



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

M. Hertle

T. Trutzenberg

H. Hofmeister

U. Uhr

B. Kiebusch

Tabellenbuch

Anlagenmechanik Industrie

2. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorfberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 14450

Autoren

Hertle, Markus
Hofmeister, Heinz
Kiebusch, Burkhard
Uhr, Ulrich
Trutzenberg, Tobias

Oberstudienrat
Fachlehrer
Studiendirektor a.D.
Studiendirektor a.D.
Studiendirektor

Steinhart
Gelnhausen
Berlin
Rheinfelden
Essen

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises

Burkhard Kiebusch; StD a.D., Berufsschullehrer Berlin

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Die Angaben in diesem Tabellenbuch nehmen Bezug auf die neuesten Ausgaben der Normblätter und sonstigen Regelwerke. Verbindlich für den Anwender sind jedoch ausschließlich die Normblätter mit dem neuesten Ausgabedatum des DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) selbst. Sie können durch die Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin, bezogen werden.

Inhalte, die auf Verordnungen oder Regelwerken basieren, dürfen nur an Hand der jeweils neuesten Ausgabe der Originalfassung angewendet werden.

Das vorliegende Werk wurde mit aller gebotenen Sorgfalt erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Fakten, Hinweisen und Vorschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

In diesem Buch wiedergegebene Namen und Bezeichnungen dürfen nicht als frei zur allgemeinen Benutzung im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung betrachtet werden.

2. Auflage 2021

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke dieser Auflage sind im Unterricht nebeneinander einsetzbar, da sie bis auf die korrigierten Druckfehler und kleine Normänderungen identisch sind.

ISBN 978-3-7585-1065-6

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2021 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: rkt, 42799 Leichlingen, www.rktypo.com

PER MEDIEN & MARKETING GmbH, Braunschweig, www.per-mm.de

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Media Design Th. Loth, Überlingen und Vattenfall GmbH, Berlin

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Mit der 2. Auflage des **Tabellenbuchs Anlagenmechanik Industrie** erscheint das erfolgreiche Nachschlagewerk für die Berufsgruppe der industriellen Anlagenmechaniker/-innen in überarbeiteter und erweiterter Form.

Insbesondere der Abschnitt Werkstofftechnik wurde aufgrund aktualisierter Normen in vielen Bereichen verändert und den jetzt gültigen Bezeichnungen und Werten angepasst. Völlig neu gestaltet zeigen sich die Seiten über Kunststoff-Erzeugnisse, Korrosionsschutz-Beschichtungssysteme und den Zugversuch. Zusätzlich wurden drei Seiten über Stahlbleche neu aufgenommen.

Im Kapitel Rohrsystemtechnik konnten auf Anregung vieler Nutzer die Themen „Präzisionsstahlrohre mit Schneidringverschraubung“ und „Nichtrostende Stahlrohre mit Pressverbindung“ verwirklicht werden; darüber hinaus drei Seiten zum Dehnungsausgleich warmgehender Rohrleitungen. Ebenfalls neu sind zwei Seiten zur „Montage von Flanschverbindungen“.

Die „Technische Kommunikation“ wurde um die „Kennzeichnung von Rohrleitungen“ und die „Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen“ ergänzt, was auch Rückmeldungen der Leser widerspiegelt.

Da mit der Änderungsverordnung zur Ausbildung in den industriellen Metallberufen vom Juni 2018 der „Digitalisierung der Arbeit dem Datenschutz und der Informationssicherheit“ (Stichwort Industrie 4.0) breiter Raum eingeräumt wurden, ist in der Neuauflage des **Tabellenbuchs Anlagenmechanik Industrie** das Kapitel IT-Management völlig neu eingeflossen.

Die bewährte Gliederung an den „Ausbildungsplänen des Anlagenmechanikers/der Anlagenmechanikerin in den industriellen Metallberufen“ wurde beibehalten, sodass sich das Tabellenbuch weiterhin für die selbstständige Bearbeitung von Projektaufgaben, zur Prüfungsvorbereitung sowie zum Einsatz in den Abschlussprüfungen eignet.

Außerdem stellt das **Tabellenbuch Anlagenmechanik Industrie** ein universelles Nachschlagewerk für alle dar, die im industriellen Anlagen-, Rohrleitungs-, Behälter- und Apparatebau oder bei kommunalen Versorgern tätig sind.

