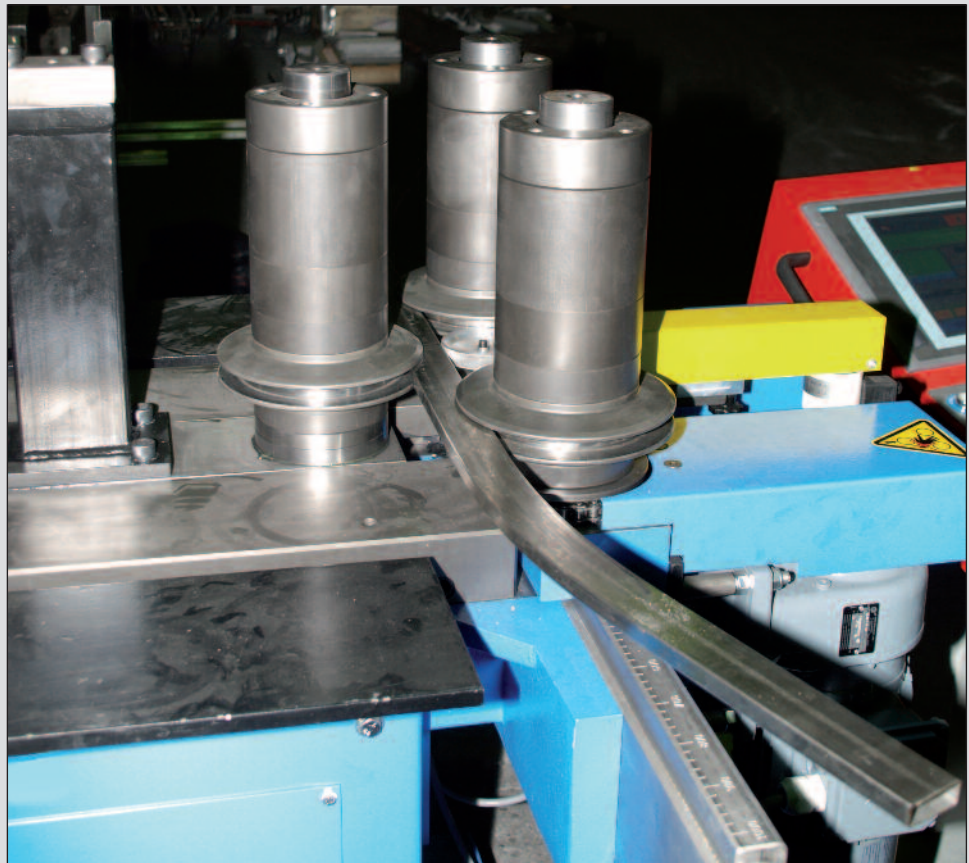




Merkblatt 822

## Die Verarbeitung von Edelstahl Rostfrei



Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

# Die Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

Die Informationsstelle Edelstahl Rostfrei (ISER) ist eine Gemeinschaftsorganisation von Unternehmen und Institutionen aus den Bereichen

- Edelstahlherstellung,
- Edelstahlhandel und Anarbeitung,
- Edelstahlverarbeitung,
- Oberflächenveredelung,
- Legierungsmittelindustrie,
- Marktforschung und Verlage für nichtrostende Stähle.

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

- praxisbezogene, zielgruppenorientierte Publikationen,
- Online-Informationsplattform unter [www.edelstahl-rostfrei.de](http://www.edelstahl-rostfrei.de)
- Pressearbeit für Fach- und Publikumsmedien,
- Messebeteiligungen,
- Durchführung von Schulungsveranstaltungen,
- Errichtung von Kompetenzzentren „Edelstahl-Rostfrei-Verarbeitung“,
- Informationen über Bezugsmöglichkeiten von Produkten aus Edelstahl Rostfrei,
- individuelle Bearbeitung technischer Anfragen.

Ein aktuelles Schriftenverzeichnis wird auf Anforderung gerne übersandt – oder ist einsehbar unter [www.edelstahl-rostfrei.de/](http://www.edelstahl-rostfrei.de/) Publikationen.

## Impressum

Merkblatt 822  
Die Verarbeitung  
von Edelstahl Rostfrei  
4. überarbeitete Auflage 2012

### Herausgeber

Informationsstelle  
Edelstahl Rostfrei  
Postfach 10 22 05  
40013 Düsseldorf  
Telefon: 02 11 / 67 07-8 35  
Telefax: 02 11 / 67 07-3 44  
E-Mail: [info@edelstahl-rostfrei.de](mailto:info@edelstahl-rostfrei.de)  
Internet: [www.edelstahl-rostfrei.de](http://www.edelstahl-rostfrei.de)

Redaktion: Sabine Heinzl M.A.

### Fotos

C. & E. Fein GmbH,  
Schwäbisch Gmünd-Burgau  
Jutec Biegesysteme GmbH,  
Limburg  
Informationsstelle  
Edelstahl Rostfrei, Düsseldorf  
Wilhelm Modersohn GmbH & Co. KG,  
Spenge  
ThyssenKrupp Nirosta GmbH,  
Krefeld  
Otto Suhner GmbH,  
Bad Säckingen  
Trumpf Werkzeugmaschinen GmbH  
& Co. KG, Ditzingen

Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen vermitteln Orientierungshilfen. Gewährleistungsansprüche können hieraus nicht abgeleitet werden. Nachdrucke aus dieser Dokumentation bzw. Veröffentlichungen im Internet, auch auszugsweise, sind nur mit Genehmigung des Herausgebers und mit deutlicher Quellenangabe gestattet.

### Autoren

Dipl.-Ing. Eckehard Bettenworth †,  
Düsseldorf  
Dipl.-Ing. Egon W.A. Bovensiepen,  
Gladbeck  
Dipl.-Ing. Winfried Buchwald,  
Siegen  
Dipl.-Ing. Gerhard Butzmann †,  
Düsseldorf  
Aloys Eggern, Essen  
Dr.-Ing. Dieter Grimme, Aachen  
Dipl.-Ing. Gerd H. Hunscha,  
Krefeld  
Max Mörchen, Hattingen  
Redaktion metallbau, Geretsried  
Dr.-Ing. F. Werner Strassburg †,  
Kempen  
Dipl.-Ing. Götz Witte, Walldürn

Überarbeitung der 4. Auflage unter  
Mitwirkung von:

Prof. Dr.-Ing. Wolf-Berend Busch  
Fachhochschule Bielefeld, Bielefeld  
Wilhelm Modersohn  
Wilhelm Modersohn GmbH & Co. KG,  
Spenge  
Dipl.-Ing. Manfred Peschka  
Fraunhofer- Institut für Fertigungstechnik  
und angewandte Materialforschung,  
Bremen  
Uwe Seibold  
C. & E. Fein GmbH, Schwäbisch Gmünd-  
Burgau  
Dipl.-Betriebsw. Hans-Joachim Steinhart  
Rostfrei Edelstahl-Consulting REC  
Produkt & Service GmbH, Schwabach  
Stephan Zscheile  
Aperam Stainless Services & Solutions  
GmbH, Sersheim

# Inhalt

	Seite		Seite		Seite
<b>1 Werkstoff</b>	<b>3</b>	<b>4 Spanlose Umformung</b>	<b>18</b>	<b>7 Löten</b>	<b>27</b>
1.1 Sorteneinteilung von Edelstahl Rostfrei	3	4.1 Abkanten	18	7.1 Hartlöten	27
1.2 Normen und Regelwerke	3	4.2 Falzen	19	7.2 Weichlöten	27
1.3 Lieferformen und Abmessungsbereiche	4	4.3 Rollprofilieren	19	<b>8 Kleben</b>	<b>28</b>
1.4 Oberflächenausführungen des Vormaterials	8	4.4 Drücken	19	<b>9 Nieten</b>	<b>29</b>
1.5 Mechanische Eigenschaften und Berechnungswerte	8	4.5 Tiefziehen	20	<b>10 Druckfügen</b>	<b>29</b>
1.6 Korrosionsbeständigkeit	9	4.6 Biegen, Rohrbiegen	20	<b>11 Oberflächen- behandlung der Fertigerzeugnisse</b>	<b>29</b>
<b>2 Trennverfahren</b>	<b>9</b>	4.7 Innenhochdruck- verformung	22	11.1 Mechanische Ober- flächenbehandlung	29
2.1 Mechanische Trennverfahren	9	4.8 Kaltschmieden	22	11.2 Chemische Ober- flächenbehandlung	31
2.1.1 Schneiden, Nibbeln	9	<b>5 Wärmebehandlung und Warmformgebung</b>	<b>22</b>	11.2.1 Beizen	31
2.1.2 Stanzen, Lochen	10	5.1 Wärmebehandlung	22	11.2.2 Elektropolieren	32
2.1.3 Sägen	11	5.2 Warmformgebung	22	11.2.3 Färben, Ätzen	32
2.1.4 Wasserstrahlschneiden	11	<b>6 Schweißen</b>	<b>23</b>	11.2.4 Lackieren	33
2.2 Thermische Trennverfahren	12	6.1 Schweiß eignung und Vorbereitung	23	<b>12 Oberflächenschutz</b>	<b>33</b>
<b>3 Spanende Formgebung</b>	<b>13</b>	6.2 Lichtbogenhand- schweißen mit umhüllter Stabelektrode	24	<b>13 Reinigung und Pflege</b>	<b>33</b>
3.1 Bohren	13	6.3 Schutzgasschweißen	25	13.1 Grundreinigung	33
3.2 Gewindeschneiden	15	6.3.1 Wolfram-Inertgas- Schweißen (WIG)	25	13.2 Unterhaltsreinigung und Pflege	34
3.3 Drehen	16	6.3.2 Metall-Aktivgas- Schweißen (MAG)	26	<b>14 Weitere Informationen</b>	<b>35</b>
3.4 Fräsen	17	6.4 Sonstige Schmelz- schweißverfahren	26		
		6.5 Widerstandsschweißen	26		
		6.6 Bolzenschweißen	27		
		6.7 Nachbehandlung von Schweißnähten	27		
		6.7.1 Mechanische Nachbehandlung	27		
		6.7.2 Chemische Nachbehandlung	27		

## Hinweis

Das vorliegende Merkblatt vermittelt einen Überblick über den Werkstoff Edelstahl Rostfrei und die gängigen Verfahren seiner Bearbeitung. Zu zahlreichen Themen liegen Merkblätter und Dokumentationen mit vertiefenden Informationen vor, die auf Seite 35 aufgeführt sind und bei der Informationsstelle Edelstahl Rostfrei abgerufen werden können.

# 1 Werkstoff

Edelstahl Rostfrei ist ein stetig zunehmend gefragter Werkstoff. Hinter den gebräuchlichen Bezeichnungen wie V2A, V4A oder INOX steht eine Materialgruppe, die neben hohen Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit auch hygienischen und vor allem ästhetischen Kriterien gerecht wird. Um die unumstrittenen Vorteile uneingeschränkt nutzen zu können, sind die Verarbeitungstechniken den materialtypischen Besonderheiten des Werkstoffs anzupassen.

## 1.1 Sorteneinteilung von Edelstahl Rostfrei

Edelstahl Rostfrei ist ein Sammelbegriff für rund 120 verschiedene Edelstahlsorten, die folgende Gemeinsamkeiten haben:

- Sie sind mindestens mit 10,5 % Chrom legiert.

- Sie bilden ohne jeden Schutzüberzug unter Sauerstoffeinwirkung eine unsichtbare Passivschicht.

Die nichtrostenden Stähle werden nach ihrem kristallinen Gefüge in Gruppen eingeteilt. Die überwiegend verwendeten Sorten gehören zu den ferritischen Edelstählen (Chrom-Stähle) und vor allem zu den austenitischen Edelstählen (Chrom-Nickel-Stähle und Chrom-Nickel-Molybdän-Stähle). Die unter der Bezeichnung nichtrostende „Duplex-Stähle“ zunehmend eingesetzten Sorten haben ein austenitisch-ferritisches Gefüge (vgl. **Tabelle 1**).

Sogenannte stabilisierte Edelstähle sind mit Titan oder Niob legiert. Diese Elemente verhindern die Bildung von Chromkarbiden beim Schweißen. Sie sind erforderlich

- bei austenitischen Edelstählen, wenn dickere Erzeugnisse (z.B. Bleche dicker 6 mm, Stäbe dicker 20

mm) geschweißt werden;

- bei ferritischen Edelstählen mit Kohlenstoffgehalt über 0,03 %, wenn geschweißt wird.

In den westeuropäischen Ländern werden alle Stahlsorten mit zwei Bezeichnungen versehen:

- Die **Werkstoffnummer**. Sie wird wegen ihrer Kürze bevorzugt verwendet; die nichtrostenden Stähle liegen alle im Nummernbereich 1.40.. bis 1.49..
- Der **Kurzname**. Er kennzeichnet bei den nichtrostenden Stählen die chemische Zusammensetzung.

## 1.2 Normen und Regelwerke

Die Eigenschaften der Stahlsorten und ihrer Erzeugnisformen (Blech, Rohr, Draht etc.) werden in Normen festgelegt. Die für Edelstahl Rostfrei derzeit gültigen wichtigsten Normen sind in **Tabelle 2** aufgeführt.

Stahlsorte		Chemische Zusammensetzung Massengehalte in %					Untergruppen
Werkstoffnummer	Kurzname	C	Cr	Mo	Ni	Sonstige	
1.4003	X2CrNi12	≤ 0,03	10,5 - 12,5		0,30 - 1,00	Mn ≤ 1,50; N ≤ 0,030	ferritische nichtrostende Stähle
1.4016	X6Cr17	≤ 0,08	16,0 - 18,0				
1.4511	X3CrNb17	≤ 0,05	16,0 - 18,0			Nb: 12xC bis 1,00	
1.4521	X2CrMoTi18-2	≤ 0,025	17,0 - 20,0	1,80 - 2,50		Ti: [4x(C+N) + 0,15] bis 0,80	
1.4509	X2CrTiNb18	≤ 0,03	17,5 - 18,5			Nb: [3xC + 0,30] bis 1,00 Ti: 0,10 - 0,60	
1.4310	X10CrNi18-8	0,05 - 0,15	16,0 - 19,0	≤ 0,80	6,0 - 9,5		austenitische nichtrostende Stähle
1.4318	X2CrNi18-7	≤ 0,03	16,5 - 18,5		6,0 - 8,0	N: 0,10 - 0,20	
1.4307	X2CrNi18-9	≤ 0,03	17,5 - 19,5		8,0 - 10,5		
1.4301	X5CrNi18-10	≤ 0,07	17,5 - 19,5		8,0 - 10,5		
1.4305	X8CrNiS18-9	≤ 0,10	17,0 - 19,0		8,0 - 10,0	S: 0,15 - 0,35 Cu ≤ 1,0	
1.4541	X6CrNiTi18-10	≤ 0,08	17,0 - 19,0		9,0 - 12,0	Ti: 5xC bis 0,70	
1.4404	X2CrNiMo17-12-2	≤ 0,03	16,5 - 18,5	2,00 - 2,50	10,0 - 13,0	N ≤ 0,11	
1.4401	X5CrNiMo17-12-2	≤ 0,07	16,5 - 18,5	2,00 - 2,50	10,0 - 13,0	N ≤ 0,11	
1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2	≤ 0,08	16,5 - 18,5	2,00 - 2,50	10,5 - 13,5	Ti: 5xC bis 0,70	
1.4436	X3CrNiMo17-13-3	≤ 0,05	16,5 - 18,5	2,50 - 3,00	10,5 - 13,0		
1.4435	X2CrNiMo18-14-3	≤ 0,03	17,0 - 19,0	2,50 - 3,00	12,5 - 15,0		
1.4439	X2CrNiMoN17-13-5	≤ 0,03	16,5 - 18,5	4,0 - 5,0	12,5 - 14,5	N: 0,12 - 0,22	
1.4567	X3CrNiCu18-9-4	≤ 0,04	17,0 - 19,0		8,5 - 10,5	N ≤ 0,11; Cu: 3,0 - 4,0	
1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5	≤ 0,02	19,0 - 21,0	4,0 - 5,0	24,0 - 26,0	Cu: 1,20 - 2,00; N ≤ 0,15	
1.4578	X3CrNiCuMo17-11-3-2	≤ 0,04	16,5 - 17,5	2,00 - 2,50	10,0 - 11,0	Cu: 3,0 - 3,5	
1.4547	X1CrNiMoCuN20-18-7	≤ 0,02	19,5 - 20,5	6,0 - 7,0	17,5 - 18,5	Cu: 0,50 - 1,00; N: 0,18 - 0,25	
1.4529	X1NiCrMoCuN25-20-7	≤ 0,02	19,0 - 21,0	6,0 - 7,0	24,0 - 26,0	Cu: 0,50 - 1,50; N: 0,15 - 0,25	
1.4565	X2CrNiMnMoN25-18-6-5	≤ 0,03	24,0 - 26,0	4,00 - 5,00	16,0 - 19,0	N: 0,30 - 0,60	
1.4362	X2CrNiN23-4	≤ 0,03	22,0 - 24,0	0,10 - 0,60	3,5 - 5,5	Cu: 0,10 - 0,60	austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle
1.4462	X2CrNiMoN22-5-3	≤ 0,03	21,0 - 23,0	2,50 - 3,5	4,5 - 6,5	N: 0,10 - 0,22	

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung und Gruppenbezeichnungen ausgewählter nichtrostender Stähle

Norm	Titel
DIN EN ISO 3506-1	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen – Teil 1: Schrauben
DIN EN ISO 3506-2	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen – Teil 2: Muttern
DIN EN ISO 3506-3	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen – Teil 3: Gewindestifte und ähnliche, nicht auf Zug beanspruchte Verbindungselemente
DIN EN ISO 3506-4	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen – Teil 4: Blechschrauben
ISO 9444-1	Kontinuierlich warmgewalzter nichtrostender Stahl – Grenzabmaße und Formtoleranzen – Teil 1: Bandstahl und Bandstahl in Stäben
ISO 9444-2	Kontinuierlich warmgewalzter nichtrostender Stahl – Grenzabmaße und Formtoleranzen – Teil 2: Band und Blech
DIN EN ISO 9445-1	Kontinuierlich kaltgewalzter nichtrostender Stahl – Grenzabmaße und Formtoleranzen – Teil 1: Kaltband und Kaltband in Stäben
DIN EN ISO 9445-2	Kontinuierlich kaltgewalzter nichtrostender Stahl – Grenzabmaße und Formtoleranzen – Teil 2: Kaltbreitband und Blech
DIN EN 10048	Warmgewalzter Bandstahl – Grenzabmaße und Formtoleranzen
DIN EN 10088-1	Nichtrostende Stähle – Verzeichnis der nichtrostenden Stähle
DIN EN 10088-2	Nichtrostende Stähle – Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung
DIN EN 10088-3	Nichtrostende Stähle – Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung
DIN EN 10088-4	Nichtrostende Stähle – Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für das Bauwesen
DIN EN 10088-5	Nichtrostende Stähle – Technische Lieferbedingungen für Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für das Bauwesen
DIN EN 10216-5	Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 5: Rohre aus nichtrostenden Stählen
DIN EN 10217-7	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 7: Rohre aus nichtrostenden Stählen
DIN EN 10263-5	Walzdraht, Stäbe und Draht aus Kaltstauch- und Kaltfließpreßstählen – Teil 5: Technische Lieferbedingungen für nichtrostende Stähle
DIN EN 10264-4	Stahldraht und Drahterzeugnisse- Stahldraht für Seile – Teil 4: Draht aus nichtrostendem Stahl
DIN EN 10269	Stähle und Nickellegierungen für Befestigungselemente für den Einsatz bei erhöhten und/oder tiefen Temperaturen
DIN EN 10272	Stäbe aus nichtrostendem Stahl für Druckbehälter
DIN EN 10278	Maße und Grenzabmaße von Blankstahlerzeugnissen
DIN EN 10296-2 Berichtigung 1	Geschweißte kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 2: Rohre aus nichtrostenden Stählen
DIN EN 10297-2 Berichtigung 1	Nahtlose kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 2: Rohre aus nichtrostenden Stählen
DIN EN 10312	Geschweißte Rohre aus nichtrostendem Stahl für den Transport von Wasser und anderen wässrigen Flüssigkeiten – Technische Lieferbedingungen
DIN EN ISO 18286	Warmgewalztes Blech aus nichtrostendem Stahl – Grenzabmaße und Formtoleranzen (statt DIN EN 10029)

Eine umfassende Übersicht über die für nichtrostende Stähle relevanten Normen mit ihren jeweils aktuellen Ausgabedaten steht zur Verfügung in der Rubrik „Werkstoff/Normen“ unter [www.edelstahl-rostfrei.de](http://www.edelstahl-rostfrei.de)

**Tabelle 2: Auswahl von Normen für Erzeugnisse aus Edelstahl Rostfrei – Technische Lieferbedingungen und Maße – Stand November 2011**

Bei statischer Beanspruchung im Bauwesen ist die „Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6 für Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen“ des Deutschen Instituts für Bautechnik, Berlin, heranzuziehen.

### 1.3 Lieferformen und Abmessungsbereiche

Nichtrostende Stähle stehen in allen gebräuchlichen Lieferformen zur Verfügung. Die wichtigsten Produkte sind

warm- und kaltgewalzte Bänder und Bleche, nahtlose und geschweißte Rohre sowie Draht, Stabstahl und Profile. Die nachstehende Aufstellung gibt einen Überblick über das üblicherweise erhältliche Material.

- Kaltgewalzte Bänder: 0,25 bis 8 mm dick, bis 2.000 mm breit
- Kaltgewalzte, aus Band geschnittene Bleche: 0,25 bis 8 mm dick, in den üblichen Lagerformaten (1.000 x 2.000 mm; 1.250 x 2.500 mm; 1.500 x 3.000 mm) oder in Fix- bzw.

