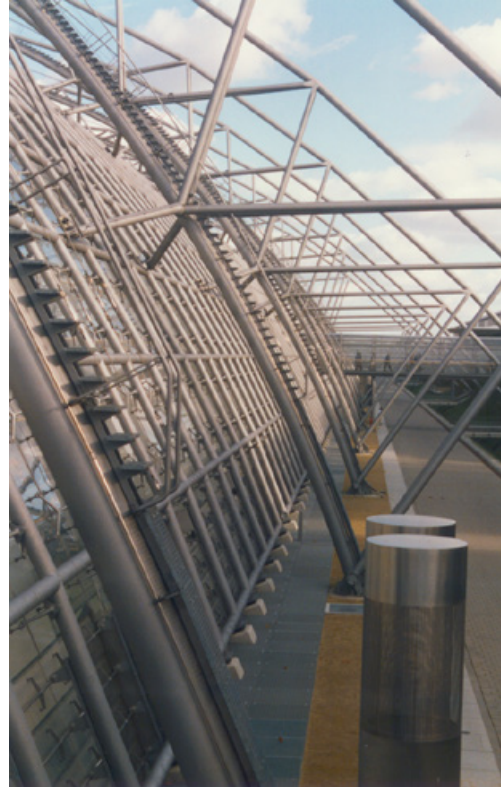
Dass Pressfitting-Verbindungen auch für Druckluft eingesetzt werden, ist ein Beleg für ihre Dichtigkeit. Druckluft enthält häufig einen fein verteilten Ölnebel, der sich auf den Rohrleitungen und den Fittings ablagert. Der Auswahl des O-Rings kommt daher besondere Bedeutung zu, da nicht alle Polymere ölbeständig sind.

5.10 Andere Gase

Pressfitting-Verbindungssysteme aus nichtrostendem Stahl können auch für andere Gase zugelassen sein, zum Beispiel Acetylen, Argon, Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid. Sie sind auch für Formiergase (80 % Ar, 20 % CO₂) oder Carbogen (CO₂ + O₂) im Einsatz.

5.11 Elektroinstallationen

Edelstahlrohre werden ferner für den Kabelschutz eingesetzt. Diese hochwertige Lösung wird häufig dort vorgeschrieben, wo Kabel sicherheitsrelevant sind, zum Beispiel in U-Bahnhöfen, oder wo Kabelschutzrohre auch ästhetische Ansprüche zu erfüllen haben.



Kabelschutz ist eine weitere Anwendungsmöglichkeit für das Pressfitting-System.



6 Allgemeine Installationsempfehlungen

Detaillierte Angaben über die sachgerechte Montage sind den Installationshandbüchern der Systemanbieter zu entnehmen. Sie können von einem Hersteller zum anderen variieren. Die nachstehenden Empfehlungen sind jedoch für alle im Markt befindlichen Systeme gültig.

6.1 Chloridbelastung

Soweit Installation und Betrieb sachgerecht und den Herstellerangaben gemäß erfolgen, sind die für Trinkwasseranwendungen zugelassenen nichtrostenden Stähle gegenüber den Chloridgehalten, die gemäß der europäischen Trinkwasserverordnung vorliegen dürfen (das heißt bis zu 250 mg/l) korrosionsbeständig. Dies gilt auch für die üblichen Desinfektionsverfahren, bei denen Wasserstoffperoxid (H₂O₂) oder Chlordioxid eingesetzt werden. So ist es zum Beispiel üblich, Trinkwasserleitungssysteme mit Lösungen von bis zu 50 mg/l Chlor für eine Dauer von ein bis zwei Stunden zu behandeln, um hierdurch die Verbreitung von *Legionella pneumophila* zu verhindern.

Nichtrostender Stahl sollte jedoch nicht unkontrollierten Chloridbelastungen ausgesetzt



Dämmmaterialien und Kunststoff-Einsätze von Befestigungsmitteln, die in direktem Kontakt mit nichtrostendem Stahl stehen, dürfen keine Chloride freisetzen. Fotos: Filtube, Barcelona (E)

werden. Auch Isolationsbänder müssen chloridfrei sein. Wenn ausnahmsweise Schraubverbindungen eingesetzt werden, ist handelsüblicher, chloridfreier Hanf zur Abdichtung geeignet.

Auch Wärmedämmmaterialien können Chloride freisetzen. Allgemein gilt ein Höchstgehalt von 0,05 Prozent an löslichen Chloridionen im Isolationsmaterial als unbedenklich. Filz sollte nicht eingesetzt werden, da es Feuchtigkeit aufnimmt. Stattdessen sollten Schaumstoffe mit geschlossenen Poren verwendet werden. Schwingungs- und geräuschkämpfende Kunststoffeinsätze für Wand- und Bodenbefestigungen müssen ebenfalls chloridfrei sein.