Sommer 2021

Autoren und Verlag

Grundlagen

G

Technische Kommunikation

T
K

Werkstofftechnik

W
T

Rohrsystem- technik

R
S
T

Instandhaltungs- technik

I
T

Anlagentechnik

A
T

Apparate- und Behältertechnik

A
B
T

Schweißtechnik

S
T

G Grundlagen	5	IT Instandhaltungstechnik	251
Allgemeine Grundlagen	6	Grundlagen der Instandhaltung	252
Mathematische Grundlagen	10	Qualitätsmanagement	256
Technische Mathematik	17	IT-Management	264
Naturwissenschaftliche Grundlagen	24	Kalkulation	274
Wärmelehre	34	Schmierstoffe	275
Bauphysik	45	Maschinenrichtlinie	277
Festigkeitslehre	54	Arbeitssicherheit	279
Daten aus Chemie und Umwelt	58	Anschlagmittel	302
		Elektrotechnik	309
		Messtechnik	328
		Regelungstechnik	338
TK Technische Kommunikation	63	AT Anlagentechnik	349
Grundlagen des technischen Zeichnens ...	64	Wärmetauscher	350
Geometrische Grundkonstruktionen	73	Flüssigkeitspumpen	352
Abwicklungen von Blechkörpern	75	Druckerhöhungsanlagen	357
Bauzeichnungen	77	Feuerlösch- und Brandschutzanlagen	361
Kennzeichnung von Rohrleitungen	81	Bohren	367
Angaben in Zeichnungen	89	Befestigungselemente	371
		Verfahrenstechnik	398
WT Werkstofftechnik	95	ABT Apparate und Behältertechnik	409
Stoffwerte	96	Behälter und Apparate	410
Bezeichnungssystem der Stähle	98	Anforderungen an Behälter	411
Bezeichnungssystem der Gusseisen-		Behälterbaugruppen	419
werkstoffe	109	Behälterarten	438
Stahlbleche	113	Apparate	448
Warmgewalzte Stahlprofile	119	Werkstoffe für Behälter	458
Hohlprofile	130	Biegetechnik	467
Bauteile und Erzeugnisse	135		
Wärmebehandlung	138	ST Schweißtechnik	471
Nichteisenmetalle	143	Grundlagen des Schweißens	472
Kunststoffe	149	Schweißnahtvorbereitung	477
Korrosionsschutz	152	Schweißverfahren	484
Werkstoffprüfung	163	Bewertung von Schweißnähten	515
		Schweißerprüfung	516
RST Rohrsystemtechnik	167	Thermisches Trennen	517
Rohre und Rohrverbindungen	168	Arbeitssicherheit beim Schweißen	
Armaturen	202	und Löten	519
Dehnungsausgleich	216	Löten	521
Wärmedämmung	219	Kunststoff-Schweißen	525
Erdverlegter Rohrleitungsbau	227	Kleben	527
		Sachwortverzeichnis	529
		Normenverzeichnis	539
		Quellenverzeichnis	542



Allgemeine Grundlagen	6
Griechisches Alphabet, Römische Ziffern, Mathematische Zeichen, Einheitenvorsätze	6
Basisgrößen und abgeleitete Größen des SI-Systems	7
Abgeleitete Größen mit Einheiten	8
Physikalische Konstanten	9
Mathematische Grundlagen	10
Gleichungen, Umformen von Gleichungen	10
Diagramme, Schaubilder und Tabellen	11
Funktionen, Dreisatzrechnung, Prozentrechnung	12
Zinsrechnung, Zinseszinsrechnung, Runden von Zahlen, Gefälleberechnung	13
Winkelarten, Winkel an geschnittenen Parallelen, Winkelsumme im Dreieck	14
Winkelfunktionen	15
Dreiecksberechnung (Lehrsätze des Pythagoras, Euklid und Heron), Höhensatz	16
Technische Mathematik	17
Flächen	17
Körper	20
Gestreckte Länge, Zusammengesetzte Länge, Teilung von Längen, Teilung auf dem Lochkreis	22
Zusammengesetzte Flächen, Längenbezogene Masse, Flächenbezogene Masse	23
Längenbezogener Inhalt von Rohren und Rohrmantelflächen	23
Naturwissenschaftliche Grundlagen	24
Kräfte	24
Hebel und Drehmoment, Gleichförmige und ungleichförmige geradlinige Bewegung	25
Gleichförmige kreisförmige Bewegung, Mechanische Arbeit und mechanische Energie	26
Mechanische Leistung, Wirkungsgrad	27
Druck, Hydrostatischer Druck, Hydraulische Kraftübertragung	28
Auftrieb, Volumenstrom, Ausflussvolumen, Kontinuitätsgesetz	29
Druckarten in Rohrleitungen, Druckverluste in Rohrleitungen, Pumpenförderdruck	30
Energiegleichung (ohne Reibungsverluste), Gleichung von Bernoulli	31
Gasgesetze	32
Normzustand und spezielle (spezifische, individuelle) Gaskonstante, Mischung idealer Gase	33
Wärmelehre	34
Brennwert und Heizwert	34
Temperaturskalen, Wärmeausdehnung fester und flüssiger Stoffe	35
Wärmemenge	37
Wärmeleistung, Schmelzen und Verdampfen	38
Schmelzen und Erstarren, Verdampfen, Kondensieren und Sublimieren	39
Wärmeübertragung, Wärmeleitung durch ebene und gekrümmte Wände	41
Wärmeabstrahlung	43
Wärmeübergang durch Strahlung und Konvektion	44
Bauphysik	45
Feuchtigkeitsschutz	45
Schallschutz	48
Schallschutzmaßnahmen	51
Brandschutz, Brandverhalten von Baustoffen	52
Festigkeitslehre	54
Normalspannung, Flächenpressung, Scherspannung, Verdrehspannung (Torsion)	54
Biegespannung, Biegebelastungsfälle – Belastung durch Einzelkräfte	55
Dehnung und Längenänderung	56
Spannungs-Dehnungs-Diagramm	57
Daten aus Chemie und Umwelt	58
Chemische Grundbegriffe, Aufbau chemischer Elemente	58
Periodensystem der Elemente	59
Treibhauseffekt, Wasserbeschaffenheit	60
Zentrale Trinkwasserversorgung	61
Wasserhärte	62