Sonderformaten

- Warmgewalzte Tafelbleche: 2,0 bis 150 mm dick, bis 3.700 mm breit
- Warmgewalzte Bänder und daraus geschnittene Bleche: 1,5 bis 13 mm dick, bis 2.000 mm breit
- Nahtlose Rohre: 1 bis 14 mm Wanddicke, 6 bis 400 mm Durchmesser
- Geschweißte Rohre: 0,5 bis 40 mm Wanddicke, ab 6 mm Durchmesser, sowie Vierkantrohre oder andere Querschnitte
- Gewalzter Stabstahl: 6,0 bis 625 mm Durchmesser

	Kurzzeichen <sup>1)</sup>	Ausführungsart <sup>2)</sup>	Oberflächenbeschaffenheit <sup>2)</sup>	Bemerkungen	Kurzzeichen alt
Warmgewalzt	1U	Warmgewalzt, nicht wärmebehandelt, nicht entzündert	Mit Walzzunder bedeckt	Geeignet für Erzeugnisse, die weiter verarbeitet werden, z.B. Band zum Nachwalzen.	a1
	1C	Warmgewalzt, wärmebehandelt, nicht entzündert	Mit Walzzunder bedeckt	Geeignet für Teile, die anschließend entzündert oder bearbeitet werden oder für bestimmte hitzebeständige Anwendungen.	b(1c)
	1E	Warmgewalzt, wärmebehandelt, mechanisch entzündert	Zunderfrei	Die Art der mechanischen Entzündung, z.B. Rohschleifen oder Strahlen, hängt von der Stahlsorte und der Erzeugnisform ab und bleibt, wenn nicht anders vereinbart, dem Hersteller überlassen.	c1(IIa)
	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)
	2C	Kaltgewalzt, wärmebehandelt, nicht entzündert	Glatt, mit Zunder von der Wärmebehandlung	Geeignet für Teile, die anschließend entzündert oder bearbeitet werden oder für bestimmte hitzebeständige Anwendungen.	
	2E	Kaltgewalzt, wärmebehandelt, mechanisch entzündert	Rau und stumpf	Üblicherweise angewendet für Stähle mit sehr beizbeständigem Zunder. Kann nachfolgend gebeizt werden.	
	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, Glätte und Ebenheit sicherzustellen. Auch übliche Ausführung für Weiterverarbeitung. Nachwalzen kann durch Streckrichten erfolgen.	n(IIIc)
	2R	Kaltgewalzt, blankgeglüht <sup>3)</sup>	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 entzündert.	
Sonderausführungen	1G oder 2G	Geschliffen <sup>4)</sup>	Siehe Fußnote <sup>5)</sup>	Schleifpulver oder Oberflächenrauheit kann festgelegt werden. Gleichgerichtete Textur, nicht sehr reflektierend.	o(IV)
	1J oder 2J	Gebürstet <sup>4)</sup> oder mattpoliert <sup>4)</sup>	Glatter als geschliffen, siehe Fußnote <sup>5)</sup>	Bürstenart oder Polierband oder Oberflächenrauheit kann festgelegt werden. Gleichgerichtete Textur, nicht sehr reflektierend.	q
	1K oder 2K	Seidenmattpoliert <sup>4)</sup>	Siehe Fußnote <sup>5)</sup>	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 <sup>4)</sup>	Siehe Fußnote <sup>5)</sup>	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 <sup>4)</sup>	Farbe ist zu vereinbaren		
	1S oder 2S	mit Überzug <sup>4)</sup>		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) Nur eine Oberfläche, falls nicht bei der Anfrage und Bestellung ausdrücklich anders vereinbart. 5) 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).

Tabelle 3: Oberflächenausführungen von nichtrostenden Stählen

Stahlbezeichnung		Erzeugnisform <sup>1)</sup>	Dicke <sup>2)</sup> mm max	Härte HB max.	0,2%- Dehngrenze <sup>3)</sup>		Zugfestigkeit Rm MPa <sup>4)</sup>	Bruchdehnung <sup>5)</sup>		Kerbschlagarbeit (ISO-V)		Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion			
Werkstoffnummer	Kurzname				längs	quer		längs	quer	längs	quer	längs	quer	im Lieferzustand	imsensibilisierten Zustand <sup>7)</sup>
1.4003	X2CrNi12	C	8	-	280	320	450 - 650	20		-	nein				
		H	13,5					250	280				18		
		P	25		260								450 - 600		20
		L	100		200										
1.4016	X6Cr17	C	8	-	260	280	450 - 600	20		-	ja	nein			
		H	13,5					240	260				18		
		P	25		430 - 630						20				
		L	100		200	240		400 - 630			20	-			
1.4511	X3CrNb17	C	8	-	230	240	420 - 600		23		ja				
		L	50	200	200		420 - 620		20	-					
1.4521	X2CrMoTi18-2	C	8	-	300	320	420 - 640		20		-		ja		
		H	13,5				280	300							400 - 600
		P	12		420 - 620										
1.4509	X2CrTiNb18	C	8	-	230	250	430 - 630		18		ja				
		L	50	200	200		420 - 620		18	-					
1.4310	X10CrNi18-8	C	8	-	-	250	600 - 950		-	40	nein				
		L	≤ 40	230	195		500 - 750		40	-					
1.4318	X2CrNi18-7	C	8	-	-	350	650 - 850		-	35		ja			
		H	13,5				330	630 - 830		40					
		P	75							45				90	60
1.4307	X2CrNi18-9	C	8	-	-	220	520 - 700		-	45		ja			
		H	13,5				200	500 - 700		45					
		P	75					45		-	100			60	
		L	≤ 160 160 < t ≤ 250			215	175			500 - 700				-	35
1.4301	X5CrNi18-10	C	8	-	-	230	540 - 750		-	45		ja nein			
		H	13,5				210	520 - 720		45					
		P	75					45		-	100			60	
		L	≤ 160 160 < t ≤ 250			215	190			500 - 700				-	35
1.4305	X8CrNiS18-9	P	75	-	-	190	500 - 700		-	35	nein				
		L	≤ 160	230	190		500 - 750		35	-					
1.4541	X6CrNiTi18-10	C	8	-	-	220	520 - 720		-	40		ja			
		H	13,5				200	500 - 700		40					
		P	75					40		-	100			60	
		L	≤ 160 160 < t ≤ 250			215	190			500 - 700				-	30
1.4404	X2CrNiMo17-12-2	C	8	-	-	240	530 - 680		-	40		ja			
		H	13,5				220	520 - 670		45					
		P	75					40		-	100			60	
		L	≤ 160 160 < t ≤ 250			215	200			500 - 700				-	30
1.4401	X5CrNiMo17-12-2	C	8	-	-	240	540 - 690		-	40		ja nein			
		H	13,5				220	520 - 670		45					
		P	75					40		-	100			60	
		L	≤ 160 160 < t ≤ 250			215	200			500 - 700				-	30

Tabelle 4: Mechanische Eigenschaften ausgewählter nichtrostender Stähle bei Raumtemperatur in lösungsgeglühtem Zustand und Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion

Fortsetzung S.7

Stahlbezeichnung		Erzeugnisform <sup>1)</sup>	Dicke <sup>2)</sup> mm max	Härte HB max.	0,2%- Dehngrenze <sup>3)</sup>		Zugfestigkeit Rm MPa <sup>4)</sup>	Bruchdehnung <sup>5)</sup>		Kerbschlagarbeit (ISO-V) KV <sup>6)</sup> J		Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion	
Werkstoffnummer	Kurzname				längs	quer		längs	quer	längs	quer	längs	quer
1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2	C	8	-	-	240	540 - 690	-	40	-		ja	
		H	13,5			220				520 - 670	100		
		P	75			215	200	500 - 700	40				
		L	≤ 160 160 < t ≤ 250						-	30	-		
1.4436	X3CrNiMo17-13-3	C	8	-	-	240	550 - 700	-	40	-		ja	nein
		H	13,5			220				530 - 730	100		
		P	75			215	200	500 - 700	40				
		L	≤ 160 160 < t ≤ 250						-	30	-		
1.4435	X2CrNiMo18-14-3	C	8	-	-	240	550 - 700	-	40	-		ja	
		H	13,5			220				520 - 670	100		
		P	75			215	200	500 - 700	40				
		L	≤ 160 160 < t ≤ 250						-	30	-		
1.4439	X2CrNiMoN17-13-5	C	8	-	-	290	580 - 780	-	35	-		ja	
		H	13,5			270				580 - 800	100		
		P	75			250	280	580 - 800	35				
		L	≤ 160 160 < t ≤ 250						-	30	-		
1.4567	X3CrNiCu18-9-4	L	≤ 160	215	175	450 - 650	45	-	-	-	ja		
1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5	C	8	-	-	240	530 - 730	-	35	-		ja	
		H	13,5			220				520 - 720	100		
		P	75			230	230	530 - 730	35				
		L	≤ 160 160 < t ≤ 250						-	30	-		
1.4578	X3CrNiCuMo17-11-3-2	L	≤ 160	215	175	450 - 650	45	-	-	-	ja		
1.4547	X1CrNiCuMoN20-18-7	C	8	-	-	320	650 - 850	-	35	-		ja	
		H	13,5			300				650 - 850	100		
		P	75			260	300	650 - 850	35				
		L	≤ 160 160 < t ≤ 250						-	30	-		
1.4529	X1NiCrMoCuN25-20-7	P	75	-	-	300	650 - 850	-	40	100	60	ja	
		L	≤ 160	250	300	650 - 850		40	-				
			160 < t ≤ 250					-	35				
1.4565	X2CrNiMnMoN25-18-6-5	C	6	-	-	420	800 - 950	-	30	120	90	ja	
		H	10			420				800 - 950	35		
		P	40				260	420	600 - 830				
		L	≤ 160			-				-	-		
1.4362	X2CrNiN23-4	C	8	-	-	450	650 - 850	20	-		ja		
		H	13,5			400			630 - 800	25			100
		P	75			260	400	600 - 830					
		L	≤ 160						-	-			-
1.4462	X2CrNiMoN22-5-3	C	8	-	-	500	700 - 950	20	-		ja		
		H	13,5			460			640 - 840	25			100
		P	75			270	450	650 - 880					
		L	≤ 160						-	-			-

1) C = kaltgewalztes Band, H = warmgewalztes Band, P = warmgewalztes Blech, L = Langprodukte 2) Bei Langprodukten Dicke t oder Durchmesser d bzw. Schlüsselweite bei Sechskantstäben 3) Bei Langprodukten wird zwischen längs und quer nicht unterschieden 4) 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> 5) Bei Flachprodukten C, H, P wird unterschieden zwischen A<sub>80</sub> < 3 mm dick und A ≥ 3mm; in dieser Tabelle gibt es nur für den Werkstoff Nr. 1.4318 unterschiedliche Werte, weshalb beide Angaben zusammengefasst wurden. 6) Bei Flachprodukten C, H, P bezieht sich dieser Wert auf eine Dicke > 10 mm. 7) Bei ferritischen Flach- und Langprodukten bezieht sich diese Angabe auf den geschweißten Zustand; bei den austenitischen Flach- und Langprodukten bezieht sich diese Angabe auf eine Sensibilisierungsbehandlung 15 min bei 700 °C mit nachfolgender Abkühlung an Luft.



Physikalische Eigenschaften										
Werkstoffnummer	Stahlsorte Kurzname	Dichte kg/dm <sup>3</sup>	Elastizitätsmodul bei 20°C gem.	Elastizitätsmodul gem. ABZ	Wärmeausdehnung zwischen 20°C und		Wärmeleitfähigkeit bei 20°C W/m*K	Spezifische Wärmekapazität bei 20°C J/kg*K	Elektrischer Widerstand bei 20°C Ω*mm <sup>2</sup> /m	magnetisierbar
			EN 10088	Z-30.3-6	100°C	400°C				
			kN/mm <sup>2</sup>	kN/mm <sup>2</sup>	10 <sup>-6</sup> /K	10 <sup>-6</sup> /K				
1.4003	X2CrNi12	7,7	220	170	10,4	11,6	25	430	0,60	ja
1.4016	X6Cr17	7,7	220	170	10,0	10,5	25	460	0,60	ja
1.4511	X3CrNb17	7,7	220	170	10,0	10,5	25	460	0,60	ja
1.4521	X2CrMoTi18-2	7,7	220	170	10,4	11,6	23	430	0,80	ja
1.4509	X2CrTiNb18	7,7	220	170	10,0	10,5	25	460	0,60	ja
1.4310	X10CrNi18-8	7,9	200	170	16,0	18,0	15	500	0,73	nein <sup>1)</sup>
1.4318	X2CrNiN18-7	7,9	200	170	16,0	17,5	15	500	0,73	
1.4307	X2CrNi18-9	7,9	200	170	16,0	18,0	15	500	0,73	nein <sup>1)</sup>
1.4301	X5CrNi18-10	7,9	200	170	16,0	17,5	15	500	0,73	nein <sup>1)</sup>
1.4305	X8CrNiS18-9	7,9	200	170	16,0	17,5	15	500	0,73	nein <sup>1)</sup>
1.4541	X6CrNiTi18-10	7,9	200	170	16,0	17,5	15	500	0,73	
1.4404	X2CrNiMo17-12-2	8,0	200	170	16,0	17,5	15	500	0,75	
1.4401	X5CrNiMo17-12-2	8,0	200	170	16,0	17,5	15	500	0,75	
1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2	8,0	200	170	16,5	18,5	15	500	0,75	
1.4436	X3CrNiMo17-13-3	8,0	200	170	16,0	17,5	15	500	0,75	nein <sup>1)</sup>
1.4435	X2CrNiMo18-14-3	8,0	200	170	16,0	17,5	15	500	0,75	nein <sup>1)</sup>
1.4439	X2CrNiMoN17-13-5	8,0	200	170	16,0	17,5	14	500	0,85	
1.4567	X3CrNiCu18-9-4	7,9	200	170	16,7	18,1	–	–	–	
1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5	8,0	195	170	15,8	16,9	12	450	1,00	
1.4578	X3CrNiCuMo17-11-3-2	8,0	200	170	–	–	–	–	–	nein <sup>1)</sup>
1.4547	X1CrNiMoCuN20-18-7	8,0	195	170	16,5	18,0	14	500	0,85	
1.4529	X1NiCrMoCuN25-20-7	8,1	195	170	15,8	16,9	12	450	1,00	
1.4565	X2CrNiMnMoN25-18-6-5	8,0	190	170	14,5	16,8	12	450	0,92	
1.4362	X2CrNiN23-4	7,8	200	200	13,0	300°C 14,0	15	500	0,80	ja
1.4462	X2CrNiMoN22-5-3	7,8	200	200	13,0	300°C 14,0	15	500	0,80	ja

<sup>1)</sup> Durch Kaltumformung entstandene geringe Anteile an Ferrit und/oder Martensit erhöhen die Magnetisierbarkeit

Tabelle 5: Anhaltangaben über physikalische Eigenschaften ausgewählter nichtrostender Stähle

- Geschmiedeter Stabstahl: ab 20 mm Durchmesser
- Gezogener Stabstahl: 1,0 bis 180 mm Durchmesser
- Walzdraht: 5,0 – 36 mm Durchmesser
- Draht gezogen: 0,01 bis 25 mm Durchmesser
- Stahlguss: wenige Gramm (Feinguss) bis zu den größten Gussstücken
- Profile: Warmgefertigte Profile werden vorwiegend als Winkel, U-, T- und Doppel-T-Profil erzeugt, Kaltprofile werden aus Blechen und Bändern durch Rollformen, Abkanten oder Laserschweißen hergestellt

#### 1.4 Oberflächenausführungen des Vormaterials

Grundsätzlich hat Edelstahl rostfrei eine metallisch blanke Oberfläche. Ihre Beschaffenheit ist je nach Herstellungsart unterschiedlich. Warmgefertigte Produkte haben z.B. eine

rauere Oberfläche als kalt gefertigte. Je nach Betriebsbedingungen ist die Oberflächenausführung von Bedeutung für die Korrosionsbeständigkeit. **Tabelle 3** gibt einen Überblick über die wichtigsten Ausführungsarten. Den Buchstabenkürzeln zur Kennzeichnung der Oberflächen werden jeweils die Ziffern 1 für warmgewalzt und 2 für kaltgewalzt vorangestellt. Dieses System vermittelt technisch relevante Grundinformationen über die Oberflächen. Nuancierungen, wie z.B. Korngrößen beim Schleifen, sind jedoch nicht festgelegt. Es empfiehlt sich daher, diese bei der Bestellung festzulegen und Grenzmuster zu vereinbaren. Werksseitig werden eine Vielzahl von Oberflächenausführungen angeboten, darüber hinaus steht ein breites Spektrum an Möglichkeiten der Oberflächenveredelung durch darauf spezialisierte Firmen zur Verfügung.

Um Beschädigungen während der weiteren Formgebung zu vermeiden, können Schutzfolien aufgebracht werden.

#### 1.5 Mechanische Eigenschaften und Berechnungswerte

Auch über die mechanischen Eigenschaften geben die Normen die notwendigen Hinweise. Bei Verwendung im Bauwesen ist zusätzlich die „Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6“ zugrunde zu legen, wenn die Bauteile eines statischen Nachweises bedürfen.

In **Tabelle 4** werden die wichtigsten mechanischen Eigenschaften ausgewählter nichtrostender Stähle angegeben. Durch Kaltumformung können diese Eigenschaften bedeutend verändert werden.

In **Tabelle 5** sind Angaben über die physikalischen Eigenschaften wie

Dichte, Wärmeausdehnung, Wärmeleitfähigkeit u.ä. aufgeführt.

## 1.6 Korrosionsbeständigkeit

Grundsätzliche Voraussetzung für die Erzielung der optimalen Korrosionsbeständigkeit ist eine metallisch saubere Oberfläche.

Ferritische Chrom-Stähle mit den Werkstoffnummern 1.4003 und 1.4016 sind bei geringen Korrosionsbelastungen im Innen- und Außenbereich sowie für kurzzeitige Lebensmittelkontakte geeignet. Höherlegierte ferritische Chrom-Stähle sind korrosionsbeständiger und für Außenanwendungen und längere Lebensmittellkontakte anwendbar. So ist der ferritische Edelstahl 1.4521 zugelassen für Trinkwasserrohre nach DVGW.

Die ferritischen, nichtrostenden Stähle mit den Werkstoffnummern 1.4003 und 1.4512 lassen sich bei freier Bewitterung als rostträge Konstruktionswerkstoffe einsetzen, die aufgrund der niedrigen Legierungsgehalte kostengünstig hergestellt werden. Bei erhöhten Anforderungen an das Aussehen ist ggfs. eine Beschichtung erforderlich. Der ferritische Edelstahl 1.4003 zeichnet sich durch höhere Festigkeit als 1.4512 aus.

In normaler Atmosphäre sowie in Gastronomie und Lebensmittelverarbeitung werden vor allem die austenitischen Chrom-Nickel-Stähle mit den Werkstoffnummern 1.4301 und 1.4307 eingesetzt.

Die austenitischen Chrom-Nickel-Molybdän-Stähle 1.4401, 1.4404 oder 1.4571, wie auch der nichtrostende Duplex-Stahl 1.4362, eignen sich für Bauteile in Meerwassernähe und Streusalzbereichen an stärker belasteten Straßen und Wegen. Voraussetzung ist zusätzlich, dass die Oberfläche möglichst metallisch sauber, glatt und ohne Spalten hergestellt wurde, wie dies bei einer sehr fein geschliffenen oder elektropolierten Oberfläche der Fall ist. Direkt im Meerwasser sowie im Gischt- und Spritzbereich von Meerwasser ist der Duplex-Stahl 1.4462 besonders geeignet.

Bei höheren Belastungen durch Chloride und Schwefeldioxid sowie bei

stärkerer Aufkonzentration von Schadstoffen und Salzen, z.B. bei Industrieanwendungen, ist ebenfalls der nichtrostende Duplex-Stahl 1.4462 geeignet. Wenn die Chloridionenbelastung noch weiter ansteigt, muss man die sehr hochlegierten austenitischen Werkstoffe 1.4529, 1.4547 oder 1.4539 einsetzen.

## 2 Trennverfahren

### 2.1 Mechanische Trennverfahren

#### 2.1.1 Schneiden, Nibbeln

Die austenitischen Edelstähle haben höhere **Scherfestigkeiten** als die unlegierten Stähle bzw. die ferritischen nichtrostenden Stähle. Man benötigt daher zum Schneiden eines Bleches mehr Kraft. Ein ähnliches Verhältnis besitzen die austenitischen Edelstähle gegenüber den nichtrostenden Duplex-Stählen, bei denen der Schneidkraftbedarf noch deutlich höher liegt. Die Schneidkraft einer Tafelschere, die noch eine Blechdicke von 20 mm eines unlegierten Stahls mit S235 (früher St37-2) schneiden kann, erreicht bei Austenit 15 mm, und bei dem Duplex-Stahl nur noch ca. 10 mm Schneiddicke. Da jedoch im allgemeinen dünnere Bleche genommen werden als für gleiche Teile aus

unlegiertem Stahl, sind die erforderlichen Scherkräfte annähernd gleich.

Der **Schneidspalt** soll etwa 5 % der Blechdicke betragen. Steht nur eine Schere zur Verfügung, so ist für allgemeine Blecharbeiten ein Schneidspalt von 0,1 mm zu empfehlen.

Sind zwei Scheren verfügbar, so kann man eine für die dünneren Bleche (bis 1,5 mm) auf 0,05 mm und die andere für die dickeren Bleche auf 0,1 mm einstellen.