In Krankenhäusern müssen die eingesetzten Installationssysteme den üblichen Desinfektionsverfahren standhalten. Fotos: Nussbaum, Olten

Ein zusätzlicher äußerer Korrosionsschutz kann in Einzelfällen erforderlich sein, wenn die Rohre stark chloridhaltiger Atmosphäre ausgesetzt sind. In industriellen Anlagen, z.B. Lackierereien oder Verzinkereien, können derartige Bedingungen vorliegen.

Chlorbleiche ist für metallene Werkstoffe äußerst korrosiv. Spritzer und Aerosole chloridhaltiger Reinigungsmittel sollten deshalb nicht mit nichtrostendem Stahl in Berührung kommen. Wurde der Werkstoff ihnen versehentlich ausgesetzt, muss er gründlich mit klarem Wasser abgespült werden, um den Kontakt so kurz wie möglich zu halten.

6.2 Schneiden und Biegen

Nichtrostender Stahl sollte nur mit Rohrschneidern, feingezahnten Sägeblättern (32 Zähne pro Zoll) oder motorgetriebenen Sägen bearbeitet werden. Wegen der Kaltverfestigungsneigung von nichtrostendem Stahl müssen Andruck- und Vorschubgeschwindigkeit gering sein. Übermäßiger Druck und zu hohe Geschwindigkeit führen zu Kaltverfestigung und erschweren die Bearbeitung unnötig. Für nichtrostenden Stahl muss ein spezieller Werkzeugsatz vorgehalten werden. Dieser darf zuvor noch nicht für unlegierten Stahl eingesetzt worden sein,

weil hierdurch der nichtrostende Stahl mit Eisenpartikeln verunreinigt würde, die anschließend schnell korrodieren und die Passivschicht des nichtrostenden Stahls schädigen. Flexscheiben und Flamschneider sind ungeeignet.

Für 45- und 90-Grad-Biegungen ist in der Regel der Einsatz vorgefertigter Rohrbögen vorteilhaft. Dennoch gibt es Einbausituationen, in denen andere Winkel erforderlich sind und das Rohr gebogen werden muss. In diesem Fall sind entsprechende Rohrbieger einzusetzen. Da nichtrostender Stahl eine höhere Festigkeit aufweist als Kupfer, müssen die Rohrbiegemaschinen so stark sein, dass sie Kupferleitungen der nächst größeren Abmessung umformen könnten. Bei Durchmessern oberhalb von 28 mm werden hydraulische Maschinen empfohlen. Der Biegeradius sollte mindestens das 3,5-Fache des Rohrdurchmessers betragen. Das Rohr darf nicht erhitzt werden, da hierdurch die mechanischen Eigenschaften und die Korrosionsbeständigkeit negativ beeinflusst werden können.

Für nichtrostenden Stahl stehen speziell geeignete Rohrbiege- und Schneidwerkzeuge zur Verfügung. Fotos: Ridge Tool, Europe, Heverlee (B)



7 Zusammenfassung

Nichtrostender Stahl in Kombination mit dem Pressfitting-System stellt eine bewährte, schnelle und wirtschaftliche Lösung für die Rohrinstallation dar. Die Anwendungsmöglichkeiten umfassen Trinkwasserinstallation, Heizungsinstallation, industrielle Rohrleitungen für den Transport von Flüssigkeiten, Dampf, Gas sowie für Unterdruck. Die besonderen Vorteile liegen in schneller Montage, Vielseitigkeit und Langlebigkeit. Da die mechanische Verbindungstechnik bei Raumtemperatur angewandt wird, ist es frei von Brandrisiken. Installationsysteme aus nichtrostendem Stahl mit entsprechenden Pressfittingen sind sowohl auf der Außenseite als auch auf der Innenseite äußerst korrosionsbeständig und in sichtbaren Anwendungen zudem optisch attraktiv.