G

T
K

W
T

R
S
T

I
T

A
T

A
B
T

S
T



Grundlagen des technischen Zeichnens	64
Normschrift	64
Papierformate	64
Maßstäbe	65
Linienarten in Zeichnungen	65
Projektionen und besondere Darstellungen	66
Normalprojektion	66
Dimetrische Projektion	66
Isometrische Projektion	67
Darstellungsregeln	67
Schnittdarstellungen	68
Maßeintragungen	69
Geometrische Grundkonstruktionen	73
Halbieren einer Strecke, Fällen eines Lotes	73
Konstruktion einer Senkrechten	73
Halbieren eines Winkels, Runden eines Winkels, Konstruktion eines Winkels	73
Teilen einer Strecke, Mittelpunkt eines Kreises bestimmen	74
Tangente an einen Kreis zeichnen	74
Inkreis eines Dreiecks konstruieren	74
Konstruktion eines Sechsecks/Zwölfecks	74
Konstruktion einer Ellipse	74
Abwicklungen von Blechkörpern	75
Zylinder, schräg geschnitten	75
Rohrabzweig, ungleiche Durchmesser und schräg	75
Übergang, quadratisch auf rund	76
Sechskant-Pyramide, schräg geschnitten	76
Bauzeichnungen	77
Planungsstufen und Maßstäbe, Ansichten und Schnitte	77
Linienarten in Bauzeichnungen, Schnittflächen	78
Kennzeichnung des Schnittverlaufs	78
Maßeintragungen	79
Darstellung von Bauteilen, Baumaßtoleranzen	80
Kennzeichnung von Rohrleitungen	81
Sinnbilder für Trinkwasserinstallation	81
Sinnbilder für Abwasseranlagen	83
Sinnbilder für Gasanlagen	84
Ergänzende Sinnbilder für Heizungsanlagen	84
Sinnbilder für Verfahrenstechnik	85
Farbkennzeichnung nach dem Durchflusstoff	88
Isometrische Darstellung von Rohrleitungen	89
Angaben in Zeichnungen	90
Rechteckverteiler, vorgefertigt in thermisch getrennter Ausführung	90
Allgemeintoleranzen	91
Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen	92
Maßtoleranzen für thermische Schnitte	92
Oberflächenprofile und Profilkenngrößen	93
Grafische Symbole für die Oberflächenbeschaffenheit	93

TK

WT

RST

IT

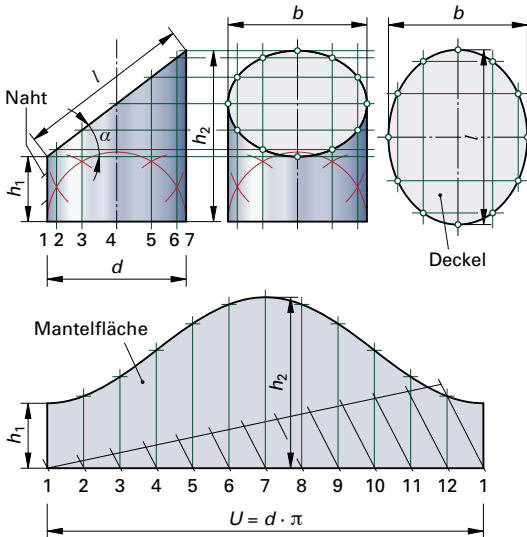
AT

ABT

ST



Zylinder, schräg geschnitten



Konstruktion Seitenansicht SL

1. In Vorderansicht mit Radius r über Teilkreis die Mantellinien einzeichnen.
2. In SL ebenfalls mit 12er-Teilung Mantellinien eintragen.
3. Schnittpunkte aus VA in SL übertragen, Punkte markieren und verbinden.