Größere Schneidspalten sind zu vermeiden. Fließt der Werkstoff über die untere Schneidkante, führt dies schnell zu Kaltverfestigung und somit zu höherem Kraftbedarf. Ähnliche Wirkung hat eine zu geringe Spaltbreite, die daran zu erkennen ist, daß die ganze Schnittfläche verschmiert aussieht. Der Spalt ist richtig eingestellt, wenn die geschnittenen (blanken) Anteile der Schnittflächen etwa 40 % oben und unten betragen.

Die **Schneiden** sollen immer sehr scharf, sauber und frei von Aufschweißungen sein. Stumpfe Schneiden verursachen Kaltverfestigung und Riefen; außerdem erhöhen sie den Kraftbedarf. Die Größe des Schneidwinkels der Messer ist begrenzt, da die Schneidkanten nicht geschwächt werden dürfen. Zum Schneiden von Bändern und Blechen kann er

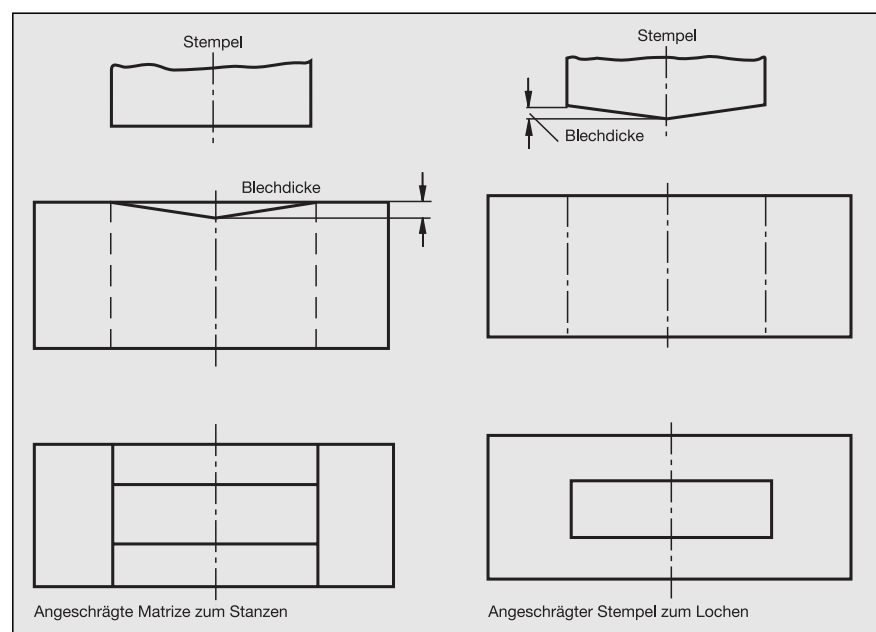


Bild 1: Darstellung der empfohlenen Werkzeugformen für das Stanzen und Lochen flacher Teile aus Edelstahl rostfrei



**Bild 2:** Beim Schneiden von Edelstahlblechen benötigt man mehr Kraft als für unlegierte Stähle. Da aufgrund der höheren Festigkeit Bleche aus nichtrostendem Stahl aber in der Regel dünner sind, nähern sich die Scherkräfte an

bis zu  $1,5^\circ$  betragen. Aufschweißungen können durch Einsatz von Werkzeugen verhindert werden, die mit Titanitrid (TiN) beschichtet sind.

Für die Schermesser eignen sich Werkzeugstähle wie vollgehärtete Schnellarbeitsstähle oder hochkohlenstoff- und chromhaltige Kaltarbeitsstähle. Diese haben die längsten Standzeiten. Eine Schmierung ist im allgemeinen nicht erforderlich.

Bei Scheren mit Niederhaltern ist es zweckmäßig, die Auflagefläche der Niederhalter mit einem Profil aus Gummi oder ähnlichem Material zu versehen, um die Oberfläche des Werkstücks nicht zu beschädigen.

Nichtrostende Stähle lassen sich genauso nibbeln wie unlegierte Stähle; jedoch ist mehr Kraft erforderlich, und die maximale Blechdicke darf bei gleicher Maschine nur etwa 65 bis 70% der von unlegierten Stählen betragen. Im Allgemeinen werden die Werkzeuge aus Schnellarbeitsstahl gefertigt und haben ebene Arbeitsflächen.

### 2.1.2 Stanzen, Lochen

Das **Stanzen** von Edelstahl Rostfrei erfordert wegen seiner größeren Scherfestigkeit mehr Kraft. Häufig lässt sich die erforderliche Kraft dadurch vermin-

dern, dass ein Werkzeugteil angeschrägt wird (**Bild 1**). Soll das ausgestanzte Teil weiterverarbeitet werden, so wird die Matrize angeschrägt, während die Stempelunterseite plan bleibt, um ein Verziehen des Teiles zu vermeiden. Ist dagegen das ausgestanzte Stück Abfall, so soll der Stempel angeschrägt sein, damit das restliche Teil flach bleibt.

Der **Scherspalt** zwischen Matrize und Stempel muss enger sein als bei un-

gierten Stählen, damit der Werkstoff nicht über die Schneidkanten des Werkzeugs fließt und dadurch eine Kaltverfestigung erfährt, die Werkzeug- und Maschine unnötig beansprucht.

Es ist üblich, den Scherspalt zwischen Matrize und Stempel mit 10% der Blechdicke zu bemessen (bei allseitig geschlossenen Schnitten also 5% auf jeder Seite). Für Blechdicken unterhalb 1 mm sollte man den Spalt noch enger machen, um einwandfreie Teile zu erhalten; die Spaltbreiten betragen dann vorzugsweise 0,025 bis 0,035 mm pro Seite.

Die **Werkzeuge** können aus Schnellarbeitsstahl oder aus hochkohlenstoff- und chromhaltigen Kaltarbeitsstählen hergestellt werden. Sie werden auf eine Härte von 60 bis 62 HRC gehärtet. Bei guter Werkzeugaufnahme und sorgfältigem Einbau kann man auch mit einsatzgehärteten Stempeln und Matrizen arbeiten. Die Werkzeuge müssen immer scharf gehalten werden.

Aufbauschneiden lassen sich durch Verwendung von TiN-beschichteten oder plasmanitrierten Werkzeugen, aber auch weitgehend durch leichte Schmierung verhindern; hier haben sich hochviskose Mineralöle als wirksam erwiesen.

Beim **Lochen** von Blechen ab Blechdicke 1 mm, mit konventionellen Stan-



**Bild 3:** Moderne Stanzenmaschinen lassen heute kein Restgitter mehr übrig – das erhöht die Materialausnutzung und die Prozesssicherheit

zen, sollte der kleinste Lochdurchmesser mindestens der doppelten Blechdicke entsprechen. Der mögliche Lochabstand hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, wie z.B. Blechdicke, Materialfestigkeit, Zähigkeit, der Anzahl der Löcher nebeneinander in Verbindung mit der Materialspannung und natürlich der Qualität der Stanzvorrichtung. Mit speziellen Stanzvorrichtungen und Stanzwerkzeugen lassen sich je nach Blechdicke aber mittlerweile auch deutlich kleinere Löcher und Lochabstände erzielen. Bei sehr dünnem Blech verändert sich, je nach Werkstoffsorte und Materialfestigkeit, das Stanzverhalten gravierend. Für die Festlegung von machbaren Stanzdurchmessern und Stanzabständen (Lochstegen und Randabständen) sollte man dann, sofern man keine Erfahrung hat, vorab Stanzmuster anfertigen. Für alle Blechdicken gilt dabei, dass die Ausführung und Präzision der Niederhalter für das Werkstück an der Stanze besonders wichtig ist. Dort darf möglichst kein Luftspalt bzw. Spiel sein, so dass das Blech beim Herausziehen des Stempels nicht verkanten kann. Sehr leistungsfähige Stenzen arbeiten deshalb mit stark federnden Niederhaltern, die das Werkstück während des Stanzvorganges zwischen Stanztisch und Niederhalterplatte fest einklemmen.

### 2.1.3 Sägen

Für Edelstahl Rostfrei lassen sich Kreis-, Bügel-, Band- oder Handsägen benutzen. Es sind nur HSS-Sägeblätter zu verwenden. Grobe Zahnung ist für Vollmaterial, feine Zahnung für dünnwandiges Material erforderlich.

Bei normalverzahnten Sägen soll der Keilwinkel  $50^\circ$ , der Schnittwinkel  $90^\circ$  betragen. Bei Hochleistungssägen werden Spanwinkel von  $10$  bis  $12^\circ$  und Freiwinkel von  $6^\circ$  empfohlen. Die beste Schnittgeschwindigkeit liegt zwischen  $7$  und  $10$  m/min. Der Vorschub darf  $25$  mm/min nicht überschreiten. Ausreichende Kühlung ist erforderlich.

Bei den meist dünnen Querschnitten ist sicheres Einspannen wichtig. Bei Hohlprofilen empfiehlt es sich, Füllstücke einzulegen, um ein Durchbiegen und dadurch verursachte ungenaue Sägeschnitte zu vermeiden.

Wird mit der **Handbügelsäge** getrennt, ist das Sägeblatt beim Zurückziehen anzuheben, da es sonst zur Kaltverfestigung kommt. Beim Arbeitshub muss das Sägeblatt dauernd im Eingriff bleiben. Vorzugsweise werden Sägeblätter aus Schnellarbeitsstahl verwendet, und der Sägebügel sollte sehr stabil ausgeführt sein.

**Motorgetriebene Bügelsägen** ergeben größere Schnitttiefen als Handsägen. Geschränkte Blätter mit einer Zahnteilung von  $2$  bis  $3$  mm sind üblich. Auch bei Motorsägen muss das Blatt beim Rückholen abheben.

**Bandsägen** verwendet man gelegentlich zum Sägen von Blechen, zum Besäumen von Flanschen nach dem Tiefziehen und zum Ablängen von Stabstahl und Rohren. Im allgemeinen werden Blätter mit präzisionsgeschränkter Zahnung bevorzugt. Die Bandgeschwindigkeiten liegen bei  $18$  bis  $30$  m/min für Blechdicken oberhalb  $1,5$  mm und bei  $30$  bis  $40$  m/min für dünneres Material. Kaltgewalzte Bleche sollen mit den niedrigeren Schnittgeschwindigkeiten gesägt werden. Die Zähne müssen immer scharf sein und dürfen niemals am Werkstück entlangschleifen, ohne zu schneiden, weil sonst sehr schnell Kaltverfestigung eintritt. Es zahlt sich aus, das breiteste Sägeblatt zu verwenden, das nach dem gewünschten Radius zu schneiden erlaubt.

Durch das **Trennfräsen** oder Kaltkreissägen können größere Längen bis zu  $8.000$  mm gesägt werden.

Zum **Trennen** dünner Profil- oder Rohrabmessungen eignen sich auch handelsübliche Nylon- oder Diamanttrennscheiben.

**Spezialtrennscheiben** für nichtrostende Stähle eignen sich besonders gut für dickwandige Profile und Vollmaterialien.

### 2.1.4 Wasserstrahlschneiden

Das Wasserstrahlschneiden ist ein kaltes, abriebarmes Trennverfahren. Es gibt keine Gefügeveränderung in der Schneidzone. Mit dem dünnen Schneidstrahl steht ein universelles Werkzeug zur Verfügung, mit dem beliebige Konturen geschnitten werden können. Die Schnittkanten sind gratfrei und müssen nicht nachbearbeitet werden.

Dem Hochdruck-Wasserstrahl mit einem Druck von bis zu über  $6.000$  bar wird zum Trennen von nichtrostenden Stählen meist ein abrasives, eisenfreies Schleifgranulat beigemischt. Die Wirkung ist eine Mikrozerspannung, mit der sogar noch über  $150$  mm dicke Profile und Bleche geschnitten werden können. Die Schneidgeschwindigkeit bestimmt dabei die Schnittqualität



**Bild 4:** Mit modernen Wasserstrahlschneidanlagen sind sogar dreidimensionales Schneiden und Schrägschnitte möglich

Blechdicke mm	Schneidgeschwindigkeit m/min	Düsendurchmesser mm	Stromstärke A	Gasmenge m <sup>3</sup> /h
6	5,0	3	300	6,0 N <sub>2</sub>
12	2,5	3	300	6,0 N <sub>2</sub>
25	1,25	4	400	7,0 N <sub>2</sub>
50	0,5	4	400	5,2 Ar + 2,8 N <sub>2</sub>
75	0,4	5	500	5,2 Ar + 2,8 N <sub>2</sub>
100	0,2	5	500	5,2 Ar + 2,8 N <sub>2</sub>

Tabelle 6: Arbeitsbedingungen für das Plasmaschneiden



Bild 5: Das Plasmaschneiden eignet sich besonders für dicke Bleche: Im Unterschnitt sind bis zu 50 mm, im Trockenschnitt bis zu 110 mm möglich



Bild 6: Mit dieser Laserschneidmaschine können zwei Teile gleichzeitig bearbeitet werden – besonders für die Produktion großer Stückzahlen dünner Bleche eine vorteilhafte Lösung. Für das Schneiden dickerer Bleche lässt sich die Laserleistung auch auf einen Schneidkopf konzentrieren

und Wirtschaftlichkeit. Mit modernen Anlagen sind auch dreidimensionales Schneiden und Schrägschnitte möglich. Die Bleche können auch mehrlagig geschnitten werden, wobei darauf zu achten ist, dass alle Tafeln immer sehr gut während des Schneidvorganges am Schneidtisch fixiert sind und nicht zu kleine Teile geschnitten werden.

## 2.2 Thermische Trennverfahren

Trennen mit Sauerstoff-Azetylen-Brennern allein ist nicht möglich.

Beim **Plasmaschneiden** wird Plasma-gas (Argon- oder Stickstoff-Wasserstoff) mittels Lichtbogen zwischen Wolframelektrode und Werkstück erzeugt und tritt durch eine kleine Öffnung am Mundstück des Brenners konzentriert und mit hoher Geschwindigkeit aus. Das geschmolzene Metall wird durch die Schnittfuge geblasen und es entsteht eine scharfe Schnittkante hoher Güte mit einer sehr schmalen Wärmeeinflusszone (WEZ). Bei Computersteuerung lassen sich auch sehr komplizierte Zuschnitte herstellen. In der Regel genügt ein leichtes Nacharbeiten zur Beseitigung von Anlauffarben. Im Unterschnitt können diese minimiert werden und Bleche bis zu 50 mm Dicke getrennt werden, im Trockenschnitt sogar mehr als 100 mm Dicke.

Bleche bis zu 30 mm Dicke können mit dem Laserstrahl getrennt werden, wobei der Laserstrahl so ausgerichtet wird, dass sein Brennfleck etwa 50 µm beträgt. Beim **Laserschneiden**, meist mit Gaslasern auf Kohlendioxidbasis, wird der reaktionsträge Stickstoff als Schneidgas zum Ausblasen eingesetzt. Dadurch wird ein Oxidieren der Schnittkante vermieden und bei dünneren Blechen sind die Schnittkanten, zusätzlich zur Gratfreiheit, frei von Anlauffarben und müssen nicht nachbearbeitet werden. Mit zunehmender Materialdicke allerdings kann es zu Bildung von Schneidgrat kommen, der mechanisch nachbearbeitet werden muss. Die dünnen Schnittfugen verringern Schnittverluste und ergeben senkrechte Schnittkanten, eine minimale wärmebeeinflusste Zone und geringen Wärmeverzug. Mit dieser Schneidtechnik lassen sich feinste

Auswahl geeigneter Stähle		
Stahlsorte		Schwefelgehalt in %
Kurzname	Werkstoffnummer	
Automatenstähle		
X14CrMoS17	1.4104	0,15 bis 0,35
X6CrMoS17	1.4105	
X8CrNiS18-9	1.4305	
Standardstähle mit verbesserter Spanbarkeit		
X5CrNi18-10	1.4301	0,015 bis 0,030
X2CrNi19-11	1.4306	
X2CrNi18-9	1.4307	
X6CrNiTi18-10	1.4541	
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	

Tabelle 7: Auswahl geeigneter nichtrostender Stähle für die spanende Bearbeitung

Strukturen mit sehr spitzen Winkeln und schmalen Stegen erzeugen. Maschineneinstellwerte, Fugenbreite und Schnittgeschwindigkeit sind maschinenabhängig.

Für die Feinwerktechnik wurde ein neues Kombinationsverfahren entwickelt, das einen Wasserstrahl mit 500 bar Druck und 0,1 mm Durchmesser mit einem Nd:YAG-Laser so verbindet, dass der Laserstrahl in dem Wasserstrahl durch den unterschiedlichen Brechungsindex zwischen Wasser und Luft wie in einer Glasfaser geführt wird. So können Folien von 0,1 mm Dicke geschnitten werden.

Gegenüber mechanischen Bearbeitungsverfahren wie Scheren, Stanzen oder Nibbeln bieten das Plasma- und Laserschneiden Vorteile, weil sie keine Kraft auf das Werkstück ausüben. Dadurch wird der Werkzeugverschleiß minimiert und es tritt in der Regel kein Blechverzug auf. Beim Schneiden von vielen kleinen Teilen oder bei sehr komplexen Schneidkonturen ist dies, in Abhängigkeit von den Eigenspannungen des Bleches, allerdings nicht immer ganz auszu-schließen.

### 3 Spanende Formgebung

Allgemein umfasst die spanende Formgebung das Bohren, Gewindec-schneiden, Drehen und Fräsen.

Hierbei gelten für nichtrostende Stäh-le folgende Grundregeln:

- Die Maschinen müssen verwin-dungssteif sein und Kraftreserven (Kaltverfestigung) haben.
- Die Maschinen sollten nur bis etwa 75% der für die Bearbeitung un-gelegter Stähle angegebenen Lei-stung ausgenutzt werden.
- Bei nichtrostenden Duplex-Stählen sind die Schnittkräfte für vergleich-bare Schnitte weitaus höher als bei austenitischen Stählen.
- Um Schwingungen zu vermeiden, müssen Werkzeug und Werkstück starr eingespannt werden und die freie Einspannlänge sollte so kurz und die Unterstüzung so gut wie möglich sein.
- Der Spitzenradius sollte nicht größer als unbedingt nötig sein.
- Die Werkzeuge müssen stets scharf gehalten werden, am besten schleift man sie schon nach, bevor dies nötig zu sein scheint.
- Gute Schmiermittel begünstigen den Schleifvorgang und kühlen die Werkzeuge.
- Die Werkzeuge dürfen niemals auf dem Werkstück drücken oder reiben.
- Die Schnitttiefe muss ausreichen

und die Bearbeitungsschritte müs-sen so organisiert werden, dass stets die vom vorigen Durchgang resultierende kaltverfestigte Schicht vollständig abgetragen wird.

Bei Verwendung von nichtrostenden Automatenstählen mit Schwefel-Zusätzen zwecks leichter Zerspau-nung (z.B. 1.4305) ist auf genügende Korrosionsbeständigkeit für den beab-sichtigten Verwendungszweck zu ach-ten. Für höhere Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit wurden nichtrostende Stähle mit einem gemäß DIN EN 10088 erlaubten, defi-nierten Schwefelanteil für verbesserte Spanbarkeit entwickelt. **Tabelle 7** gibt einen Überblick über nichtrostende Stähle, die für die spanende Formgebung besonders geeignet sind.

Die ferritischen nichtrostenden Stähle können bei sonst gleichen Bedingun-gen mit höheren Schnittgeschwindig-keiten (bis zu 30 %) und größeren Vor-schüben (bis zu 25 %) als die austeni-tischen Edelstähle bearbeitet werden.

Die nichtrostenden Duplex-Stähle mit ihrem austenitisch-ferritischen Gefü-ge sind aufgrund ihrer Festigkeitsei-genschaften schwieriger zerspanbar als austenitische Sorten. Es ist mehr Kraft erforderlich, die Späne sind sehr fest und der Werkzeugverschleiß ent-sprechend höher. Dabei bewegen sich die idealen Schnittbedingungen in einem kleineren Bereich als die der Austenite.

#### 3.1 Bohren

Zum **Bohren** können Spiralbohrer aus Schnellarbeitsstahl verwendet wer-den. Vorteilhafter sind TiN-beschich-tete Werkzeuge.

Die Bohrer müssen exakt geschliffen und immer scharf gehalten werden. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass alle Winkel, Schneidkanten und Hinterschliffe zur Seele symmetrisch sind. Im Allgemeinen liefert ein Spit-zenwinkel von 118° gute Ergebnisse. Beim Bohren dünner Bleche kann man ihn auf 130° bis 140° erhöhen, um die beim Durchbruch auftretenden Kräfte zu verringern. Zusätzlich empfiehlt sich ein Ausspitzen. Der Freiwinkel an der Schneidlippe kann zwischen 15° bei einem Spitzenwinkel von 118°

bzw. 5° bei einem Spitzenwinkel von 140° betragen.

Bei größeren Durchmessern empfiehlt sich das Anschleifen von Spanteilern. Um die Schnittverhältnisse und Spanbildung zu verbessern, ist ein Spitzenwinkel von 130° empfehlenswert: Die abgetrennten Späne sind schmaler als zum Beispiel bei 118° und neigen in der Spankammer nicht so sehr zum Klemmen.

Größere Löcher ab 12 bis ca. 60 mm Durchmesser lassen sich wirtschaftlich, insbesondere in Rohren, mit sogenannten Kronbohrern herstellen.