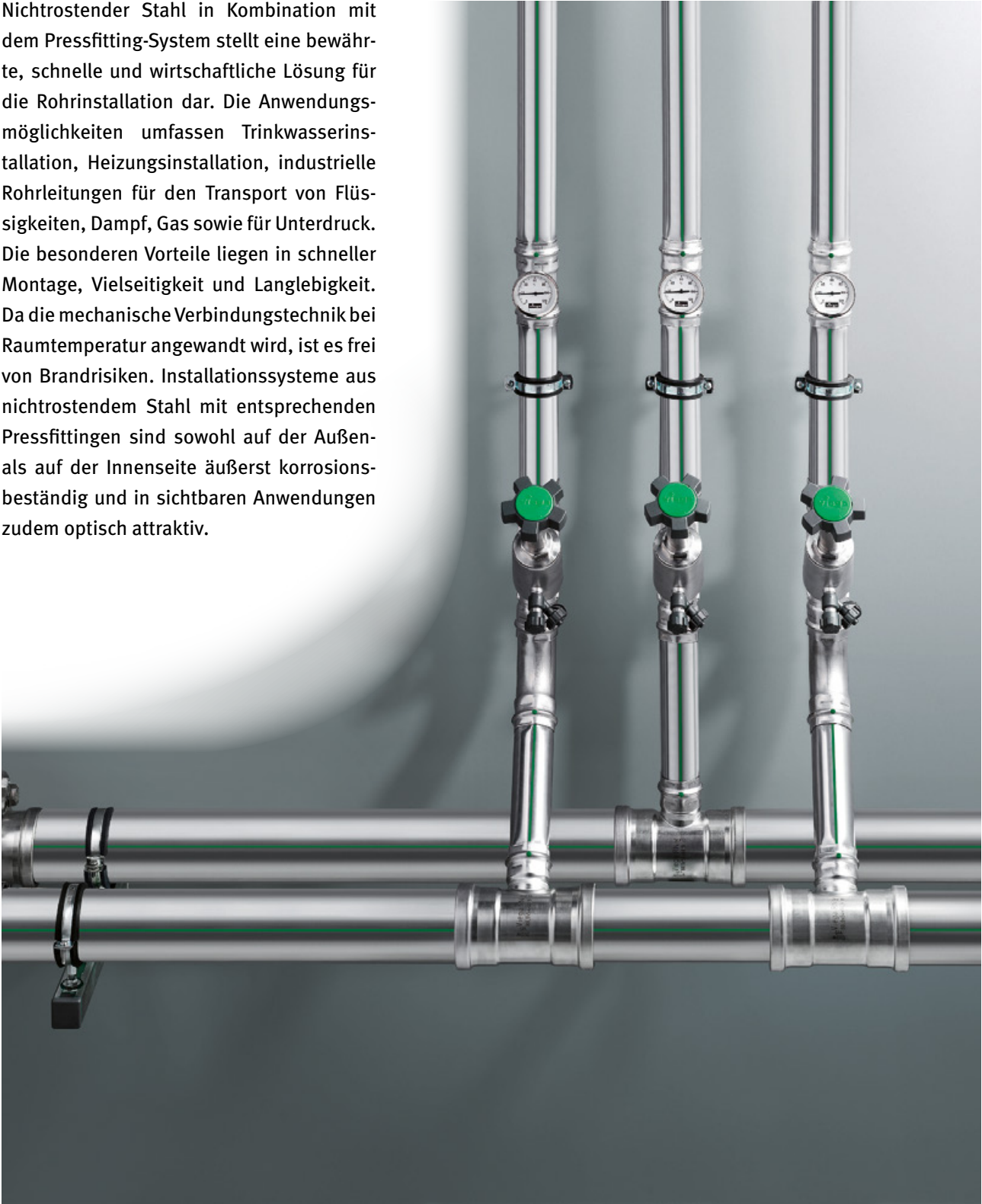


Foto: Viega, Attendorn (D)

8 Literaturverzeichnis

AGHTM. (2003). Guide pour l'utilisation des aciers inoxydables dans les réseaux d'eaux. Partie 1. Les installations intérieures de distribution d'eaux destinées à la consommation humaine. TSM , 98 (7-8).

Bright future for stainless steel plumbing. *Association of plumbing and heating contractors bulletin* 20 (566), pp. 12-13.

British Stainless Steel Association. (2003). *The suitability and use of stainless steel for plumbing applications.*

Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch

DVGW. (2004). *Arbeitsblatt W 551: Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen.*

DIN EN 12502, Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe - Hinweise zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserverteilungs- und -speichersystemen.

DIN EN 806, Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen

Eurotubi Pressfitting System, Technical Guide, January 2009.

Gepresst und nicht geschweißt. Veltins setzt auf montagefreundliches Edelstahlrohrsystem. (2009). *DEI – Die Ernährungsindustrie (12).*

Helzel, M. *Renovation work at Neuschwanstein Castle.* Euro Inox.

Isecke, B. et al. (2009). *Stainless Steel in Contact with Other Metallic Materials.* Luxembourg: Euro Inox.

Life Cycle Costing, CD. (2000). Luxembourg: Euro Inox.

Moderne Medienversorgung für die Technik von Morgen. (2007). *IKZ-Haustechnik (14).*

Nickel Development Institute. (1997). *Stainless steel plumbing – An introduction.* NiDI Technical Series 11019.