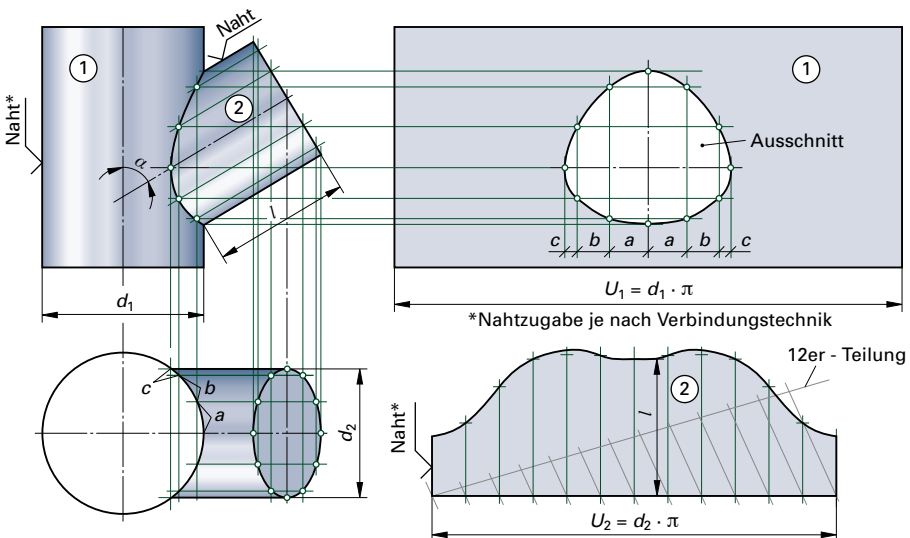
Abwicklung Mantel

1. Umfang über $d \cdot \pi$ berechnen und Gerade zeichnen.
2. U in 12 gleiche Teile zerlegen, siehe Streckenteilung
3. Aus VA die entsprechenden Höhenmaße übertragen. Punkt 1 liegt dort, wo die Längsnaht vorgesehen ist.
4. Schnittpunkte mit den senkrechten Mantellinien markieren und verbinden.

Abwicklung Deckel

1. Achsenkreuz zeichnen.
2. Längenmaße aus VA und Breitenmaße aus SL entnehmen und in Achsenkreuz übertragen.
3. Schnittpunkte verbinden.

Rohrabszweig, ungleiche Durchmesser und schräg



Abwicklung Teil 1, Ausschnitt

1. Umfang über $U_1 = d_1 \cdot \pi$ berechnen und Gerade zeichnen.
2. Mittellinie einzeichnen und Höhenmaße aus VA.
3. Aus der Draufsicht von der Mittellinie Maß a abmessen und übertragen.
4. Maß b aus der Draufsicht von a aus abmessen und in die Abwicklung übernehmen.
5. Gleiches Vorgehen bei Maß c von b aus.

Abwicklung Teil 2, schräger Stutzen

1. Umfang über $U_2 = d_2 \cdot \pi$ berechnen und Gerade zeichnen.
2. Umfang in 12 gleiche Teile zerlegen, siehe Streckenteilung.
3. Aus der Vorderansicht die Längenmaße l übernehmen und in die Abwicklung übertragen.
4. Schnittpunkte miteinander verbinden.

T
K

W
T

R
S
T

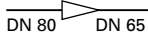
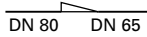
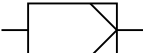
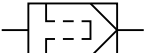
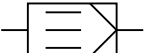
I
T