Tiefe Löcher bohrt man zweckmäßigerweise mit einem kurzen Bohrer vor. Kurbelwellenbohrer mit verstärkter Seele und geringerer Steigung können beim Tieflochbohren nützlich sein. An diesen Bohrern muss die Querschnitte durch Hinterschleifen von den Spannuten her verkleinert werden,

ungefährer Bohrdurchmesser mm	Drehzahl U/min.	Vorschub mm / U
1,5	1250	Von Hand
3,0	800	0,10
4,8	630	0,11
6,0	500	0,125
8,0	400	0,14
9,5	315	0,16
11,0	280	0,18
12,5	250	0,18
14,5	250	0,18
15,5	224	0,20
17,5	200	0,22
19,0	200	0,22
20,0	200	0,25
22,0	180	0,25
24,0	180	0,28
25,0	180	0,28

Tabelle 8: Drehzahlen und Vorschübe für das Bohren austenitischer Edelmstähle (Richtwerte)

damit echte Schneidkanten beiderseits bis zur Mitte hin entstehen. Damit wird die Anpresskraft und fol-

lich die Kaltverfestigung im Kern der Bohrung vermindert.

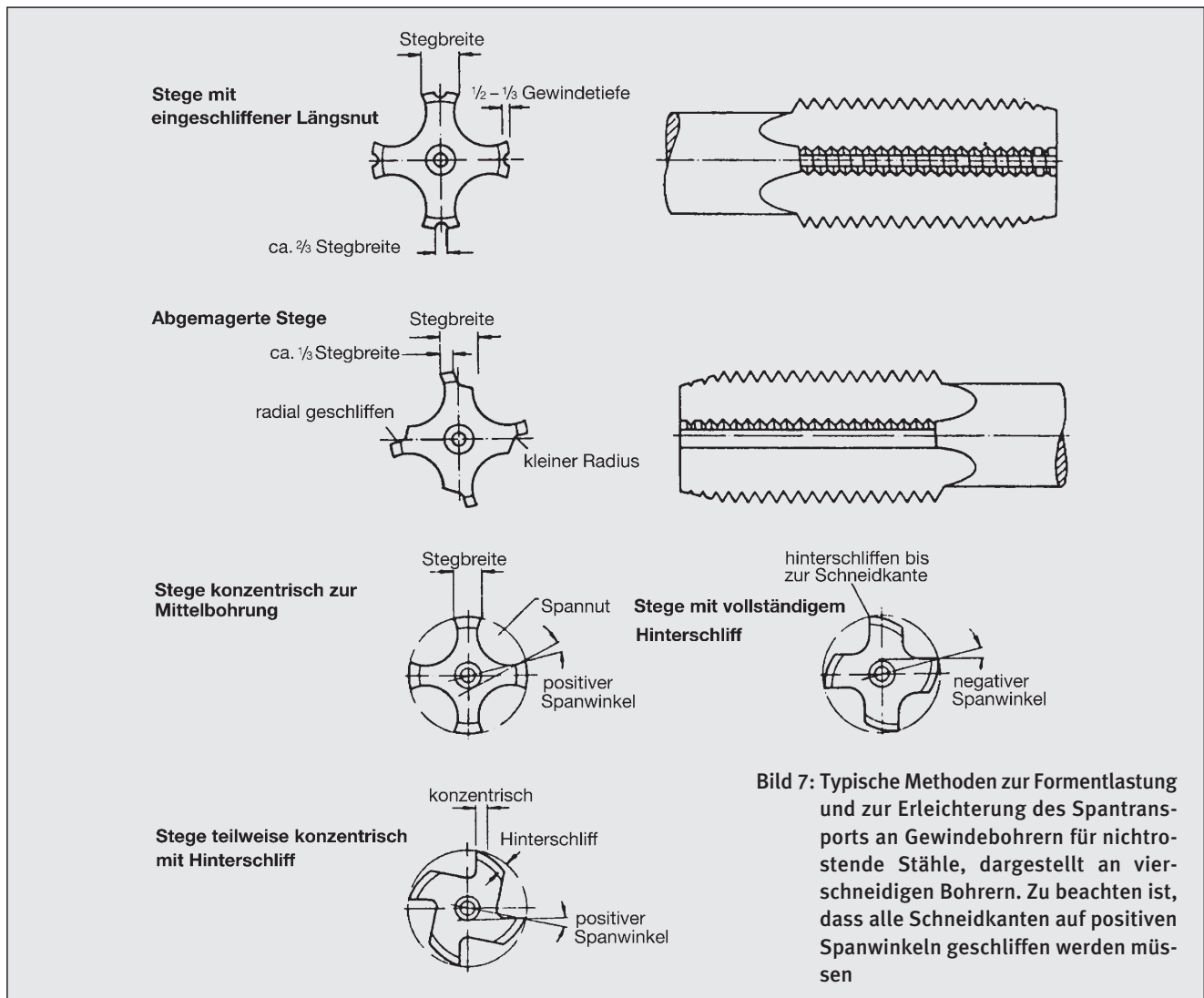


Bild 7: Typische Methoden zur Formentlastung und zur Erleichterung des Spantransports an Gewindebohrern für nichtrostende Stähle, dargestellt an vier-schneidigen Bohrern. Zu beachten ist, dass alle Schneidkanten auf positiven Spanwinkeln geschliffen werden müssen

Es empfiehlt sich, die Bohrzentren nicht anzukörnen, weil die dadurch verursachte Kaltverfestigung beim Anbohren zu Schwierigkeiten führen kann. Am besten arbeitet man mit einem Zentrierbohrer. Nur wenn dies nicht möglich ist, benutzt man einen Dreikantkörner, der jedoch nur leicht angeschlagen werden sollte. Mit Hilfe von Bohrlehren oder Schablonen vermeidet man all diese Schwierigkeiten. Die Bohrbüchsen sollen möglichst kurz sein, damit man mit kurzen Bohrern arbeiten kann.

**Tabelle 8** enthält Richtwerte für Drehzahlen und Vorschübe für das Bohren. Beim Bohren tiefer Löcher müssen diese Geschwindigkeiten gegebenenfalls vermindert werden. Soll kaltverfestigtes Material gebohrt werden, so muss man die Schnittgeschwindigkeit um 20 bis 25 % vermindern.

Bohrer sowie Bohrloch sind gut zu kühlen. Am besten wird das Kühlmittel unter Druck gegeben, da dies die Spanförderung begünstigt. Üblich sind geschwefelte oder emulgierbare Öle; bei größeren Abmessungen können fettige Mineralöle vorteilhaft sein. Auch hier sind wasserlösliche Schmier-Bindemittel wegen der guten Wärmeabfuhr von Vorteil.

### 3.2 Gewindeschneiden

Beim Gewindebohren und -schneiden ist zu beachten, dass die Späne hart und faserig sind und sich der Werkstoff kaltverfestigt.

Vorzugsweise werden die Löcher so weit vorgebohrt, dass sich eine Tiefe der Gewindegänge von etwa 75 % der üblichen Werte ergibt. Ein solches Gewinde ist nur etwa 5 % schwächer als ein Gewinde mit 100 % Gewindegangtiefe, lässt sich aber dafür wesentlich leichter herstellen.

Beträgt die tragende Länge des Gewindes weniger als  $0,5 d$ , dann muss die Tiefe der Gewindegänge voll ausgeschnitten werden. Um die Klemmreibung zu vermindern, sollte – in Abhängigkeit vom Durchmesser – die Bohrung grundsätzlich einige Zehntel Millimeter größer sein. Bei den Gewindebohrern sollte der Anschnitt möglichst um ein bis zwei Gewindegänge verlängert werden.

Um einen guten Spanablauf zu sichern, werden meist dreischneidige Gewindebohrer verwendet. Ist der Durchmesser groß genug, sollten die Gewindebohrer hinterschliften sein. Für das Schneiden kleinerer Gewinde, ca. M2 bis M6, wurden zweischneidige Gewindebohrer entwickelt. Diese haben den Vorteil, dass sie nicht so schnell abbrechen.

**Bild 7** zeigt andere, oft genutzte Möglichkeiten, die schneidenden Stege zwischen den Spannuten schmaler zu machen oder den Spanablauf günstig zu beeinflussen. Die Gewindebohrer sind mit einem positiven Spanwinkel von 15 bis 20° anzuschleifen.

Die Schneideisen der Gewinde-schneidköpfe sollten aus Schnellarbeitsstahl mit TiN-Beschichtung hergestellt sein. Alle Schneidbackenarten lassen sich verwenden, also tangential, radiale, zusammengesetzte und solche aus einem Stück. Der Schnittwinkel der Schneidbacken ist stets positiv und soll für nichtrostende Automatenstähle 10 bis 20°, bei allen übrigen Sorten 20 bis 25° betragen. Eine lange Einlaufschräge mit einer Tiefe von mindestens 3 Gewindegängen ist nützlich, wobei 15° Einlaufwinkel üblich sind. Diese Zahlen sind nur

Richtwerte. Anhand eigener Erfahrungen wird man recht bald den für die jeweilige Aufgabe bestgeeigneten Einlaufwinkel festlegen können. Gewindebohrer mit gestuftem Konus, bei denen jeder Bohrer eine angemessene Schnitttiefe hat, werden zum Gewindebohren mit Maschine oder von Hand in Sack- und Durchgangslöchern empfohlen.

Sind große Serien zu bearbeiten, so lassen sich in Durchgangslöchern, deren Länge kleiner ist als  $2x d$ , Gewinde recht gut maschinell mit Hilfe von Gewindebohrern mit Spiraleinsatz (Kanonenbohrerspitze) einschneiden.

Als Schnittgeschwindigkeiten beim Gewindebohren sind 3 bis 5 m/min vorzusehen. Die Bohrer darf man nur selten abheben, um Kaltverfestigung des Werkstoffs zu vermeiden. Beim Gewindebohren muss immer geschmiert werden. Reichlicher Zufluss von Schmiermitteln, wie geschwefeltem, mit Petroleum verdünntem Mineralöl, begünstigt die Spanabfuhr. Alternativ kann man Bleiweiß-Talg-Pasten u.ä. verwenden.

Selbstöffnende Gewindeschneidköpfe sind für alle Durchmesser zu empfehlen; bei kleineren Durchmessern



**Bild 8:** Drehteile aus Edelstahl Rostfrei





**Bild 9:** Das Fließbohren ist ein geeignetes Verfahren, wenn die Materialstärke nicht ausreicht, um genügend Gewindegänge einzubringen

kann man mit gestuften Schneideisen arbeiten. Die Schnittgeschwindigkeiten liegen bei 2,5 bis 7,5 m/min. Die Schmier- und Kühlbedingungen entsprechen denen für das Gewindebohren.

Reicht die Materialstärke nicht aus, um genügend Gewindegänge einzubringen, ist das **Fließbohren** ein geeignetes Verfahren. Für die Bearbeitung nichtrostender Stähle sollte die Bohrmaschine eine Umdrehungszahl von 1.000 – 4.000 Umdrehungen in der Minute leisten. Das Fließbohren ist für Blech- bzw. Wanddicken von 0,7 bis max. 5,0 mm geeignet. Je dicker das Blech, desto mehr Reibungshitze entsteht. Gängig sind daher Anwendungen bis zu einer Blechdicke von 2,0 mm und einem Lochdurchmesser von 12,0 mm.

Der rotierende Fließbohrer wird unter entsprechendem Druck auf das Bauteil aufgesetzt, wodurch so viel Reibungshitze entsteht, dass das Material weich bzw. verformbar wird. Während des Fließbohrvorgangs entweicht ein Teil des Materials zunächst nach oben. Der größte Teil aber fließt in Vorschubrichtung und bildet eine

Buchse, deren Gesamtlänge bis zum 3-fachen der Ausgangsmaterialstärke beträgt. Diese ohne Spanabnahme entstandene Buchse kann als Lagerstelle dienen, oder es können in einem zweiten Arbeitsschritt jetzt genügend Gewindegänge eingebracht werden, um ein stabiles Gewinde mit hohen Auszugskräften zu erhalten.

### 3.3 Drehen

Alle nichtrostenden Stähle lassen sich auf Drehmaschinen bearbeiten, wenn diese Maschinen schwer genug sind. Werkstück und Werkzeug sind sehr fest einzuspannen; die beweglichen

Teile der Drehbank sollen ein möglichst geringes Spiel aufweisen, damit keine Rattermarken entstehen.

Wegen der hohen Wärmeausdehnung der austenitischen Edelstähle muss bei schweren und langzeitigen Dreharbeiten die Körnerspitze des Reitstocks gelegentlich nachgestellt werden.

Zum Bearbeiten eignen sich Schnellarbeitsstähle, besser Cermets und Hartmetalle. Die Schneiden müssen immer scharf sein, da eine durch stumpfe Werkzeuge verursachte Kaltverfestigung die weitere Verarbeitung sehr erschwert.

Spanbrecherstufen erleichtern den Abtransport der Späne. Eine zu große Spanstauchung ist jedoch zu vermeiden. Aus diesem Grunde empfiehlt sich, bei den Werkzeugherstellern nach speziellen Sorten und Formen für die Bearbeitung nichtrostender Stähle zu fragen.

Zum **Schruppen** und für grobe Arbeiten verwendet man gewöhnliche Drehmeißel gemäß **Bild 10**. Die Schnittkante ist gerade und hat einen Einstellwinkel von 70°.

Bei Werkzeugen aus Schnellarbeitsstahl ist der Spitzenradius so klein wie möglich auszubilden; bei großen Schnitttiefen und bei der Bearbeitung von Schmiedestücken mit starkem Zunder und Oberflächenfehlern lässt sich die Schneidkante durch Anschleifen einer negativen Fase von 5 bis 15° versteifen; Fasenbreite etwa 0,7 x Vorschubgröße. Um die Spanabfuhr zu verbessern, kann der Neigungswinkel der Hauptschneide bis +15° vergrößert werden.

Art der Arbeit	Werkstoff des Werkzeugs	Schnittgeschwindigkeit mm / min	Vorschub mm / U
Schruppen	Schnellarbeitsstahl	8 ... 12	0,4 ... 1,0
	Hartmetall	40 ... 60	0,4 ... 1,0
	Cermet	100 ... 150	0,15 ... 0,3
Schlichten	Schnellarbeitsstahl	15 ... 25	0,1 ... 0,2
	Hartmetall	60 ... 100	0,1 ... 0,4
	Cermet	180 ... 250	0,05 ... 0,2

**Tabelle 9:** Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten für das Drehen austenitischer Edelstähle (Richtwerte)

Zum **Schlichten** eignen sich ebenfalls Werkzeuge aus Schnellarbeitsstahl (Spanwinkel 15 – 20°) oder Hartmetall (Spanwinkel 12 – 15°). Der Neigungswinkel sollte im allgemeinen 0° betragen; er kann bei bestimmten Fällen

leicht positiv gewählt werden, da hierdurch der Spanablauf verbessert wird.

In der Regel eignet sich ein Spitzenradius von 0,8 mm; werden bessere Oberflächengüten gewünscht, sollte

man den Spitzenradius und Vorschub vermindern. Angaben über Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten sind in **Tabelle 9** enthalten.

Damit Werkzeuge und Werkstücke ausreichend gekühlt und geschmiert werden, muss für reichliche Flüssigkeitszufuhr gesorgt werden. Für Schrubarbeiten eignen sich geschwefelte Mineralöle oder Fett-Mineralöl-Gemische, die bei starkem Werkzeugverschleiß mit Petroleum verdünnt werden können. Zum Schlichten genügen in aller Regel wässrige Ölemulsionen. Wasserlösliche Kühlschmiermittel sind wegen ihrer besseren Wärmeabfuhr zu bevorzugen.

### 3.4 Fräsen

Wegen der großen Schnittkräfte, die beim Fräsen auftreten, sind diese Arbeiten auf sehr schweren Maschinen auszuführen. Der tote Gang aller beweglichen Teile muss gering sein, damit keine Rattermarken entstehen.

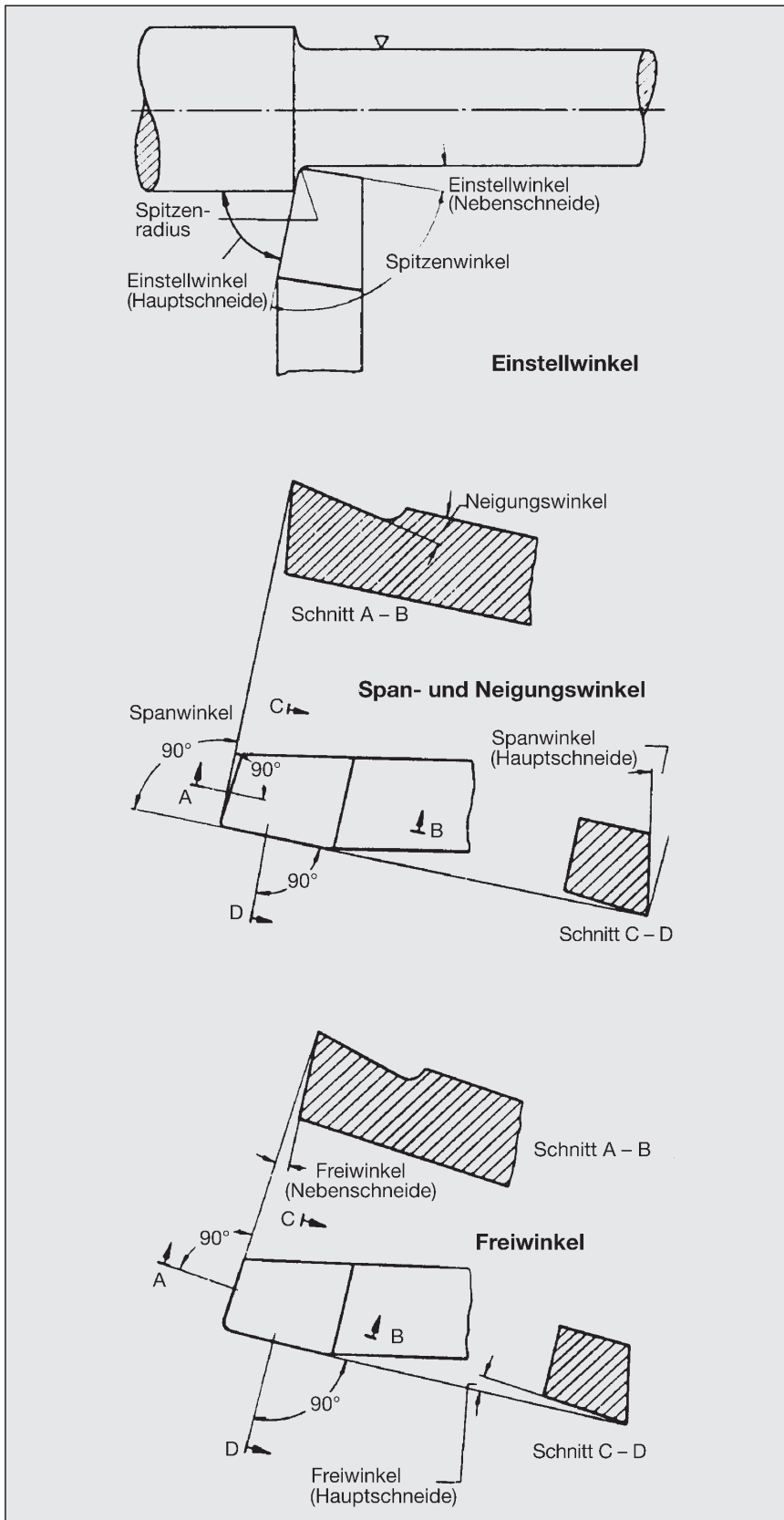
Bei der Bearbeitung zunderfreier Oberflächen ist das Gleichlaufräsen empfehlenswerter. Beim Gegenlaufräsen ist mit größerer Kaltverfestigung zu rechnen.

Am besten geeignet sind Fräser mit stark hinterschlifenen Schneiden und breiten, stark gewendelten Spannuten. Sie werden aus Schnellarbeitsstahl hergestellt, können aber auch mit Hartmetall bestückt sein. Die Zähne haben gewöhnlich einen positiven Schnittwinkel von 10 bis 30° (Neigung gegen den Radius) und sind gegen die Mantellinie um 10 bis 50° geneigt. Üblicherweise sind sie mit 5 bis 10° hinterschliften.

Bei hartmetallbestückten Werkzeugen braucht der Schnittwinkel nicht so stark positiv zu sein. Es wird empfohlen, sich wegen des am besten geeigneten Winkels durch den Hersteller beraten zu lassen.

Nimmt die Zahndicke infolge häufigeren Nachschleifens zu, muss der Hinterschliff erneuert werden, um zu verhindern, dass die Freifläche am Werkstück reibt und so eine Kaltverfestigung verursacht.

Beim Arbeiten mit Fräsern aus Schnellarbeitsstahl sind für nichtrostende



**Bild 10:** Drehmeißel für das Bearbeiten von Edelstahl Rostfrei: Die Schnittkante ist gerade und hat einen Einstellwinkel von 70°



**Bild 11:** Bei der spanenden Bearbeitung, wie hier beim Fräsen einer Fase, muss nach jedem Schnitt die kaltverfestigte Schicht aus dem vorigen Durchgang vollständig abgehoben werden

Stähle in Automatenqualität Schnittgeschwindigkeiten von 15 bis 30 m/min üblich, bei allen übrigen Sorten betragen die Schnittgeschwindigkeiten 10 bis 20 m/min.

Mit Hartmetallfräsern kann man etwas höhere Schnittgeschwindigkeiten erreichen. Die Vorschübe liegen im Allgemeinen bei 0,08 bis 0,30 mm pro Zahn.

Werkstücke und Werkzeugschneiden kühlt man reichlich mit geschwefeltem Mineralöl oder fettigem, geschwefeltem Mineralöl, das mit Petroleum verdünnt ist.