Raccorderie Metalliche. *Technical handbook – March 2008.*

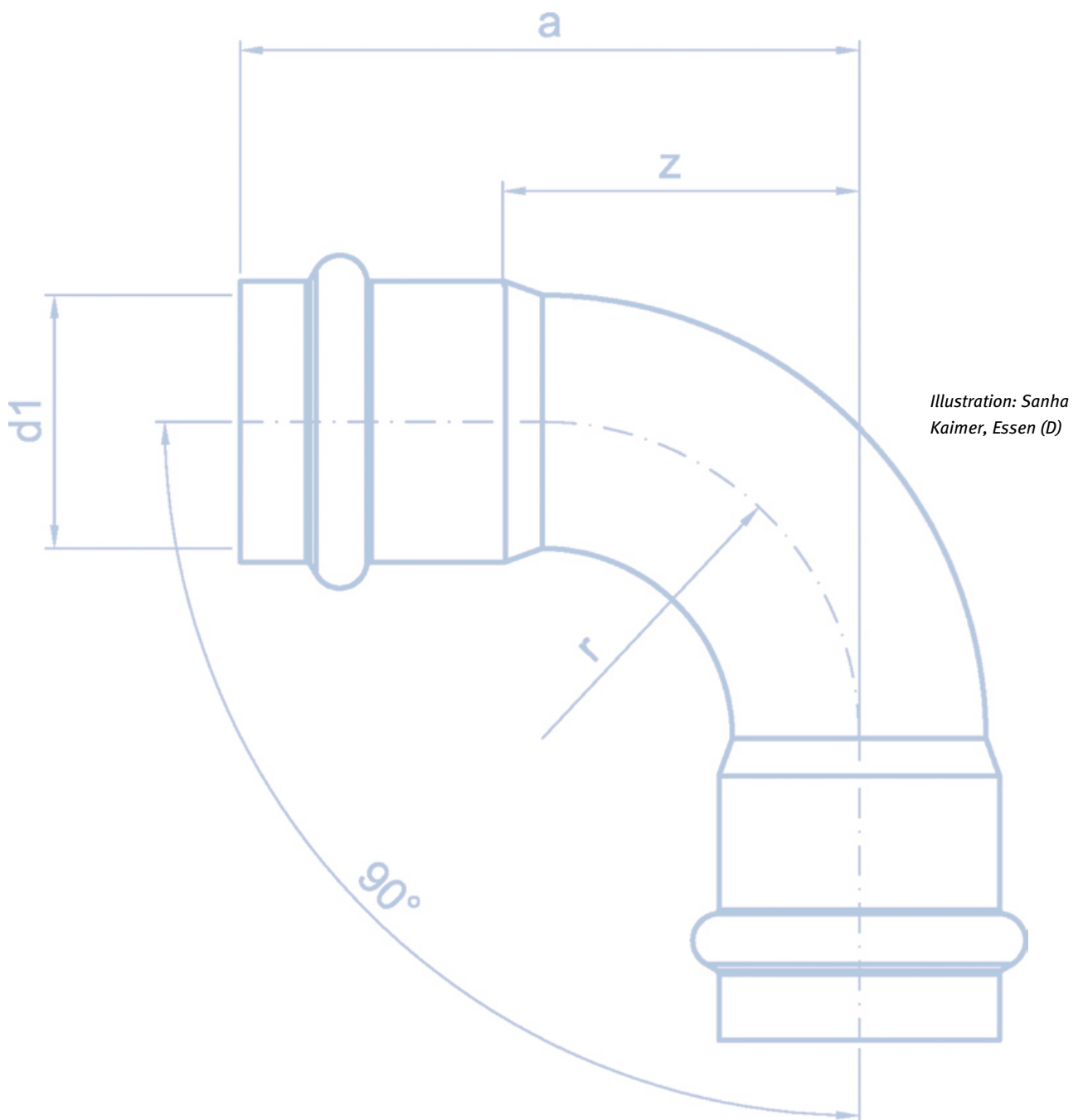
Schlerkman, H., Verzinkter Stahl und nichtrostende Stähle in Kontakt mit Trinkwasser – Einsatzbereiche und Korrosionseigenschaften von verzinktem Stahl; werkstoffgerechte Fertigung und Verarbeitung von Bauteilen aus nichtrostendem Stahl, paper on the occasion of the seminar 8. *Korrosionum: Werkstoffe für die Trinkwasserinstallation – Korrosion und Korrosionsschutz*, GfKorr, Stuttgart, 23rd April 2012.

Euro Inox, Hg.(2008). Technische Eigenschaften nichtrostender Flachprodukte, mehrsprachige Datenbank, www.euro-inox.org/technical_tables/index.php?language=de

Technical information fil-press. Barcelona: Filtube (2002).

The Steel Construction Institute. (2002). *Operational Guidelines and Code of Practice for Stainless Steel in Drinking Water Supply*. Ascot: British Stainless Steel Association.

Viega, Hrsg. (2008). *Anwendungstechnik Industriesysteme*, 1. Auflage



ISBN 978-2-87997-383-8