A
T

A
B
T

S
T



Sinnbilder für Verfahrenstechnik		vgl. DIN EN ISO 10628-2: 2013-04	
Grafische Symbole bei Rohrleitungen			
Fließrichtung 	Eintritt 	Austritt 	Niveaumanzeige 
Steigung  $l = 2\%$	Gefälle  $l = 1:50$	Reduzierung, zentrisch  DN 80 DN 65	Reduzierung, exzentrisch  DN 80 DN 65
Einbauteile in Rohrleitungen			
Schmutzfänger 	Kompensator 	Schauglas, waagrecht 	Schalldämpfer 
Entlüfter 	Trichter 	Flansch 	Kupplung 
Armaturen			
Ventil 	Schieber 	Hahn 	Eckventil 
Dreiwege-ventil 	Rückschlagventil 	Rückschlagklappe 	Absperrklappe 
Armatur mit Sicherheitsfunktion 	Sicherheitsventil in Eckform, federbelastet 	Drosselscheibe 	Kondensatableiter 
Filter			
Luft-/Gasfilter, allg. 	Schwebstofffilter 	Taschenfilter 	Schütttschichtfilter 
Flüssigkeitsfilter, allg. 	Festbettfilter 	Kerzenfilter 	Filterpresse 
Einrichtungen mit rotierenden Teilen			
Pumpe, allgemein 	Kreiselpumpe 	Membranpumpe 	Zahnradpumpe 
Schraubenspindelpumpe 	Hubkolbenpumpe 	Exzentrerschnepumpen 	Hubkolbenpumpe mit Elektromotor 
Verdichter, Kompressor allgemein 	Hubkolbenverdichter 	Radialventilator 	Axialventilator 
Kraft- und Antriebsmaschinen			
Antriebe, allgemein 	Elektromotor 	Verbrennungsmotor 	Getriebe 

T
K

W
T

R
S
T

I
T

A
T

A
B
T

S
T



Farbkennzeichnung nach dem Durchflussstoff

DIN 2403: 2018-10

Die verschiedenen durchfließenden Stoffe müssen durch unterschiedliche Farben auf den Rohrleitungen gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung dient der Sicherheit. Sie hilft bei der Brandbekämpfung sowie bei Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten. Die Farbkennzeichnung weist auch auf Gefahren hin und soll helfen, Unfälle zu vermeiden.

Farbkennzeichnung von Rohrleitungen

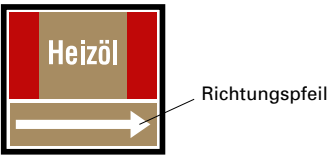
Durchflussstoff	Gruppe	Farbe	Zusatzfarbe	Schriftfarbe und Richtungspfeile
Wasser	1 ¹⁾	grün RAL 6032	–	weiß
Wasserdampf	2	rot RAL 3001	–	weiß
Luft	3	grau RAL 7004	–	schwarz
brennbare Gase	4	gelb RAL 1003	rot RAL 3001	schwarz
nichtbrennbare Gase	5	gelb RAL 1003	schwarz RAL 9004	schwarz
Säuren	6	orange RAL 2010	–	schwarz
Laugen	7	violett RAL 4008	–	weiß
brennbare Flüssigkeiten und Feststoffe	8	braun RAL 8002	rot RAL 3001	weiß
nichtbrennbare Flüssigkeiten und Feststoffe	9	braun RAL 8002	schwarz RAL 9004	weiß
Sauerstoff	0	blau RAL 5005	–	weiß

Grundsätze der Kennzeichnung

Durch die Farbkennzeichnung wird gewährleistet, dass in Notsituationen oder im Brandfall richtig gehandelt werden kann. Durch die Kennzeichnung der Leitungen soll man im Voraus wissen, mit welchen Gefahren zu rechnen ist und welches Löschmittel ggf. eingesetzt werden muss.

- Rohrleitungen müssen an allen wichtigen und gefahrenträchtigen Punkten gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung erfolgt am Anfang, am Ende sowie alle 10 m über die gesamte Länge der Leitung. Außerdem an Armaturen, Wanddurchführungen und Abzweigen.
- Kennzeichnungen müssen dauerhaft und deutlich sichtbar ausgeführt werden. Hierfür sind Schilder, Bänder oder selbstklebende Folien verwendbar. Diese Kennzeichnungen müssen UV-beständig, wasserfest, temperaturbeständig bis 150 °C, kratz- und ritzfest sein.
- Die Durchflussrichtung muss durch einen Pfeil angegeben werden.
- Die Angabe des Durchflussstoffes erfolgt durch Text, chemische Formel oder die Kennzahl. Hinzu kommt bei Gefahrstoffen die Angabe des entsprechenden Warnzeichens.

Beispiele für Farbkennzeichnungen

Durchflussstoff  Warnzeichen	 Richtungspfeil
---	--

¹⁾ Zur Gruppe 1 gehören: Trinkwasser, Rohwasser, Brauchwasser, destilliertes Wasser, Kondensat, Abwasser usw.