## 4 Spanlose Umformung

Bei der spanlosen Umformung handelt es sich meist um Kaltumformung. Bei austenitischen Edelstählen und bei nichtrostenden Duplex-Stählen tritt dabei eine größere Kaltverfestigung auf als bei unlegierten Stählen.

Nach starken Umformungen wird manchmal festgestellt, dass diese

zuvor unmagnetischen nichtrostenden Stähle (**Tabelle 5**) nun von einem Magneten angezogen werden. Das beruht auf einer teilweisen Umwandlung des austenitischen Gefüges in Verformungsmartensit. Die Korrosionsbeständigkeit wird hierdurch nicht beeinflusst. Durch Wärmebehandlung können sowohl die Verfestigung als auch der Magnetismus wieder abgebaut werden. Das ist aber nur erforderlich, wenn weitere Kaltumformungen erfolgen sollen oder die hohe Festigkeit bzw. Magnetisierbarkeit die weitere Verwendbarkeit einschränken.

Die ferritischen Edelstähle können im geglühten Zustand etwa wie unlegierte Stähle kaltumgeformt werden. Das bedeutet gegenüber den austenitischen Edelstählen geringeren Kraftbedarf, geringere Dehnung und geringere Rückfederung.

Die austenitischen Edelstähle lassen sich gut umformen. Der benötigte Kraftaufwand ist um 50 – 60 % höher als bei unlegiertem Stahl gleicher Festigkeit, auch muss man mit einer stärkeren Rückfederung rechnen.

Blechkanten lassen sich um 180° umlegen. Es ist zu beachten, dass Kaltumformungen Aufrauungen an der Biegekante zur Folge haben können.

Bei ferritischen Edelstählen sind die Werte für Kraftbedarf und Rückfederung vergleichbar zu unlegierten Stählen mit ähnlichen Festigkeitseigenschaften.

### 4.1 Abkanten

Bleche aus austenitischen Edelstählen lassen sich bis 3 mm Dicke mit dem Biegeradius  $r = 0$ , darüber mit  $r = 1/2$  Dicke abkanten.

Bei den ferritischen und austenitisch-ferritischen Edelstählen sind die Biegeradien  $r = \text{Dicke}$ , bei den Flachenerzeugnissen bis zu 3 mm Dicke üblich. Bei dickerem Material sollte  $r = 2 \times \text{Dicke}$  gewählt werden. Engere Radien sind beim Abkanten quer zur Walzrichtung möglich.

Die Abkantwerkzeuge sollten aus gehärtetem Stahl bestehen. Sie sind vor dem Arbeitsgang gut von Rost, Eisenstaub oder anderen Verschmutzungen zu säubern, um Fremdstoffe am Werkstück zu vermeiden. Die freien Kanten sollten gebrochen sein, um unnötige Druckstellen zu vermeiden. Für die Werkzeugoberfläche wird mindestens Feinschliff empfohlen.

Genau wie bei unlegierten Stählen kann man mit prismatischen Abkantwerkzeugen arbeiten. In den letzten Jahren haben die Hersteller von Abkantwerkzeugen gerade bei der Verarbeitung von Edelstahl Rostfrei technologisch sehr große Fortschritte gemacht. Computergesteuerte Abkantpressen können alle erforderlichen Parameter für die Verarbeitung unterschiedlicher nichtrostender Stähle speichern. Mit Laser- und mechanischen Abtastanlagen ausgestattet, wird mit modernen Pressen das Abkanten so perfektioniert, dass Winkelgenauigkeiten von  $\pm 0,3^\circ$  bei kaltgewalzten Blechen möglich sind.

Bewährt haben sich weiche Unterwerkzeuge, wie vorgespannte Gummileisten oder Leisten aus Polyurethan, in die das Blech mit dem Biegeleinal hineingepresst wird. So ist die Gefahr von Oberflächenbeschädigung

gen vermindert; man kann Ausgangsmaterial mit hoher Oberflächengüte verarbeiten und nachträgliche Polierarbeiten vermindern. Ein guter Oberflächenschutz ist das Aufbringen von Kunststoff-Folien auf das Vormaterial.

Auch Profile, die sich aus technischen Gründen nicht rollformen lassen, oder kleine Stückzahlen werden auf Abkantbänken oder -pressen hergestellt.



Bild 12: Bei der spanlosen Bearbeitung, wie hier beim Abkanten, tritt bei nichtrostenden Stählen durch die Kaltverformung in der Regel eine Kaltverfestigung auf

## 4.2 Falzen

Falzverbindungen und Kantenverstärkungen durch Umfalzen können bei nichtrostenden Stählen ebenso gefertigt werden wie bei unlegierten Stählen, man benötigt hierzu jedoch mehr Kraft. Deshalb empfiehlt es sich, mit möglichst dünnem Material zu arbeiten.

Alle Falzausführungen sind herstellbar und dicht. Bei besonderen Anforderungen an die Dichtigkeit der Verbindung kann eine vorherige Rollen-nahtverschweißung sinnvoll sein.

In umgebördelte Kanten lassen sich Verstärkungsdrähte oder -bänder einlegen; diese sollten aber aus demselben nichtrostenden Stahl bestehen wie das verarbeitete Blech.

## 4.3 Rollprofilieren

Nichtrostende Stähle lassen sich gut rollprofilieren. Dabei kann sowohl mit freilaufenden als auch mit angetriebenen Walzen gearbeitet werden.

Am leichtesten lassen sich diese Stähle im weichgeglühten Zustand formen, da dann ihre Dehnung am höchsten und die Dehngrenze am niedrigsten liegt.

Kaltverfestigte Bänder und Bleche nimmt man dann als Ausgangsmaterial, wenn für das fertige Werkstück eine höhere Festigkeit gefordert wird. Für das Kaltprofilieren kaltverfestigter Bänder ist der Kraftbedarf größer als für weichgeglühte Bänder, auch muss die höhere Rückfederung berücksichtigt werden.

Sollen nichtrostende Stähle nur leicht umgeformt werden, lassen sich die gleichen Walzprofile und Werkzeuge verwenden wie bei unlegierten Stählen. Sollen dagegen stärkere Umformungen vorgenommen werden oder ist kaltverfestigtes Material zu verarbeiten, so müssen die Walzen – zum Schutz gegen Verschleiß – eine höhere Oberflächenhärte haben. Außerdem können zusätzliche Führungen erforderlich sein.

Die Walzen sind auf eine hohe Oberflächengüte zu schleifen, ihre Kanten sollen rund sein, und die Führungen müssen sehr sorgfältig konstruiert und ausgeführt werden, um ein Fressen oder Verkratzen der Blechoberfläche zu vermeiden.

Die Walzgeschwindigkeiten reichen von 30 m/min für einfache Profile und dünne weichgeglühte Bänder, bis zu 7,5 m/min für etwa 3 mm dicke Bänder oder für kaltverfestigtes Material. Eine zu hohe Walzgeschwindigkeit kann Überhitzung verursachen und dadurch zu Aufschweißungen führen.

Als Schmiermittel eignen sich die meisten emulgierbaren Öle in starker Verdünnung. Auch Seifenwasser wird häufig verwendet. Treten hohe Walzdrücke auf, so sind Petroleumzusätze günstig.

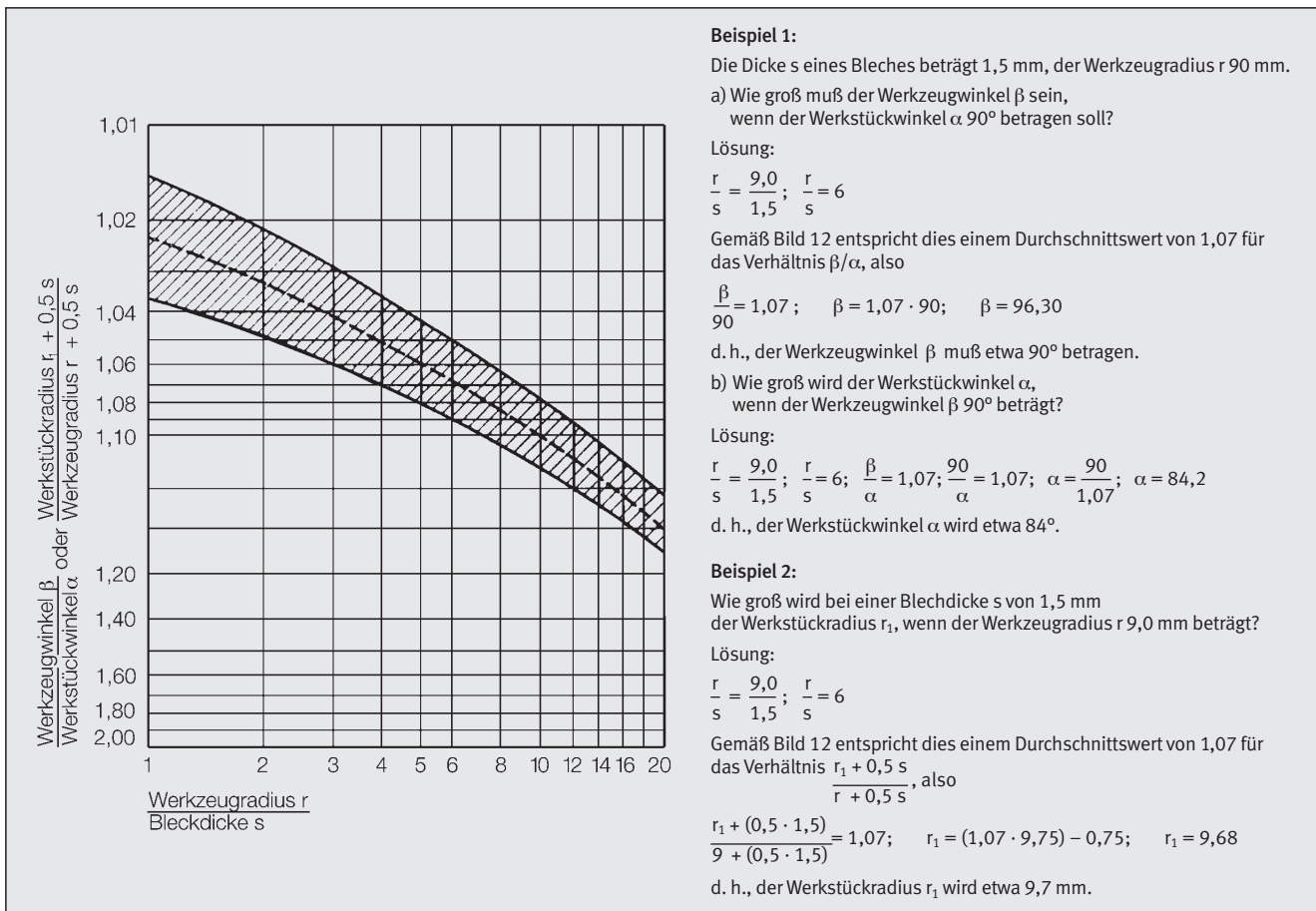
## 4.4 Drücken

Die austenitischen Edelstähle lassen sich wegen ihrer guten Zähigkeit einwandfrei drücken und fließdrücken; infolge ihrer Kaltverfestigung ist jedoch der Kraftaufwand größer als bei unlegierten Stählen. Es eignen sich alle Chrom-Nickel-Stähle für diese Verfahren, wobei Sorten mit niedrigem Kohlenstoff- und relativ hohem Nickelgehalt weniger stark zum Kaltverfestigen neigen. Solche Stähle lassen sich stärker kaltumformen, ehe ein (erneutes) Zwischenglühen notwendig wird.

Das Ausgangsmaterial sollte stets im weichsten Zustand vorliegen. Der Grad der Formänderung, der bis zum nächsten Zwischenglühen erreicht werden kann, ist im Allgemeinen ein Drittel desjenigen, der sich beim Drücken gleichartiger Teile aus unlegierten Stählen erzielen lässt. Durch zu tiefes Drücken entstehen Spannungen, die zum Aufreißen des Werkstücks führen.

Vielfach ist es vorteilhaft, einen Flansch von 25 bis 50 mm Breite bis gegen Ende der Drückarbeiten unverformt stehenzulassen, da hierdurch die Rissneigung vermindert wird.

Die fertig gedrückten Teile müssen unverzüglich geglüht werden, um ein nachträgliches Reißen (Spannungs-



**Bild 13: Beziehungen zwischen Werkzeugradius, Werkzeugwinkel, Radius und Winkel am Werkstück sowie Dicke des Materials beim Biegen weichgeglühter Bleche aus Edelstahl rostfrei**

risse) in stark umgeformten Bereichen zu verhindern.

Drückstempel und Drückrollen werden aus gehärteten Werkzeugstählen oder legierten Gusseisensorten hergestellt. Ihre Formen ähneln den entsprechenden Werkzeugen, die zum Drücken von Kupfer verwendet werden; nur sind sie flacher und haben eine größere Berührungsfläche.

Beim Drücken ist reichlich zu schmieren. Die Schmiermittel müssen vor jedem Zwischenglühen sehr sorgfältig entfernt werden. Dies sollte bei der Auswahl des Schmiermittels bereits bedacht werden. Zwischen dem Reinigen und dem Weichglühen dürfen die Werkstücke nicht mit ungeschützten Händen angefasst werden.

Das Drücken ohne gewollte Wanddickenänderung geschieht genauso wie bei den unlegierten Stählen, nur ist der Kraftbedarf größer. Die Umfangsgeschwindigkeit am Werkzeug sollte beim Bearbeiten des Edelstahl 1.4301 auf etwa 50 bis 75 %, beim Bearbeiten aller anderen Chrom-

Nickel-Stähle auf 35 bis 50 % der für unlegierte Stähle üblichen Geschwindigkeit vermindert werden.

Zum **Fließdrücken** eignen sich die nichtrostenden Stähle (insbesondere der Edelstahl mit der Werkstoffnummer 1.4301) sehr gut; sie ertragen Querschnittsabnahmen bis zu 80 %. Das zylindrische Fließdrücken ist bei den nichtrostenden Stählen nicht direkt aus der Ronde heraus möglich. Es erfordert eine Vorform, die durch Drücken, Tiefziehen, Biegen o.ä. hergestellt sein kann. Durch diese Druckverfahren lassen sich glatte Oberflächen erzeugen.

Die ferritischen Edelstähle haben ein deutlich eingeschränktes Abstreckverhalten und werden dementsprechend üblicherweise nicht für Druckteile eingesetzt.

#### 4.5 Tiefziehen

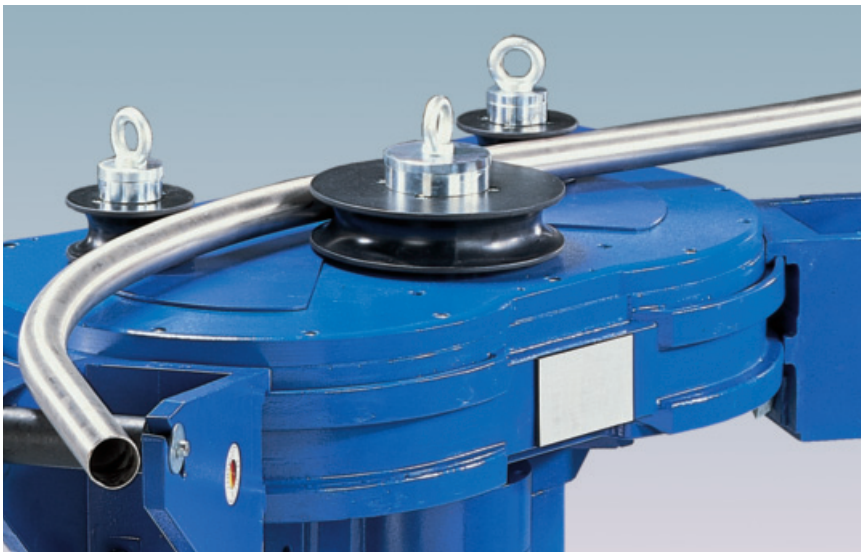
Tiefziehteile lassen sich aus den austenitischen wie ferritischen Edelstählen nach allen bekannten Verfahren herstellen.

Durch Zwischenglühen, die nur bei austenitischen Edelstählen üblich sind, lassen sich sehr hohe Umformungen erreichen. Entsprechend den Umformgraden erfolgt eine Veränderung der Oberflächenstruktur. Das ist beim Zusammenbau mit unverformtem Material zu beachten, wenn hohe Ansprüche an ein einheitliches Aussehen gestellt werden. Durch Oberflächenbearbeitung kann dieses wiederhergestellt werden.

Als Ziehwerkzeuge haben sich Aluminium-Hartbronzen oder Kaltarbeitsstähle (Stähle gemäß Werkstoffnummern 1.2080, 1.2436, 1.2601, 1.2379) bewährt. Nur hochwertige Schmiermittel mit ausdrücklichem Eignungshinweis auf die nichtrostenden Stähle sollten Verwendung finden. Schutzfolien auf dem Vormaterial können bei richtiger Handhabung ebenfalls als gutes Schmiermittel wirken.

#### 4.6 Biegen, Rohrbiegen

Das Biegeverhalten der ferritischen Edelstähle nähert sich weitgehend dem der unlegierten Stähle. Der etwas



Bilder 14 + 15: Mit Walzenbiegemaschinen lassen sich Rohre aller Art in den unterschiedlichsten Radien umformen

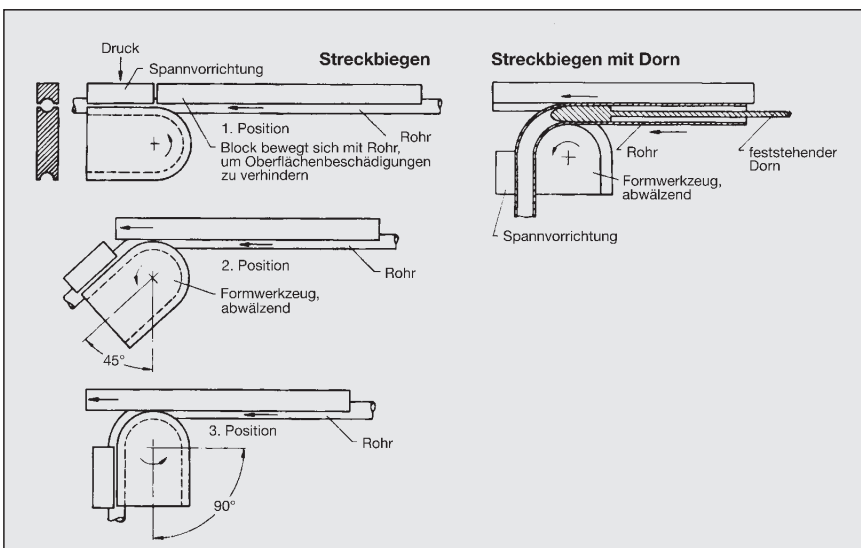


Bild 16: Das Streckbiegen von Rohren kann mit und ohne Dorn erfolgen

höhere Kraftbedarf und die höhere Rückfederung sind zu berücksichtigen. Bei einer Biegung um  $90^\circ$  ist mit einem Plus von ca.  $5^\circ$  zu rechnen. Dickere Bleche (über 12 mm Dicke) sollten beim Biegen auf  $150^\circ\text{C}$  vorgewärmt werden.

Über das Biegen von glatten Blechen aus austenitischen Edelstählen gibt **Bild 13** Anhaltswerte hinsichtlich der Biegeradien, Werkzeugabmessung und Rückfederung.

Allgemein kann man ansetzen, dass der Biegeradius  $0,5 s$  bei Blechen bis zu 12 mm Dicke sein soll. Mit steigender Kaltverfestigung müssen die Radien vergrößert werden.

Das **Walzenbiegen** wird genauso durchgeführt wie bei unlegierten Stählen. Der kleinste Zylinderdurchmesser, der sich auf einer Drei-Walzen-Biegemaschine herstellen lässt, entspricht etwa dem doppelten Durchmesser (für unlegierte Stähle dem ein- einhalbfachen Durchmesser) der Innenwalze.

Das **Biegen von Rohren** erfordert die gleichen Vorsichtsmaßnahmen wie bei unlegierten Stählen. Werden die Rohrwandungen nicht abgestützt, dann sollte der kleinste Biegeradius (bezogen auf die Achse des Rohres) mindestens dem sechsfachen Außendurchmesser entsprechen. Das freie Biegen kann nur für kleinkalibrige oder dickwandige Rohre empfohlen werden.

Auch das **Streckbiegen** lässt sich bei Rohren anwenden. Man vermeidet Verwerfungen, wenn an der Innenseite des Bogens ausreichend hohe Zugspannungen angreifen, so dass dort während des Biegens keine Druckspannungen auftreten.

Füllt man die Rohre vor dem Biegen, so beträgt der kleinste Radius für das freie Biegen etwa das Vierfache des Außendurchmessers, der größte Biege Winkel etwa  $60^\circ$ . Auf Biegevorrichtungen können Rohre zu vollen Kreisen oder Wendeln gebogen werden, deren Biegeradien dem sechsfachen Außendurchmesser des Rohres entsprechen.

Umlaufbiegemaschinen können eingesetzt werden, wenn kleinere Biege-

radien gefordert sind. Wird das Rohr durch einen Dorn von innen abgestützt, so lassen sich zum Beispiel bei Rohren mit 25 mm Durchmesser auf Wanddicken von 1,5 bis 1,0 mm Krümmern mit Biegeradien bis herab zum eineinhalbfachen Außendurchmesser herstellen. Die **Bilder 14 und 15** veranschaulichen das Rohrbiegen.