Stoffwerte	96
Gasförmige Stoffe, Flüssige Stoffe, Feste Stoffe	96
Bezeichnungssystem der Stähle	98
Nummernsystem für Stähle	98
Definition und Einteilung der Stähle	99
Baustähle für den Metallbau und Stahlbau	105
Korrosionsbeständige Stähle und Maschinenbaustähle	107
Werkzeugstähle, Harte Schneidstoffe	108
Bezeichnungssystem der Gusseisenwerkstoffe	109
Kurznamen und Werkstoffnummern	109
Einteilung der Gusseisenwerkstoffe	110
Gusseisen mit Lamellengrafit, Gusseisen mit Kugelgrafit	111
Temperguss, Stahlguss für allgemeine Anwendungen, Stahlguss für Druckbehälter	112
Stahlbleche	113
Flacherzeugnisse aus Stahl	113
Korrosionsgeschütztes Band und Blech	117
Oberflächenbehandlungen von Blechen	118
Warmgewalzte Stahlprofile	119
Rund-, Vierkant- und Flachstähle	120
U-Stahl	121
T-Stahl und L-Stahl	123
Winkelstahl	124
I-Träger	126
-Stahl	129
Hohlprofile	130
Eigenschaften von Stahl- und Kupferrohren	130
Runde Hohlprofile für den Stahlbau	131
Quadratische und rechteckige Hohlprofile für den Stahlbau	132
Bauteile und Erzeugnisse	135
Mantelflächen von Stahlerzeugnissen	135
Flächen- und längenbezogene Massen von Fertigerzeugnissen	136
Bauelemente aus Stahl (Übersicht)	137
Wärmebehandlung	138
Werkzeugstähle, Einsatzstähle	140
Vergütungsstähle	141
Nitrierstähle, Automatenstähle, Aluminiumlegierungen	142
Nichteisenmetalle	143
Aluminium-Werkstoffe	143
Kupfer, Zink, Blei und ihre Legierungen	146
Längenbezogene Masse von Rohren aus NE-Metallen und Kunststoffen	148
Kunststoffe	149
Übersicht und Kurzzeichen	149
Eigenschaften der Kunststoffe	150
Thermoplastische Halbzeuge für spanende Bearbeitung	151
Korrosionsschutz	152
Korrosion: Begriffe, Grundlagen	152
Korrosionsschutz durch Verzinken	157
Allgemeine Eigenschaften der Grundtypen von Beschichtungsstoffen	159
Werkstoffprüfung	163
Zugversuch (für metallische Werkstoffe)	163
Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy	163
Zerstörungsfreie Prüfverfahren	166

WT

RST

IT

AT

ABT

ST

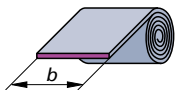


Flacherzeugnisse aus Stahl (Fortsetzung)

Kaltband ohne Überzug aus weichen Stählen zum Kaltumformen

vgl. DIN EN 10139: 2020-06

Kaltband (Rollen)



Kaltband-Rollen sind in folgenden Formaten lieferbar:
 $b < 600$ mm
 Außendurchmesser D bis 1850 mm bei Masse m : 20 kg/mm Bandbreite b .
 Blechdicken: 0,10 mm – 10 mm
 Grenzabmaße und Formtoleranzen sind in DIN EN 10140 festgelegt.

Die Bleche werden im kalt nachgewalzten Zustand mit geölter Oberfläche geliefert. Sie sind für das Schweißen mit allen Standard-Schweißverfahren geeignet. Für die Lieferzustände C290 bis C590 kann beim Schweißen auftretende Erwärmung die mechanischen Eigenschaften und das Gefüge beeinflussen.

Oberflächenbeschaffenheit

Oberflächenart MA	Oberflächenart MB	Oberflächenart MC
Blanke, metallisch reine Oberfläche. Geringfügige Fehler sind erlaubt (z.B. Poren oder leichte Kratzer).	Blanke, metallisch reine Oberfläche. Geringfügige Fehler (z.B. Poren, Riefen und Kratzer) sind nur minimal erlaubt. Mit bloßem Auge darf ein einheitliches glattes Aussehen nicht merklich beeinträchtigt erscheinen.	Blanke, metallisch reine Oberfläche. Geringfügige Fehler (z.B. Poren, Riefen und Kratzer) sind nur in dem Maße erlaubt, dass eine glänzende Oberflächenerscheinung nicht gestört wird.

Oberflächenausführung	Benennung	Mittenrauwert R_a	
glänzend	RN	$\leq 0,2 \mu\text{m}$	Bleche der Oberflächenarten MA und MB werden standardmäßig mit der Oberflächenausführung RL geliefert. Die Oberflächenart MC darf nur mit der Oberflächenausführung RN geliefert werden.
glatt	RL	$\leq 0,6 \mu\text{m}$	
matt	RM	$0,6 \mu\text{m}$ bis $\leq 1,8 \mu\text{m}$	
rau	RR	$\geq 1,5 \mu\text{m}$	