#### 4.7 Innenhochdruckverformung

Die Innenhochdruckverformung ist ein Verfahren der Hydroumformung und ermöglicht auch ausgefallene Formgebungen und Umformgrade bis 80 %. Mittels Wasserdruck wird bei gleichzeitigem axialen Gegendruck gestaucht und expandiert. Bei Rohren z.B. wird zunehmend die hydrostatische Streckumformung angewandt, bei der mit Wasserdrücken bis 2.500 bar die Rohre an den Enden abgedichtet und gleichzeitig aufgeweitet werden. Die plastische Verformung wird möglich durch das Überschreiten der Streckgrenze. Bleche werden in einer Form expandiert, wobei sie unter einer Matrize fest eingespannt werden.

#### 4.8 Kaltschmieden

Dieses Kaltumformverfahren wird bei nichtrostenden Langprodukten eingesetzt, insbesondere zur Herstellung von kleinen Formteilen aus Stäben und Draht wie z.B. Befestigungsmittel (Schrauben, Muttern, Bolzen, Nieten etc.). Gegenüber der spanenden Formgebung bietet das Kaltschmieden oder Kaltstauchen Vorteile hinsichtlich der Produktion großer Mengen, des Materialerhalts sowie der größeren Festigkeit der Teile aufgrund der Kaltverfestigung. Zwei Verfahren sind gängig, zum einen das Stauchen zur Vergrößerung des Querschnitts, zum anderen das Pressfließen zur Wanddickenverringering.

Folgende Parameter kennzeichnen das Kaltschmieden:

- Die elastische Rückfederung  $S$  entsteht bei Zurücknahme der Last und der daraus resultierenden elastischen Entspannung.  $S$  steigt mit der Fließspannung bzw. mit der Dehnung und ist bei langsamen Schmieden kleiner als beim schnellen Schmieden.

- Die angestrebte Wanddickenänderung  $C$  ist definiert durch das Verhältnis zwischen der Anfangshöhe  $H_0$  und der Endhöhe  $H$ :  
 $C = H_0 / H$
- Es wird unterschieden zwischen theoretischer (CT) und tatsächlicher (Cr) Wanddickenänderung:  
 $Cr = CT / (1 + S)$

In der Praxis liegen die C-Werte in der Regel zwischen 2 und 4. Für Werkstücke, für die hohe C-Werte benötigt werden, sollten Werkstoffe mit höheren Nickel- oder Kupferanteilen und dadurch begrenzter Kaltverfestigung verwendet werden.

Wenn das Verhältnis von Höhe und Durchmesser ( $H/D$ ) größer als 3 ist, können beim Stauchen Instabilität und Knicken auftreten.

## 5 Wärmebehandlung und Warmformgebung

### 5.1 Wärmebehandlung

Das **Weichglühen** dient zum Aufheben der Kaltverfestigung. Während das Glühen der unlegierten und der vergütbaren legierten Stähle aus einem Erwärmen auf erhöhte Temperaturen mit nachfolgendem langsamen Abkühlen besteht, erzielt man ein vollständiges „Weichwerden“ der austenitischen Edelstähle nur durch Erwärmen auf relativ hohe Temperaturen (gewöhnlich 950 – 1.100 °C) mit rascher Abkühlung (Wärmebehandlungszustand „abgeschreckt“). Die ferritischen Edelstähle werden auf 750 bis 800 °C erwärmt und langsam abgekühlt.

Wichtig ist es, die Oberflächen vor dem Erwärmen sorgfältig von allen Öl-, Fett- und Schmutzresten zu reinigen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß eine Haltezeit von 1 min je 2,5 mm Wanddicke ausreicht.

Dünnwandige Werkstücke können an Luft abkühlen. Dickwandige Werkstücke müssen mit Gebläse abgekühlt oder in Wasser abgeschreckt werden. Wärmebehandlungen unter Schutzgas

vermeiden Verzunderungen, so dass Nachbehandlungen zur Wiederherstellung einer zunderfreien Oberfläche entfallen können.

### 5.2 Warmformgebung (Schmieden)

Bei der Warmformgebung sind die geringere Wärmeleitfähigkeit – besonders der austenitischen Edelstähle – und vor allem die höhere Warmfestigkeit gegenüber den unlegierten Stählen zu berücksichtigen. Der Erwärmungsvorgang muss daher langsamer und durchgreifend erfolgen (doppelte Wärmezeit), damit keine Risse entstehen.

Der Schwefelgehalt der Heizgase ist so gering wie möglich zu halten, die Ofenatmosphäre soll immer leicht oxidierend sein. Oberflächenfehler auf den Brammen und Knüppeln sind vorher zu beseitigen, da solche Fehler beim Wärmungsformen nicht verschweißen.

Beim Hammerschmieden erhöht man gegenüber dem unlegierten Stahl die Schlagzahl etwa um 25 %. Beim Gesenkschmieden verringert sich die Lebensdauer der Gesenke um etwa 25 %. Bei Mehrfachgesenken kommt der Gesenkform erhöhte Bedeutung zu, da sie einen gleichmäßigen Fluss des Materials ermöglichen muß.

Die für die einzelnen Qualitäten vorgeschriebenen Schmiedetemperaturen darf man weder über- noch unterschreiten, um Warmrisse und Schälchenbildung bzw. örtliche Spannungen mit Rissbildung zu vermeiden. Sie liegen je nach Sorte zwischen 1.150 und 750 °C.

Langsames Abkühlen nach dem Warmumformen ist (wegen der Gefahr einer Karbidausscheidung im Bereich von 750 bis 600 °C) vor allem dann zu vermeiden, wenn die Teile nicht mehr gegläht werden.

## 6 Schweißen

Die austenitischen Edelstähle lassen sich mit nahezu allen in der Praxis üblichen Verfahren schmelz- und widerstandsschweißen. Nur vom Gasschweißen (Sauerstoff-Azetylen) ist abzuraten.

Im Allgemeinen werden die für unlegierte Stähle vorhandenen Anlagen und Maschinen verwendet.

Die Schweißzusatzwerkstoffe entsprechen weitgehend den Grundwerkstoffen, sind jedoch verfahrensbedingt modifiziert. Ihre Zusammensetzung ist so abgestimmt, dass sie bei ordnungsgemäßer Handhabung ein weitgehend artgleiches, einwandfreies Schweißgut ergeben.

Die ferritischen und austenitisch-ferritischen Edelstähle können grundsätzlich nach den gleichen Verfahren geschweißt werden wie die austenitischen Edelstähle.

Bei Schweißverbindungen unterschiedlicher austenitischer Edelstahlsorten

(z.B. 1.4301 mit 1.4401) genügt im Allgemeinen der für den weniger hoch legierten Grundwerkstoff geeignete artgleiche Schweißzusatzwerkstoff.

Sogenannte „Schwarz-Weiß-Verbindungen“, das sind Schweißverbindungen von nichtrostenden Stählen mit unlegierten und niedriglegierten Stählen, sind möglich. Derartige Verbindungsstellen sind außerhalb des eigentlichen Korrosionsbereichs zu halten oder der für unlegierte Stähle vorgesehene Korrosionsschutz ist bis über den Schweißnahtbereich hinaus aufzubringen.

### 6.1 Schweißbeignung und Vorbereitungen

Geeignete Schweißzusatzwerkstoffe sind in **Tabelle 10** aufgeführt. Über die Schweißbeignung der meist verwendeten nichtrostenden Stähle gibt **Tabelle 11** Auskunft.

Gegenüber den unlegierten Stählen sind für das Schweißen austenitischer Edelstähle folgende Abweichungen zu beachten:

- Der Wärmeausdehnungskoeffizient ist etwa 50 % größer.
- Die Wärmeleitfähigkeit ist etwa 50 % geringer.
- Der elektrische Widerstand ist etwa sechsmal größer.

Diese Unterschiede beeinflussen die Wahl und die Durchführung des Schweißverfahrens. Sie erfordern das Arbeiten mit deutlich niedrigeren Stromstärken.

Bei den austenitischen Edelstählen besteht keine Gefahr der Aufhärtung. Um Verzug und Verzunderung gering zu halten, sollte mit möglichst geringem Wärmeeinbringen geschweißt werden. Damit werden auch schmale Schweißnähte mit engen Anlaufzonen erreicht, die weniger Nacharbeit erfordern.

Es empfiehlt sich, die austenitischen Edelstähle wegen ihres relativ hohen Wärmeausdehnungskoeffizienten vor dem Schweißen ausreichend fest zu spannen. Klammern und Unterlagen aus Kupfer erleichtern das Abfließen der Wärme und begünstigen das Durchschweißen, wenn nur von einer Seite

Grundwerkstoff	Stabelektrode nach DIN EN 1600	Drahtelektroden, Drähte und Stäbe nach DIN EN ISO 14343	Fülldrahtelektroden nach DIN EN ISO 17633
1.4003	19 9 L 18 8 Mn	19 9 L 18 8 Mn	19 9 L 18 8 Mn
1.4301	19 9 19 9 L 19 9 Nb	19 9 L 19 9 Nb	19 9 L 19 9 Nb
1.4307	19 9 L	19 9 L	19 9 L
1.4541	19 9 L 19 9 Nb	19 9 L 19 9 Nb	19 9 L 19 9 Nb
1.4318	19 9 L 19 9 Nb	19 9 L 19 9 Nb	19 9 L 19 9 Nb
1.4401	19 12 2 19 12 3 L 19 12 3 Nb	19 12 3 L 19 12 3 Nb	19 12 3 L 19 12 3 Nb
1.4404	19 12 3 L	19 12 3 L	19 12 3 L
1.4571	19 12 3 L 19 12 3 Nb	19 12 3 L 19 12 3 Nb	19 12 3 L 19 12 3 Nb
1.4539	NiCr22Mo9Nb <sup>1)</sup>	20 25 5 Cu N L NiCr22Mo9Nb <sup>2)</sup>	–
1.4439	18 16 5 N L	18 16 5 N L	18 16 5 N L
1.4362, 1.4462	22 9 3 N L	22 9 3 N L	22 9 3 N L
1.4529	NiCr23Mo16 <sup>1)</sup> NiCr22Mo9Nb <sup>1)</sup>	NiCr23Mo16Cu <sup>2)</sup> NiCr22Mo9Nb <sup>2)</sup>	–
1.4547	NiCr22Mo9Nb <sup>1)</sup>	NiCr22Mo9Nb <sup>2)</sup>	–
1.4565	NiCr19Mo15 <sup>1)</sup>	NiCr20Mo15 <sup>2)</sup>	–

<sup>1)</sup> nach DIN EN ISO 14172:2004-05  
<sup>2)</sup> nach DIN EN ISO 18274:2004-05

Tabelle 10: Zuordnung der Schweißzusätze für nichtrostende Stähle



geschweißt wird. Andernfalls müssen Heftscheidungen – und zwar mehr als bei unlegierten Stählen üblich – vorgenommen werden. Bei dünnen Blechen genügen leichte Heftpunkte im Abstand von 25 bis 50 mm. Bei dickeren Blechen können die Heftscheidungen weiter auseinander liegen, müssen aber stark genug sein, um das Werkstück hinreichend gegen Verzug abzustützen.

Für einwandfreie Schweißungen sind von Zunder und Oxiden befreite, metallisch blanke, glatte und fettfreie, saubere Nahtkanten erforderlich.

Bei den ferritischen Edelstählen weichen die physikalischen Eigenschaften zwar nicht so deutlich von denen der unlegierten Stähle ab, jedoch sind bei diesen Edelstählen im Hinblick auf die Bildung von Chromkarbiden und Grobkorn beim Schweißen das Wärmeeinbringen und die Größe des Schmelzbades möglichst gering zu halten. Bei den Edelstählen 1.4511 und 1.4003 wird die Karbidbildung durch die Stabilisierungselemente Titan bzw. Niob oder durch den niedrigen Kohlenstoffgehalt unterdrückt. Auch bei den austenitisch-ferritischen Edelstählen ist die Wärmeeinbringung zu begrenzen, um Korrosions- und Zähigkeitsverluste oder Rissbildung nach dem Schweißen zu vermeiden.

Werkstoffnummer	Schweißbeignung
1.4301	bis 6 mm Blechdicke bzw. 20mm Durchmesser <sup>1)</sup>
1.4307	ohne Einschränkung
1.4541	ohne Einschränkung
1.4401	bis 6 mm Blechdicke bzw. 20mm Durchmesser <sup>1)</sup>
1.4404	ohne Einschränkung
1.4571	ohne Einschränkung
1.4016	eingeschränkt <sup>2)</sup>
1.4511	ohne Einschränkung
1.4003	ohne Einschränkung
Schwarz-Weiß-Verbindungen sind bei allen Schmelzschweiß-Verfahren möglich	
<sup>1)</sup> Größere Abmessungen erfordern Wärmehinbehandlung (Lösungsglühen)	
<sup>2)</sup> Vorwiegend zum Schweißen mit Verfahren, die ein geringeres Wärmeeinbringen verursachen, wie Punkt- und Rollnahtschweißen; Schweißen mit Zusätzen stellt die Ausnahme dar.	

Tabelle 11 Schweißbeignung

## 6.2 Lichtbogenhand-schweißen mit umhüllter Stabelektrode

Zum Lichtbogenhandschweißen werden Elektroden mit rutilhaltiger oder basischer Umhüllung nach DIN EN 1600 verwendet.

- Elektroden mit rutilhaltiger Umhüllung können mit Gleichstrom oder Wechselstrom geschweißt werden. Diese Elektroden eignen sich für die meisten Verwendungszwecke: Man erzielt eine glattere Oberflächenbildung der Schweißnaht, und die Schlacke lässt sich in der Regel leichter entfernen als bei Nähten mit basisch umhüllten Elektroden.
- Die basisch umhüllten Elektroden werden vorwiegend mit Gleichstrom geschweißt (Elektrode am Pluspol).

Um Porosität der Schweißnaht zu verhindern, müssen die rutilhaltigen Elektroden trocken gelagert und verarbeitet werden. Ggfs. werden die ausgepackten Elektroden vor dem Schweißen ein bis zwei Stunden in einem Elektrodenofen nach Herstellerangaben rückgetrocknet.

Da Stabelektroden keinerlei Hilfsstoffe benötigen und der Lichtbogen weniger windempfindlich ist als bei Schutzgasprozessen, ist das Lichtbogenhandschweißen besonders für Arbeiten auf der Baustelle und für schwer zugängliche Schweißbereiche geeignet.

Die Stromstärke wird den Empfehlungen der Hersteller entsprechend gewählt (etwa 20 % geringer als beim Schweißen unlegierter Stähle). Den Lichtbogen hält man kurz. In **Tabelle 12** sind typische Arbeitsbedingungen genannt.

Beim Zünden des Lichtbogens ist die Elektrode leicht über das Werkstück zu führen, damit sie nicht festklebt. Am besten wird der Lichtbogen nicht auf der Werkstoffoberfläche, sondern in der Fuge gezündet.

Auf die Durchschweißung der Wurzel ist zu achten; eine Kupferunterlage, die aber keinesfalls angeschmolzen werden darf, erleichtert das Durchschweißen. Ggfs. ist das Schweißen einer Gegenlage erforderlich.

Elektroden-durchmesser mm	Stromstärke in A (Gleich- oder Wechselstrom)	
	für Wannen- und Horizontalposition	für Senkrecht- und Überkopfposition
1,5	20... 40	25 ... 40
2	30... 60	35 ... 55
2,5	45... 90	45 ... 65
3,2	70...120	70 ... 95
4	100...160	100 ...125

Tabelle 12: Arbeitsbedingungen für das Metall-Lichtbogen-Schweißen mit umhüllten Elektroden (Richtwerte). Die Empfehlungen der Elektrodenhersteller auf den Paketen sind zu berücksichtigen

Blechdicke mm	Schweißposition	Durchmesser der Wolframelektrode mm	Durchmesser des Zusatzstabes mm	Stromstärke A
≤ 1,5	Wannenposition	1,6	ca. 1,6	70...105
	Senkrecht- oder Überkopfposition	1,6	ca. 1,6	50... 90
> 1,5	Wannenposition	2,4	ca. 2,4	100...150
	Senkrecht- oder Überkopfposition	2,4	ca. 2,4	75...130

Tabelle 13: Arbeitsbedingungen für das WIG-Schweißen von Edelstählen (Richtwerte)

Bei Mehrlagenschweißungen müssen vor dem Aufbringen einer neuen Lage mit Bürsten aus nichtrostendem Stahl oder geeigneten Schleifwerkzeugen (siehe Kap. 11.1) die Schlacken und/oder Anlauffarben der letzten Lage vollständig entfernt werden.

### 6.3 Schutzgasschweißen

#### 6.3.1 Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)

Zum WIG-Schweißen von Hand oder mit automatischen Einrichtungen eignen sich sowohl wasser- als auch luftgekühlte Pistolen. Im allgemeinen wird mit Gleichstrom gearbeitet (Elektrode am Minuspol).

Zum Zünden des Lichtbogens wird dem Schweißstrom ein hochfrequenter Strom überlagert. Dadurch wird verhindert, dass die Elektrode das Werkstück berührt.

Als Schutzgas dient Schweißargon (99,95 %). Zum Erhöhen der Schweißgeschwindigkeit und zur Erzielung glatter Raupenoberflächen können für austenitische Edelstähle beim maschinellen WIG-Schweißen auch handelsübliche Argon-Wasserstoff-Mischgase verwendet werden.

Damit Luft nicht zu den vom Lichtbogen erwärmten Bereichen zutreten kann oder durch Turbulenzbildung an die erwärmten Bereiche herangeführt wird, sind Argon-Durchflussmengen von 6 bis 12 l/min üblich. Bei Arbeiten im Freien sollte der Arbeitsplatz gegen Zugluft abgeschirmt werden.

Um die Wurzel vor Oxidation zu schützen, verwendet man Formiergas oder Schweißargon zur Gegenspülung. Beim Schweißen dünner Bleche unterlegt man zur besseren Wärmeableitung eine Kupferschiene.

Wolframelektroden mit Zusätzen besitzen eine höhere Lebensdauer als Wolframelektroden ohne Zusätze.

Die Schweißpistole wird genauso gehandhabt wie beim Schweißen unlegierter Stähle.

Die Schweißnähte müssen ebenso wie die Heftschweißungen vor dem Weiter-schweißen – auch nach kurzen Unter-

brechungen der Schweißarbeiten – sorgfältig mit Stahlwolle oder Drahtbürsten aus nichtrostendem Stahl von

anhaftenden Oxiden befreit werden. Typische Schweißbedingungen können der **Tabelle 13** entnommen werden.



**Bild 17:** Im Apparate- und Behälterbau ist eine sorgfältige Schweißnahtausführung von besonderer Bedeutung. Das WIG-Schweißen kann von Hand oder mit automatischen Einrichtungen erfolgen



**Bild 18:** Ein alternatives Schweißverfahren ist das Plasmahandschweißen mit und ohne Schweißzusatzwerkstoff

### 6.3.2 Metall-Aktivgas-Schweißen (MAG)

Beim MAG-Verfahren ist je nach Blechdicke das Arbeiten mit Kurz-, Impuls- oder Sprühlichtbogen üblich:

- bis ca. 2,5 mm Kurzlichtbogen
- > 2,5 mm Impulslichtbogen
- < 4 mm Impuls- oder Sprühlichtbogen.

Je nach Anwendungsfall sind Elektroden mit einem Durchmesser zwischen 0,8 und 1,6 mm zu wählen. Üblicherweise wird mit Gleichstrom (Elektrode am Pluspol) gearbeitet.

Für das MAG-Schweißen von Stumpfnähten an Blechen von etwa 6 bis 25 mm Dicke sind erforderlich:

- Gleichstrom-Maschine mit mindestens 400 A (u.U. 600 A)
- Schweißargon mit 1 bis 3 % O<sub>2</sub> oder mit 2,5 % CO<sub>2</sub>
- Vorrichtung zum Spannen der Werkstücke
- Drahtelektroden nach DIN EN ISO 14343.

Auf Sauberkeit von Drahtelektroden und Nahtkanten ist zu achten, da Verschmutzungen das Schweißbad verunreinigen und Poren verursachen können.

### 6.4 Sonstige Schmelzschweißverfahren

Andere Schmelzschweißverfahren eignen sich ebenfalls für nichtrostende Stähle, werden jedoch meistens in Groß- oder Spezialbetrieben und bei Serienfertigung angewendet.

Das **Plasmalichtbogenschweißen** lässt sich für Werkstücke bis 10 mm Dicke mit und ohne Zusatzwerkstoffe einsetzen; die Kanten werden stumpf gestoßen. Das Verfahren wird in der Regel maschinell angewendet und ermöglicht hohe Schweißgeschwindigkeiten. Als Plasma- und Schutzgas werden Argon bzw. Argon-Wasserstoff verwendet. Zunehmend werden vor allem im Apparate- und Behälterbau Plasmahandschweißgeräte eingesetzt.

Das **Mikro-Plasma-Schweißen** eignet sich besonders für sehr dünne Bauteile (Wanddicken von 0,1 bis 1,0 mm), die sich mit dem WIG-Verfahren kaum noch schweißen lassen.

Das **Laserstrahlschweißen** hat sich als automatisierbares Fügeverfahren etabliert. Durch fokussierte Laserstrahlung wird das Metall lokal eng begrenzt aufgeschmolzen und durch Erzeugung einer Dampfkapillare (Key-

hole) ein Tiefschweißeffekt erzeugt. Die erzielten Schweißnähte sowie die Wärmeeinflusszone sind daher sehr schmal, es entsteht kaum thermischer Verzug bei guter Umformbarkeit. Durch die Anwendung von Hochleistungslasern können Blechdicken von 15 mm und mehr verschweißt werden.