Eigenschaften

Stahlsorte		Geltungs- dauer der Ei- genschaften	Liefer- zustand	Kurz- zei- chen	R_{eL} bzw. $R_{p0,2}$ N/mm ²	R_m N/mm ²	Härte HV		Chemische Zusammen- setzung	
Kurz- name	Werk- stoff-Nr.						min.	max.		
DC01	1.0330	3 Monate	geglüht	A	min. 140	270 – 390	–	105	Die chemische Zusammensetzung der Stahlsorten entspricht den Werten der DIN EN 10130 (S.114)	
			leicht nachge- walzt	LC	min. 140 max. 280 ¹⁾	270 – 410 ¹⁾	–	115 ¹⁾		
			kaltver- festigt	C290	200 – 380	290 – 430	95	125		
				C390 C490 C590	min. 310 min. 420 min. 520	390 – 540 490 – 640 590 – 740	117 155 185	172 200 225		
DC04	1.0338	6 Monate	geglüht	A	min. 140	270 – 350	–	95		
			leicht nachge- walzt	LC	min. 140 max. 210 ^{1), 2)}	270 – 350 ¹⁾	–	105 ¹⁾		
			kaltver- festigt	C290	220 – 325	290 – 390	95	117		
				C390 C490 C590	min. 350 min. 460 min. 560	390 – 490 490 – 590 590 – 690	117 155 185	155 185 215		
DC05	1.0312	6 Monate	leicht nachge- walzt	LC	max. 180 ¹⁾	270 – 330 ¹⁾	–	100 ¹⁾		
DC06	1.0873	unbegrenzt	leicht nachge- walzt	LC	min. 120 max. 170 ¹⁾	270 – 330 ¹⁾	–	–		

¹⁾ Die angegebenen Werte gelten nur für die Oberflächenart MA. Für MB und MC erhöhen sich R_{eL} und R_m um 20 N/mm² und HV um 5 Einheiten.

²⁾ Für Blechdicken $< 1,5$ mm ist $R_{eL} = \text{max. } 235 \text{ N/mm}^2$ zulässig.

Normbezeichnung von Kaltband, mit $t = 2,50$ mm, $b = 350$ mm, mit normalen Grenzabmaßen, entgratete Kanten, Stahl DC04, leicht nachgewalzt, Oberflächenart MB und Oberflächenausführung „glatt“:

Kaltband EN 10140: 2006 – 2,50 × 350 – EK – Stahl EN 10139 – DC04 – LC – MB – RL

Bestellangaben müssen inhaltlich den Anforderungen der DIN EN 10130 entsprechen (S. 114).

WT

RST

IT

AT

ABT

ST



Allgemeine Eigenschaften der Grundtypen von Beschichtungsstoffen

Eignung: + gut ⊕ begrenzt ⊖ schlecht – völlig ungeeignet	Poly- vinyl- chlorid PVC	Chlor- kaut- schuk CR	Acryl- harz AY	Alkyd- Harz AK	Poly- urethan, aroma- tisch PUR, aroma- tisch	Poly- urethan, alipha- tisch PUR alipha- tisch	Ethyl- Zink- silicat ESI	Epoxid- harz EP	Epoxid- harz- Kombi- nation EPC
Farbhaltung und Glanzhaltung	⊕	⊕	+	⊕	⊖	+	–	⊖	⊖

Beständigkeit gegen Wasser und Chemikalien

Häufiges Eintauchen in Wasser	⊕	+	⊕	⊖	⊕	⊖	⊕	+	+
Regen/Kondenswasser	+	+	+	⊕	+	⊕	+	+	+
Lösemittel	⊖	⊖	⊖	⊕	+	⊕	+	+	
Säuren	⊕	+	⊕	⊕	+	⊕	⊖	⊕	+
Säuren (Spritzen)	+	+	⊕	⊕	+	+	⊖	+	+
Alkalien	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊖	+	+
Alkalien (Spritzen)	+	+	⊕	⊕	+	+	⊖	+	+

Beständigkeit gegen trockene Wärme

bis 70 °C	⊖	⊖	⊕	+	+	+	+	+	+
70 °C bis 120 °C	–	–	⊕	+	+	+	+	+	⊕
120 °C bis 150 °C	–	–	⊕	⊖	⊕	⊖	+	⊕	⊕
> 150 °C ≤ 400 °C	–	–	–	–	–	–	+	–	–

Physikalische Eigenschaften

Abriebwiderstand	⊖	⊖	⊖	⊕	+	⊕	+	+	⊕
Schlagfestigkeit	⊕	⊕	⊕	⊕	+	⊕	⊕	+	⊕
Dehnbarkeit	+	+	+	⊕	⊕	+	⊖	⊕	⊕
Härte	⊕	⊕	⊕	+	+	⊕	+	+	+

Korrosionsschutz-Beschichtungssysteme für Stahlbauten vgl. DIN EN ISO 12944-5: 2020-03

Belastung: Korrosivitätskategorie C2 (Landatmosphäre)