Beim **Unterpulverschweißen (UP)** brennt der Lichtbogen zwischen Drahtelektrode (Durchmesser 1,2 – 4 mm, üblicherweise am Pluspol, mit Gleichstrom) und Werkstück verdeckt in einer Schlackenkaverne, die durch Schmelzen des lose aufgeschütteten Pulvers entsteht. UP-Schweißen ist ohne Sondervorrichtung nur in Wannen- oder Horizontalposition möglich.

### 6.5 Widerstandspressschweißen (Punkt- und Rollennahtschweißen)

Da nichtrostende Stähle einen verhältnismäßig hohen elektrischen Widerstand haben, sind zum Widerstandspressschweißen geringere Stromstärken erforderlich als bei unlegierten und niedriglegierten Stählen, etwa 75 % bei austenitischen Edelstählen. Sie eignen sich daher gut für das Schweißen nach diesem Verfahren.

Blechdicke mm	Elektrode		Elektrodenkraft kN	Schweißstromstärke kA	Stromzeit Perioden	Punktdurchmesser mm	Scherzugkraft kN
	Durchmesser d mm	Balligkeitsradius r mm					
0,5	5	75	2,3	4,0	3	2,8	200
1,0	6	75	5,0	7,0	5	4,0	550
1,5	8	100	8,0	9,0	8	5,2	1000
2,0	8	100	9,0	10,5	12	6,9	1500
2,5	10	150	12,0	12,5	14	7,2	1900
3,0	10	150	15,0	15,0	16	7,7	2600

Tabelle 14: Arbeitsbedingungen für das Widerstands-Punktschweißen (Richtwerte)

Blechdicke mm	Rollenelektrode		Elektrodenkraft F kN	Schweißstrom I kA	Stromzeit t <sub>s</sub> Perioden	Strompause t <sub>p</sub> Perioden	Schweißgeschwindigkeit m/min
	Breite B mm	Radius R mm					
0,5	4,0	50	3,3	8,3	unbegrenzt	0	3,0
1,0	5,0	75	5,8	12,8	3	3	1,2
1,5	6,0	75	8,0	14,0	4	3	1,1
2,0	7,0	75	10,7	16,5	4	6	1,1
2,5	8,0	150	12,0	16,6	5	6	1,0

Tabelle 15: Arbeitsbedingungen für das Widerstands-Rollennahtschweißen mit überlappender Naht (Richtwerte)

Wegen des großen Übergangswiderstandes und der hohen Festigkeit der nichtrostenden Stähle müssen die Elektroden stärker angepresst werden. Die Anpresskraft muss eineinhalb- bis zweimal so groß sein als bei unlegierten Stählen. Dies erfordert Widerstandselektroden mit hoher Warmfestigkeit, damit sie sich nicht aufstauchen.

Bei austenitischen Edelstählen empfiehlt es sich, die Elektroden mit Wasser zu kühlen. Auch das Werkstück kann beim Schweißen mit Wasser gekühlt werden.

Die zu schweißenden Flächen müssen sauber und zunderfrei sein. Die **Tabellen 14 und 15** enthalten Richtwerte für das Widerstands-Punkt- und -Rollenahtschweißen.

## 6.6 Bolzenschweißen (WPL)

Beim Bolzenschweißen werden stiftförmige Teile mit flächigen Werkstücken durch Pressschweißen verbunden. Die verschiedenen Bolzenschweißverfahren sind wegen der geringen Schweißzeit und der damit verbundenen geringen Wärmeeinbringung für das Anbringen von Befestigungselementen gut geeignet. Selbst bei 0,8 mm dicken Blechen verursachen auf die Rückseite geschweißte M4-Gewindestifte keine merkliche Beeinträchtigung der Vorderseite.

Die Arbeitsunterlage für die Bleche muss hart und elektrisch nichtleitend sein. Dabei genügt es bei einer Metallunterlage, eine dünne Zwischenlage zur Isolierung aufzulegen.

Um auf der Sichtseite ein Einfallen der Schweißstelle zu vermeiden, empfiehlt es sich, z.B. in der Architektur, bei Blechdicken bis 2,0 mm M4-Gewindebolzen zu verwenden. Richtwerte für Blechdicken bis 2,0 mm:

Bolzen	Lade-Spannung	Feder-druck	Spalt
	V	%	mm
M 4	165	50	2,5

## 6.7 Nachbehandlung von Schweißnähten

Zur Erzielung bester Korrosionsbeständigkeit ist es erforderlich, die Schweißnähte und die beeinflussten Zonen von Schlackenresten, Schweißspritzern, Anlauffarben oder anderen Oxidationsprodukten zu reinigen. Je feiner und glatter die Oberfläche, desto größer ist die Korrosionsbeständigkeit.

### 6.7.1 Mechanische Nachbehandlung

Für das mechanische Nacharbeiten von Schweißnähten werden in der Regel Handschleifmaschinen mit Schleifscheiben oder Schleifsteinen verwendet. Die übliche Körnung liegt hier bei 36, die Umlaufgeschwindigkeit bei 30 m/s. Die Nahtstelle wird dann mit feinerer Körnung (Stufung 80 – 120 – 180) geglättet, sofern nicht ohnehin eine dekorative Oberflächenbehandlung vorgesehen ist (vgl. **Kap. 11.1**).

### 6.7.2 Chemische Nachbehandlung

Zum Entfernen von Anlauffarben und Zunder verwendet man handelsübliche Beizbäder oder Beizpasten. Säurereste dürfen keinesfalls zurückbleiben (besonders nicht bei Spalten und Hohlräumen).

Nach der Beizbehandlung muß mit Wasser kräftig nachgespült werden (vgl. **Kap. 11.2.1**).

# 7 Löten

## 7.1 Hartlöten

Hartlötverbindungen lassen sich mit niedrig schmelzenden Silberloten und zugehörigen Flussmitteln gut durchführen. Es wird mit weicher Flamme gearbeitet; punktförmige Erhitzung bzw. Überhitzung ist zu vermeiden.

Die zu verbindenden Flächen sind chemisch oder mechanisch aufzurauen. Der Lötspalt soll 0,1 mm, die Überlappung mindestens 2 mm betragen. Für das Verbinden von größeren Spaltabständen (ca. 0,5 bis 1,5 mm) werden auch Fugenlötmittel angeboten, die bei guten Festigkeitseigenschaften stabile Lötverbindungen ergeben.

Zum Hartlöten werden Silberlote mit 35 – 56 % Silber eingesetzt. Bei Teilen für die Lebensmittelindustrie dürfen nur cadmiumfreie Silberlote eingesetzt werden.

Die beim Hartlöten entstehenden Anlauffarben müssen durch Beizen oder Bürsten entfernt werden (vgl. **Kap. 11**). Durch ausreichendes Benetzen und geschickte Wärmeeinbringung können Anlauffarben jedoch fast vollständig vermieden werden.

## 7.2 Weichlöten

Nichtrostende Stähle lassen sich gut weichlöten, wenn ein 30 % iges Zinnlot nach DIN EN ISO 9453 verwendet wird und ein Flussmittel nach DIN EN 29454-1 auf Phosphorsäurebasis eingesetzt wird.

Die zu verbindenden Oberflächen müssen gereinigt und metallisch blank gemacht werden. Bei verzinn- oder walzmattierten Oberflächen hingegen dürfen die Zinnschicht oder die Struktur, die als Löthilfe dienen, keinesfalls beschädigt werden, um eine kraftschlüssige Verbindung zu gewährleisten. Da die nichtrostenden Stähle Wärme schlechter leiten als Kupfer oder Eisen, sind örtliche Überhitzungen zu vermeiden. Für den Lötspalt gilt das gleiche wie beim Hartlöten. Die Überlappung soll 6 mm betragen.

Für Hart- und Weichlöten gilt: Bei geschliffenem Material soll die Schleifrichtung in Flussrichtung liegen. Der



**Bild 19: Edelstahl Rostfrei ist auch unter handwerklichen Praxisbedingungen problemlos und ergebnissicher lötlbar**

Lötpalt darf sich in Flussrichtung nicht vergrößern. Er muss konstant sein oder sich leicht verengen.

## 8 Kleben

Für kaltgewalzte Bleche und Bänder ist das Kleben ein gut geeignetes, wärme-armes Fügeverfahren, bei dem keine Anlauffarben entstehen. Es bietet eine Reihe von weiteren Vorzügen wie wärmeisolierende, flächige Verbindung mit günstiger Lasteinleitung und gleichzeitiger elektrochemischer Entkopplung sowie elastische Eigenschaften zur Kompensation thermischer Längenausdehnungen. Man unterscheidet zwischen kalt- (= bei Raumtemperatur) und warm-aushärtenden Klebstoffen (i.d.R. 100 – 200 °C).

Abhängig von den Anforderungen an die Klebverbindung (zu übertragende Kräfte, erwartete Lebensdauer, Umgebungsbedingungen während der Nutzungsphase) ist es erforderlich, eine Oberflächenbehandlung durchzuführen. Hinweise dazu finden sich

in den Datenblättern der Klebstoffe. Anwendungstechnische Beratung der Hersteller und eigene Versuche runden die Absicherung des Klebprozesses ab. Es ist darauf zu achten, dass die zu verklebenden Flächen absolut frei von Schmutz, Fett und Ölrückständen sind. Vielfach ist der Einsatz eines speziellen Haftreinigers angezeigt.

Werden Bleche aus nichtrostendem Stahl verbunden und die Anforderungen hinsichtlich Kraftübertragung und Beständigkeit sind moderat, kommt weitgehend das Kleben bei Raumtemperatur in Betracht. Die hierfür eingesetzten Klebstoffe sind flüssig oder pastös; zweikomponentige Klebstoffsysteme werden mit dem Härter unmittelbar vor Gebrauch gemischt.

**Raumtemperatur härtende Klebstoffe** sind überwiegend Zweikomponentenklebstoffe auf Epoxidharz- oder Polyurethanbasis, die drucklos bzw. mit geringem Druck (Fixierdruck) aushärten. Eine Erhöhung der Temperatur verkürzt, eine Herabsetzung der Temperatur verlängert die Verarbeitungs- und Aushärtezeit. Als Daumenregel

gilt: eine Erhöhung der Verarbeitungstemperatur um 10 °C verkürzt die Topfzeit auf die Hälfte der im Datenblatt angegebenen Zeit.

Die Aushärtezeit der Raumtemperatur härtenden Klebstoffe liegt zwischen 6 Stunden und 7 Tagen. Bei speziellen Klebstoffen wird 40 – 50 % der Endfestigkeit bereits nach 1 – 2 Stunden erreicht. Diese schnellhärtenden Klebstoffe haben jedoch den Nachteil einer sehr kurzen Topfzeit, d.h. sie müssen nach dem Ansetzen der Mischung in kurzer Zeit (3 – 10 Minuten) verarbeitet werden.

Ist man auf eine lange Topfzeit bei gleichzeitig kurzer Aushärtezeit angewiesen, kann der Aushärteprozess durch erhöhte Temperaturen (je nach Klebstoff ca. 60 – 100 °C) beschleunigt werden. Speziell bei der Kombination von nichtrostendem Stahl mit anderen Werkstoffen muss dann berücksichtigt werden, dass die unterschiedliche Wärmeausdehnung zu Spannungen in der Klebschicht führt.

Bei der Klebung von Fassadenelementen, bspw. der Verbindung von nichtrostendem Stahl mit Glas, werden hochwertige elastische ein- oder zweikomponentige Siliconklebstoffe verwendet. Sie zeichnen sich durch eine hohe UV-Beständigkeit aus, sind hitze- und witterungsstabil und verändern ihre Eigenschaften nicht bei Temperaturen zwischen +150 °C und -40 °C. Für die Klebung von Dächern aus nichtrostendem Stahl eignen sich besonders elastische einkomponentige Polyurethanklebstoffe.

Zur Schraubensicherung werden kalt-aushärtende einkomponentige Diacrylsäureester-Klebstoffe eingesetzt, die unter Luftabschluss (anaerob) und bei Kontakt mit Metall aushärten. Ihre Verarbeitung erfolgt als Flüssigklebstoff oder als mikroverkapselte Vorbeschichtung. Es ist wichtig, dass die gesamte Gewindelänge benetzt wird und die Aushärtung des Klebstoffes durch verbliebene Öle und Reinigungssysteme nicht behindert wird. Aufgrund der passivierten Oberfläche des rostfreien Stahls empfiehlt sich die Verwendung eines speziellen Aktivators, der die ansonsten langsame chemische Reaktion des Klebstoffs beschleunigt.

**Warm härtende Klebstoffe** sind entweder einkomponentige Epoxidharz-Klebstoffe, die bei erhöhter Temperatur aushärten, oder Phenolharz-Klebstoffe, die für ihre Reaktion die Kombination von hohem, gleichmäßigem Druck und erhöhter Temperatur (120 – 180 °C) benötigen. Beide Klebstofftypen realisieren eine hohe mechanische Festigkeit und eine hohe Beständigkeit gegenüber Umwelteinflüssen (Temperatur, Feuchtigkeit, Reinigungsmittel, etc.).

Warm härtende Klebstoffe benötigen für die Reaktion Temperaturen im Bereich 100 – 200 °C. Die Aushärtezeiten sind stark abhängig von der Temperatur, siehe dazu die spezifischen Angaben im Datenblatt. Üblicherweise liegt die Aushärtezeit im Bereich weniger Minuten bis zu einer Stunde. Der Einsatz von warm härtenden Klebstoffen kommt in der Regel nur bei einer Serienfertigung in Betracht, da relativ hohe Investitionen für Trockenöfen oder andere Aushärtvorrichtungen erforderlich sind.

**Auftragen des Klebstoffes:** Bei kleinen Teilen bzw. Flächen als Tropfen mit einem Glasstab oder Edelstahlspatel; bei größeren Flächen mit einem Zahnpachtel, wenn es auf gleichmäßigen Auftrag ankommt. Die Größe der Zahnung bestimmt die realisierbare Schichtdicke. Für das Einbringen von Klebstoffen in Fugen und Rillen benutzt man eine Kartuschenpresse. Für das Auftragen von zweikomponentigen Klebstoffen hat sich die Verwendung von speziellen 2K-Kartuschen mit angeflanschem statischen Mischrohr bewährt. Durch sie werden mögliche Fehler bezüglich Mischungsverhältnis und Mischgüte verhindert.

Die erreichbaren Zugfestigkeiten bei einwandfreier Klebung von Blechen aus nichtrostendem Stahl hängen neben der Blechdicke, der Oberflächenbehandlung und der geometrischen Gestaltung der Klebfläche stark vom eingesetzten Klebstoff ab:

Siliconklebstoff	ca. 1-2 MPa
1K-Polyurethanklebstoff	ca. 2-5 MPa
2K-Epoxidharzklebstoff	ca. 5-15 MPa
1K-Epoxidharzklebstoff	ca. 10-25 MPa

Besteht bei geklebten Konstruktionen die Gefahr einer Schälwirkung, so sollten Sicherungsschrauben oder -nieten angebracht werden.

## 9 Nieten

Nietlöcher können gebohrt oder gestanzt werden; hierfür ist ein Aufmaß von 0,4 mm vorzusehen. Bei der Konstruktion und Ausführung ist große Sorgfalt erforderlich, da sich Fehler nicht so einfach korrigieren lassen wie bei unlegierten Stählen. Die Verwendung eines Durchschlages oder eines Dornes ist unzweckmäßig. Vor dem Nieten sind von den Blechen Grate, Späne und Verunreinigungen zu entfernen.

Verwendet werden Voll- und Hohlpopniete aus nichtrostendem Stahl oder NiCu30Fe, wie im Handel erhältlich.

## 10 Druckfügen

Bleche aus nichtrostendem Stahl können nach allen Druckfügeverfahren entsprechend DIN 8593-5 gut verarbeitet werden. Diese verlangen vom Werkstoff in erster Linie gutes Dehverhalten, das die austenitischen Edelstähle in großem Ausmaß besitzen (siehe **Tabelle 4**).

Auch die etwas geringeren Werte der ferritischen Edelstähle genügen, um einwandfreie Verbindungen durch Druckfügen herzustellen. Da die Verbindung durch Kaltpressen hergestellt wird, entsteht bei den austenitischen Edelstahl-Blechen eine hochbelastbare Verbindung.

## 11 Oberflächenbehandlung der Fertigerzeugnisse

Erzeugnisse aus nichtrostenden Stählen müssen in der Regel nach der Herstellung einer Oberflächenbearbeitung unterzogen werden. Dabei entfernt man mit mechanischen oder chemischen Verfahren z.B. durch Strahlen, Schleifen oder Entfetten sowie durch Beizen produktionsbedingte Oberflächenverunreinigungen,

bis die Oberfläche metallisch blank ist. Zu den Produktionsrückständen gehören häufig: Zunder, Anlauffarben, Normalstahlpartikel z.B. als Abrieb von Werkzeugen, Stanzfette und -öle. Diese Verunreinigungen der Oberfläche verhindern, dass sich die in dem Bereich zerstörte Passivschicht (siehe **Kap. 1.1**) neu bildet, was wiederum zu Korrosion an diesen Stellen führen kann.

Werden hohe Anforderungen an das optische Erscheinungsbild gestellt, so sind zwar prinzipiell die gleichen Behandlungen durchzuführen, jedoch kann der notwendige Aufwand sehr unterschiedlich sein. Daher empfiehlt es sich, rechtzeitig eine Absprache über das geforderte endgültige Aussehen herbeizuführen.

### 11.1 Mechanische Oberflächenbehandlung

Beim Schleifen der Oberfläche ist zu beachten, dass die Wärmeleitfähigkeit von austenitischen und austenitisch-ferritischen Stählen geringer ist als bei ferritischen und unlegierten Stählen. Daher darf man nicht mit zu großem Andruck der Schleifwalzen arbeiten, sonst könnte wegen örtlicher Erwärmung das Material anlaufen oder sich verwerfen. Die Schleif- und Strahlmittel müssen eisenfrei sein, um Fremdstoffe zu vermeiden. Für Schleifscheiben, Schleifbänder oder Schleifkorn dürfen also nur eisenoxidfreie Schleifmittel verwendet werden.

Schleifscheiben oder -bänder sowie Strahlmittel, die für Teile aus unlegiertem Stahl verwendet werden, dürfen nicht auch für Edelstahl Rostfrei benutzt werden, da sie Fremdstoffe verursachen.

Für **Fertigschliffe** sind die Kornabstufungen 80 – 120 – 180 – 240, ggf. auch 320 oder noch feinere, üblich. Die Körnung richtet sich oft nach optischen Gesichtspunkten. Je nach gewünschtem Aussehen sind dabei die unterschiedlichen Schleifverfahren (Trocken-, Nass-, Ölschliff) zu berücksichtigen. Für die Bearbeitung großflächiger Teile sind Schleifautomaten üblich. Kräftige und schwingungsfreie Vorrichtungen helfen, Rat- und Marken zu vermeiden.



Das **Polieren** dient dekorativen Zwecken und bewirkt nur einen geringen Materialabtrag. Verwendung finden Poliermaschinen mit Polierscheiben und -pasten, mit denen ein Spiegelglanz erzielt werden kann. Hochglanzpolitur läßt sich nur auf unstabilierten Edelstählen erreichen. Für großflächige Bauteile in der Architektur sind mögliche Reflexionsverzerrungen zu beachten.

Auch durch das **Schwabbeln** wird eine glatte, hochglänzende Oberfläche erzielt. Hierbei werden Baumwoll- oder Filzscheiben, meist in Verbindung mit Polierpasten, eingesetzt, die eine Einebnung der Oberfläche bewirken.

Beim **Bürsten** wird der Oberfläche durch milde Schleifmittel und unter minimalem Materialabtrag eine Struktur verliehen. Dieses Verfahren ist daher ebenfalls nicht zum Entfernen von Zunder, Anlauffarben oder Flugrost geeignet.

Durch **Strahlen** lassen sich matte, nicht richtungsorientierte Oberflächenstrukturen herstellen. Es dürfen nur Glasperlen, Glasbruch, Edelstahlkorn oder eisenfreier Quarzsand verwendet werden. Reste anderer Strahlmittel sind vor dem Strahlen von Edelstahl sorgfältig aus den Strahleneinrichtungen zu entfernen, damit es nicht zu Fremdrost kommen kann. Ebenso sollten die Bauteile vor dem Strahlen von Flugrost befreit werden. Wenn mit der Strahlanlage auch Zunder, Anlauffarben und Normalstahlabrieb entfernt werden soll, ist zu beachten, dass nur nichtmetallisches Strahlgut eingesetzt wird. Denn Edelstahlkorn wird durch Umformmartensit magnetisiert, so dass ein Herausfiltern der eisenhaltigen Zunderreste und anderer Normalstahlverunreinigungen durch Magnetabscheider nicht möglich ist. Damit sammeln sich aber im Strahlkreislauf gerade die eisenhaltigen Verunreinigungen stark an und werden mit den Edelstahlkörnern wieder auf die Oberfläche gehämmert.

Empfehlungen für die verschiedenen Oberflächenbearbeitungen sind in **Tabelle 16** zusammengefasst.



Bilder 20 + 21: Mit Handschleifgeräten lassen sich auch feine Arbeiten wie die Wiederherstellung eines gleichmäßigen Schliffbildes oder das Nacharbeiten von Schweißnähten problemlos durchführen – auch an Rohren und in Gehrungen

Arbeitsfolge / Bezeichnung	Bemerkung	empfohlenes Schleifmittel	Körnung	Umdrehungen 1/min
Vorschleifen	Anfangsoperationen an warmgewalzten Blechen oder glatten Schweißnähten	Expansionswalzen mit Schleifhülsen Schleifscheibe Schleifband	60/80/120	2500  4000
Fertigschleifen	Oberflächengüte im Verfahren 1G oder 2G	Elastische Schleifwalzen Schleifband	120/180/240	900 4000
Feinschleifen zum Satinieren oder Bürsten	Anfangsoperation für kaltgewalztes Blech oder Band	Elastische Schleifwalzen Schleifband	120/180/240	900 3500
Satinieren oder Bürsten	Zum Herstellen eines glatten, matten Seidenglanzes. Die Oberflächengüte hängt von den eingesetzten Schleifmitteln ab gekoppelt mit den einzelnen Arbeitsschritten	Schleifvlies	240/320	900
Feinschleifen zum Spiegelglanzpolieren	Vorbereitungsschritt um die Rautiefe für das Polieren zu minimieren. Das Schleifbild muss stufenweise aufgebaut werden	Elastische Schleifwalzen Schleifscheibe Schleifband	240/400/800/1400	3500  4000
Spiegelglanzpolieren	Stufenweise Herstellung hochglanzpolierter bzw. spiegelglanzpolierter Oberflächen. Zwischen den Arbeitsschritten ist die Oberfläche zu reinigen	Polierscheibe Poliertuch hart Poliertuch weich Polierband	Vorpolierpaste Abglanzpaste	900 - 2500  7000
Strahlen	Herstellen einer matten, nicht richtungsorientierten Oberflächenstruktur	Glasperlen eisenfreier Quarzsand	Verschieden	

Tabelle 16: Empfehlungen für mechanische Oberflächenbearbeitungen

## 11.2 Chemische Oberflächenbehandlung

### 11.2.1 Beizen

Das **Beizen** von nichtrostenden Stählen ist oft eine zwingende Notwendigkeit, um die bei einer Wärmebehandlung entstehenden Zunderschichten oder die sich beim Schweißen bildenden Anlauffarben zu beseitigen und wieder eine metallisch blanke Oberfläche herzustellen, damit die erforderliche Passivschicht wiederhergestellt wird.

Auch Rückstände von Schweißsprit-

zern und Metalloxide, die sich auf der Edelstahloberfläche abgelagert haben, ebenso wie die Bildung von Chromcarbid machen ein Beizen erforderlich.

Für das Beizen von Fertigerzeugnissen oder Halbzeugen kommen folgende Verfahren in Betracht:

- Tauchbeizen
- Sprühbeizen
- Rotationsbeizen
- Umlaufbeizen
- Nahtbeizen (Pinselbeizen)
- Elektrochemisches Beizen

Sie werden von spezialisierten Fachbetrieben im Lohn, oft auch vor Ort mit mobilen Beizanlagen, durchgeführt. Im Metallbau sind das Tauchbeizen, das Nahtbeizen und das elektrochemische Beizen häufig angewandte Verfahren.

Das Beizen kann nur ergebnissicher ausgeführt werden, wenn eine **Vor- und Nachbehandlung** vorgenommen wird. Vor dem Beizen müssen die Oberflächen von allen störenden Substanzen befreit werden, z.B. Schmierölreste, Stäube, Reste von Schutzfolien, Aufdrucke etc.. Nach dem Beizen muss das Beizgut gründlich mit klarem



Badtyp	HNO <sub>3</sub> (50 %) Vol-%	HF Vol-%	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Vol-%	Sonstiges Vol-%	Temperatur °C	Beizzeit min
Klassisch	10 bis 28	3 bis 8	–	0,1 Detergents	15 bis 60	300 bis 20
Nitratfrei	–	3 bis 5	10 bis 25	1 bis 5 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	15 bis 60	300 bis 20

Tabelle 17: Zusammensetzung von Beizbädern

kalten Wasser, üblicherweise mit einem Hochdruckreiniger, abgespült werden. Es sollte auf möglichst spaltfreie Konstruktionen geachtet werden, damit das Beizmittel wieder restlos entfernt werden kann. Ein lokales Überbeizen entsteht auch, wenn das Spülwasser nicht restlos von den Oberflächen abläuft und sich Lachen bilden, die dann austrocknen. Das Spülwasser ist aufzufangen und nach den geltenden gesetzlichen Vorschriften aufzubereiten oder zu entsorgen. Es werden vielfach neue Beizmittel und Verfahren entwickelt, die umwelt-schonend einzusetzen sind.

Das **Tauchbeizen** ist vor allem geeignet zum Beizen von Fertigteilen. Um den Chemikalienverbrauch und die Anlagenkapazität zu optimieren, sind möglichst kurze Beizzeiten wünschenswert. Dadurch wird auch die Gefahr des Überbeizens gemindert, bei dem die Oberfläche so stark angegriffen und aufgeraut wird, dass die Korrosionsbeständigkeit beeinträchtigt wird. Ebenso ist darauf zu achten, dass nicht zu warm gebeizt wird. Eine leichte Temperaturerhöhung bei gleichzeitiger Bewegung des Beizguts kann allerdings eine Verkürzung der Beizzeit bewirken. Allen Beizbädern können Inhibitoren beigegeben werden, die ein Überbeizen verhindern. Je nach Erfordernis sorgen zahlreiche weitere mögliche Zusätze für eine umwelt- und anlagenschonende Optimierung des Beizvorgangs. **Tabelle 17** gibt einen Überblick über gängige Beizbadzusammensetzungen.

Zum Entfernen von Zunder und Anlauf-farben an Schweißnähten, oft auch auf der Baustelle erforderlich, eignet sich das **Nahtbeizen** mit Beizpaste, die mit einem säurefesten Pinsel aufgetragen wird. Beizpasten basieren meist auf Salpetersäure und Flusssäure, die mit inerten, mineralischen Pulvern zu streichfähigen Gemischen verarbeitet werden. Weitere Zusätze vermeiden

die schnelle Antrocknung und ermöglichen eine rückstandsfreie Reinigung.

Mit mobilen Handgeräten kann das Nahtbeizen auch durch **elektrochemisches Beizen** ersetzt werden, das ebenso auf der Baustelle durchgeführt werden kann. Zunächst wird auf dem dazu vorgesehenen Handstempel ein Stück Glasfasergewebe befestigt und dieses in stark verdünnte, die Umwelt nicht schädigende Phosphorsäure getaucht. An eine 24-Volt-Wechselstromquelle angeschlossen, wird dann der Handstempel an der Schweißnaht entlanggeführt, Oxidschicht und Anlauf-farben beseitigt und die Werkstoffoberfläche gleichzeitig passiviert, was vorteilhaft für die Korrosionsbeständigkeit ist.

Das **Passivieren** ist nicht mit dem Beizen zu verwechseln, denn mit dieser Oberflächenbehandlung, meist mit verdünnter Salpetersäure und zwischen 2 und 60 Minuten lang, soll die Erneuerung der Passivschicht nach der Bearbeitung – und ggf. auch nach dem Beizen – unter kontrollierten Bedingungen beschleunigt werden. Dies ist vor allem bei Bauteilen sinnvoll, die sofort nach ihrer Fertigung eingesetzt werden.

### 11.2.2 Elektropolieren

Mit diesem Verfahren lassen sich Oberflächen herstellen, die folgende Vorteile bieten:

- metallisch rein
- Einebnung der Oberfläche und Entgratung
- glänzendes Aussehen mit diffus wirkender Reflexion
- verbesserte Korrosionsbeständigkeit
- leicht zu reinigen

Das Verfahren beruht auf der Elektrolyse, wobei ein Gleichstrom durch eine Lösung aus Schwefelsäure und Orthophosphorsäure fließt, meist zwischen 2 und 20 Minuten lang.

Durch das Elektropolieren wird die Mikrorauigkeit der Werkstoffoberfläche deutlich verringert, so dass Verschmutzungen nicht anhaften. Die Reinigungsfreundlichkeit und die Korrosionsbeständigkeit von Bauteilen wird so maßgeblich erhöht. Für kleinere Bauteile kommen auch mobile Geräte in Frage, größere Teile, auch mit komplizierten Formen, können im Ganzen in das Elektrolysebad getaucht werden. Auch für dünnwandige oder leicht verbiegbare Teile ist dieses Verfahren geeignet. Das Elektropolieren wird auch zum Entgraten eingesetzt.

### 11.2.3 Färben, Ätzen

Das **elektrolytische Einfärben** erzeugt durch eine elektrolytische Behandlung der Passivschicht Interferenzeffekte. Die Oberflächentextur oder -struktur wird nicht verändert, so dass alle in **Kapitel 1.4** aufgeführten Oberflächen-ausführungen eingefärbt werden können. Durch den Einsatz von Schablonen können interessante Effekte erzielt werden, ebenso durch eine reizvolle Strukturierung des Grundmaterials. Es stehen einseitig eingefärbte Bleche in allen gängigen Formaten und zahlreichen Farben – gelbmetallische Töne, rot, grün, blau, schwarz – zur Verfügung. Auch komplette Bauteile können eingefärbt werden, in Abhängigkeit vom Aufnahmevermögen des Elektrolysebades.

Auch durch eine **Titan-Nitrid-Beschichtung** kann eine breite Palette an Farbtönen erzeugt werden, von gelbmetallisch bis hin zu blau, purpur und schwarz.

Die eingefärbten Edelstahl-Bleche lassen sich unter Beachtung der üblichen Vorkehrungen zum Oberflächenschutz (Schutzfolien) schneiden, stanzen, kanten, biegen, drücken und tiefziehen. Die eingefärbten Oberflächen sind korrosionsbeständig, lichtecht und widerstehen Temperaturen bis 200 °C.

Bei höheren Temperaturen, wie sie beim Löt- oder Schweißen entstehen, werden sie zerstört. Bei geschweißten Fertigteilen kann es vorkommen, dass nach dem Einfärben die Schweißnähte sichtbar werden.

Beim **Ätzen** wird durch ein (photo-)chemisches Verfahren die Werkstoffoberfläche leicht aufgeraut und erscheint dadurch matter als die ursprüngliche Oberflächenausführung. Tiefenätzungen eignen sich besonders für Bodenbleche, da sie rutschhemmend wirken. Neben Dessins aus Lagerhaltung ist – mit Hilfe von Siebdruck oder Fotos – jegliche kundenspezifische Gestaltung möglich.

#### 11.2.4 Lackieren

Lackieren ist normalerweise nur für dekorative Zwecke oder für Kennzeichnungen erforderlich.

Da die ferritischen Edelstähle mit rund 11 % Chrom unter atmosphärischen Bedingungen nicht völlig beständig sind, kann deren attraktives Aussehen durch eine Farbbeschichtung sichergestellt werden.

Da die kalthergestellten Erzeugnisse eine besonders glatte Oberfläche, z.B. 2B und 2R (siehe **Tabelle 3**) haben, empfiehlt sich die Verwendung von Primern und/oder ein Aufrauen durch Schleifen oder Strahlen vor dem Lackieren von Edelstahl rostfrei. In allen Fällen wird eine gründliche Entfettung vorausgesetzt.

## 12 Oberflächen- schutz

Für die Verarbeitung werden Bleche aus nichtrostendem Stahl, vor allem wenn sie bereits geschliffen, gebürstet oder gefärbt sind, häufig mit Schutzüberzügen versehen. Das sind meist PE-Folien; PVC sollte man vermeiden.

Je nach der zu erwartenden Beanspruchung während der Umformung können Folien mit unterschiedlicher Klebekraft aufgebracht werden. Die Klebefolien lassen sich bei örtlichen Bearbeitungsvorgängen abziehen und anschließend wieder aufkleben. Auch

nach der Verarbeitung können sie nützliche Dienste als Schutz während der Montage vor Kratzern und Verschmutzungen durch Mörtel, Kalk und Farbe bieten.

Eine über die Erzeugnisbreite partielle Folienbeschichtung kann die Verarbeitung, Konstruktion und Montage vereinfachen, da hier gezielt nur die später relevanten Sichtflächen geschützt werden und sich die Folie später leichter abziehen lässt.

Je nach Beanspruchung können Folien unterschiedlicher Dicke und UV-Beständigkeit aufgebracht werden. Spätestens nach einem halben Jahr sind die Folien wieder abzuziehen. Auch wenn sich der Oberflächenschutz ohne sichtbare Rückstände entfernen lässt, können Spuren des Klebers verbleiben (vgl. **Kap. 13**).

Bleche, die mit Schutzfolie versehen sind, sollte man vor extremen Temperaturen, insbesondere Frost, schützen, denn beim Abziehen der Folie könnten nur sehr schwer zu beseitigende Kleberückstände zurückbleiben.

## 13 Reinigung und Pflege

Während der Bearbeitung kann ein Reinigungsvorgang erforderlich sein, um einwandfreie Oberflächenbearbeitungen vornehmen zu können oder aber schädliche Einflüsse, z.B. bei einer Wärmebehandlung, zu verhindern. Das sind vor allem Entfettungen, die mit den dafür üblichen Mitteln durchgeführt werden.

### 13.1 Grundreinigung

Nach beendeter Bearbeitung oder Montage sollte immer eine Grundreinigung erfolgen. Dazu gehört auch die Entfernung der Schutzüberzüge (siehe **Kap. 12**). Es genügt nicht nur das einfache Abziehen, sondern man muss auch sorgfältig alle Reste des Klebstoffes entfernen. Dies geschieht am besten mit einer warmen Spülmittellösung oder mit Salmiakgeist, auch weiche Kunststoffbürsten können eingesetzt werden.

Farbspritzer lassen sich mit einem Lösungsmittel (Terpentin bei Ölfarben,



**Bild 22:** Die partielle Folienbeschichtung erleichtert auch das spätere Abziehen der Schutzfolie

sonst Benzol, Toluol oder ähnliche Medien) entfernen. Kalk- oder Zementspritzer sollte man möglichst vor Aushärtung mit einem Holzspan abschaben; keinesfalls hierzu Werkzeuge aus normalen Stahl – Spachtel, Stahlwolle und dergleichen – benutzen (Kratzer und Fremdstoff). Die auf Edelstahlanwendungen spezialisierten Reinigungsmittelhersteller bieten hier auch Spezialreiniger an.

Niemals darf Salzsäure – auch nicht als schwache Lösung – verwendet werden. Beim Absäuern von angrenzenden Mauerwerk oder keramischen Bauteilen müssen die Edelstahlf Flächen geschützt werden. Es empfiehlt sich, die Ausführenden dieser Gewerke deutlich darauf hinzuweisen, oder am besten die Abfolge der Arbeiten so zu steuern, dass der Einbau der Edelstahlteile erst nach durchgeführter Kalkschleierentfernung erfolgt.

Bei hartnäckigen Verschmutzungen können hochaktive, jedoch chloridfreie Reinigungsmittel, z.B. auf Phosphorsäurebasis, Anwendung finden, sofern danach ein gründliches Abspülen mit Leitungswasser erfolgt. Fremdstoffpartikel müssen sofort entfernt werden, entweder durch calciumcarbonathaltige Reinigungs- oder Poliermittel oder durch Reiniger auf Zitronensäurebasis. Frische Eisenstäube können mit gesättigter Oxalsäure, die man mit einem weichen Tuch aufträgt und einige Minuten ohne Wischbewegung einwirken lässt, spurlos beseitigt werden. Auch die phosphorsäurehaltigen Spezialreiniger können hier zum Einsatz kommen.

Nach erfolgter Reinigung sollte immer mit klarem, ggf. demineralisiertem Wasser, nachgespült werden und trocken gewischt werden.

### 13.2 Unterhaltsreinigung und Pflege

Wie oft man reinigen sollte, hängt von Stärke und Art der Verschmutzungen und von den Ansprüchen ab, die man an die optische Beschaffenheit der Bauteile aus Edelstahl Rostfrei stellt.

Teile von Eingangshallen und Schau- fenstern wird man ebenso wie das Glas häufiger reinigen. Aber auch Fassadenteile oder Fensterrahmen in

höheren Stockwerken sollten, je nach klimatischen oder atmosphärischen Bedingungen, von Zeit zu Zeit oder regelmäßig gesäubert werden.

Mehr Aufmerksamkeit ist den Stellen zu widmen, die der Regen nicht erreicht bzw. wo sich der Schmutz ablagern kann. Dies gilt insbesondere in Umgebungen mit hohen Chlorid- und Schwefeldioxidkonzentrationen durch Küstennähe, Tausalzverwirbelungen und Industrie- und Autoabgase. Denn hier sind die nichtrostenden Stähle erhöhten Belastungen ausgesetzt und es kann zu bräunlichen Verfärbungen kommen, die sich aber durch phosphorsäurehaltige Reiniger gut wieder entfernen lassen.

Dies lässt sich vermeiden, indem regelmäßig alle paar Monate gereinigt wird. Bei frei bewitterten Flächen genügt in der Regel bei normalen Umgebungsbedingungen eine Reinigung alle paar Jahre.

Im Innen- und Sichtbereich reicht meist die Verwendung von milden Spül- oder Reinigungslösungen aus. Auch spezielle Edelstahl-Sprays kön-

nen eingesetzt werden. Wichtig ist, dass immer in Schliffrichtung gewischt wird und die Flächen anschließend vor dem Trocknen mit möglichst demineralisiertem Wasser gespült werden. Es sollten weiche Tücher eingesetzt werden, um Kratzer zu vermeiden. Spiegelpolierte Oberflächen können mit chloridfreien Glasreinigern behandelt werden. Hartnäckige Verschmutzungen lassen sich mit Kalziumcarbonat-Reinigern (Kalkflecken), Essigsäurelösung im Verhältnis 1:3 auf Wasser oder 10-15 % Phosphorsäurelösung (Kalkrückstände) sowie Alkoholreinigern (Fett) beseitigen. Für Graffiti gibt es Spezialreiniger im Handel.

Bei der Anwendung handelsüblicher Reinigungsmittel sind die Gebrauchsanleitungen genau zu beachten. Für alle Reinigungsmittel gilt, dass sie frei von Chloriden sein sollten.



Bild 23: Auf Reiniger mit Salzsäure, Aktivchlor oder Chlorbleichlaugung sollte aufgrund der Korrosionsgefahr grundsätzlich verzichtet werden

## 14 Weitere Informationen

Die nachstehenden Broschüren werden von der Informationsstelle Edelstahl Rostfrei herausgegeben und können in der jeweils aktuellen Ausgabe in Einzelexemplaren kostenfrei abgerufen werden:

Informationsstelle  
Edelstahl Rostfrei  
Postfach 10 22 05  
D-40013 Düsseldorf  
Fax: (02 11) 67 07-3 44  
Mail: [info@edelstahl-rostfrei.de](mailto:info@edelstahl-rostfrei.de)

Alle Publikationen sowie zahlreiche weitere Informationen zum Werkstoff stehen auch im Internet als Download kostenfrei zur Verfügung:  
[www.edelstahl-rostfrei.de](http://www.edelstahl-rostfrei.de)

- Das **Kleben** von Stahl und Edelstahl Rostfrei (MB 382)
- Was ist **nichtrostender Stahl?** (MB 803)
- Edelstahl Rostfrei – **Eigenschaften** (MB 821)
- **Schweißen** von Edelstahl Rostfrei (MB 823)
- **Beizen** von Edelstahl Rostfrei (MB 826)
- **Korrosionsbeständigkeit** nichtrostender Stähle an der **Atmosphäre** (MB 828)
- Edelstahl Rostfrei in **Kontakt** mit anderen Werkstoffen (MB 829)
- Edelstahl Rostfrei in chloridhaltigen **Wässern** (MB 830)
- Edelstahl Rostfrei in **Schwimmbädern** (MB 831)
- Edelstahl Rostfrei in **Erböden** (MB 833)
- **Weichlöten** von Edelstahl Rostfrei in der Klempnertechnik (MB 836)
- Allgemeine bauaufsichtliche **Zulassung Z-30.3-6** „Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen“ des Deutschen Instituts für Bautechnik (SD 862 + SD 862a)
- **Bauprofile** aus Edelstahl Rostfrei (D 864)
- Edelstahl Rostfrei: **Bänder, Bleche, Streckmetalle, Drahtgewebe** (D 865)
- Nichtrostender **Betonstahl** (MB 866)
- Edelstahl Rostfrei in der Gebäudetechnik: **Abgasanlagen** (MB 867)
- Edelstahl Rostfrei im **Bauwesen**: Technischer Leitfaden (MB 875)
- Edelstahl Rostfrei im **Mauerwerksbau** (MB 876)
- Einsatzbereiche nichtrostender Stähle in der **Umwelttechnik** (D 892)
- Edelstahl Rostfrei für die **Wasserwirtschaft** (MB 893)
- Edelstahl Rostfrei in der **Weinwirtschaft** (MB 910)
- Edelstahl Rostfrei: **Oberflächen** im Bauwesen (D 960)
- Technischer Leitfaden: **Dächer** aus Edelstahl Rostfrei (MB 963)
- Edelstahl Rostfrei für **Dachentwässerung** und Dachzubehör (MB 964)
- **Reinigung** nichtrostender Stähle im Bauwesen (MB 965)
- Mechanische **Oberflächenbearbeitung** nichtrostender Stähle in dekorativen Anwendungen (MB 968)
- Fertigung und Montage von **Konstruktionen** aus nichtrostendem Stahl – allgemeine Hinweise (MB 969)
- **Formgebungsmöglichkeiten** von nichtrostendem Stahl (MB 972)
- Dreidimensionale **Oberflächen** und Strukturen aus nichtrostendem Stahl (D 973)
- **Elektropolieren** nichtrostender Stähle (MB 974)
- **Verarbeitung** nichtrostender **Duplex-Stähle** – Ein praktischer Leitfaden (Fremdpublikation)





Informationsstelle Edelstahl Rostfrei  
Postfach 10 22 05  
40013 Düsseldorf  
[www.edelstahl-rostfrei.de](http://www.edelstahl-rostfrei.de)