Oberflächenvorbereitungsgrad: Sa 2 ½ für Rostgrade A, B, C, D bei unlegiertem Stahl (nach ISO 8501-1)

System-Nr.	Grundbeschichtung				Nachfolgende Beschichtungen	Beschichtungs-system		Schutzdauer			
	Binde-mittel-typ	Art der Grundbe-schichtung ¹⁾	Anzahl der Schichten	Schicht-dicke µm	Bindemittel-typ	Anzahl der Schichten	Schicht-dicke µm	L	M	H	VH
C2.01	AK, AY	div.	1	40... 80	AK, AY	1...2	80	X			
C2.02	AK, AY	div.	1	40...100	AK, AY	1...2	100	X	X		
C2.03	AK, AY	div.	1	60...160	AK, AY	1...2	160	X	X	X	
C2.04	AK, AY	div.	1	60... 80	AK, AY	2...3	200	X	X	X	X
C2.05	EP, PUR, ESI	div.	1	60...120	EP, PUR, AY	1...2	120	X	X	X	
C2.07	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60	–	1	60	X	X	X	

¹⁾ Zn (R) = Zinkstaub; div. = Grundbeschichtungsstoff mit verschiedenen Schutzpigmenten

Bezeichnung eines Beschichtungssystems entsprechend der Systemnummer C2.05 mit Epoxidharz als Binde-mittel in der Grundbeschichtung und Polyurethan in der Deckbeschichtung:

ISO 12944-5/C2.05 – EP/PUR

Auswahlbeispiel: Es soll ein Beschichtungssystem für eine mäßig verunreinigte Stadt- und Industriatmosphäre (Korrosivitätskategorie C3) und 30-jährige Schutzdauer ausgewählt werden (siehe Seiten 154, 155 und 160). Als geeignet können eingesetzt werden: C3.04; C3.07; C3.10

WT

RST

IT

AT

ABT

ST



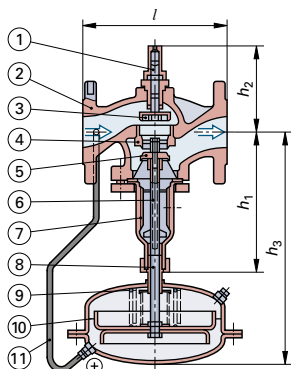
Rohre und Rohrverbindungen	168
Allgemeine Begriffe	168
Wichtige geometrische und physikalische Größen von Rohren und ihre Berechnung	168
Begriffe, Definitionen und Symbole	169
Nahtlose und geschweißte Stahlrohre	170
Ausgewählte Maße von Stahlrohren	171
Formstücke zum Einschweißen	172
Flansche für Rohre und Armaturen	175
Unlegierte Stahlrohre zum Schweißen und Gewindeschneiden	182
Tempergussfittings	183
Präzisionsstahlrohre	186
Schneidringverschraubungen	187
Nichtrostende Stahlrohre	188
Pressverbindungen aus nichtrostendem Stahl	189
Nahtlose Kupferrohre	191
Kapillar-Lötfitings für Kupferrohre	192
Duktile Gussrohre	194
Formstücke aus duktilem Gusseisen	195
Kunststoffrohre aus vernetztem Polyethylen hoher Dichte (PE-X)	197
Rohre aus Polyethylen (PE 100)	198
Elektroschweißfittings (PE 100)	198
Bögen und Winkel aus Polyethylen (PE 100)	199
T-Stücke aus Polyethylen (PE 100)	200
Reduktionen und Vorschweißbunde aus Polyethylen (PE 100)	201
Armaturen	202
Anbohrbrücken mit Anbohrarmaturen	202
Absperrschieber mit Flanschanschluss	203
Absperrventile	204
Kugelhähne	204
Absperrklappen	205
Schmutzfänger	205
Sicherheitsarmaturen	206
Sicherungsarmaturen	210
Regelarmaturen	213
Dehnungsausgleich	216
Kompensation der Längenänderung warmgehender Rohre	216
Wärmedämmung	219
Ausführung von Wärmedämmungsarbeiten und Abstandsmaße	219
Ummantelungen von Wärmedämmungen	222
Werkseitig vorgedämmte Rohrleitungen für Fernheizungen	223
Wärmeverluste für vorgedämmte Rohrleitungen	225
Dämmung von Wärme- und Kälteverteilungsleitungen, Warmwasser- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen	226
Richtwerte für die Dämmung von Kaltwasserleitungen (PWC)	226
Erdverlegter Rohrleitungsbau	227
Versorgungssysteme	227
Begriffe für Versorgungssysteme	229
Werkstoffe für Versorgungssysteme	230
Formstücke für Versorgungssysteme	238
Armaturen für Versorgungssysteme	239
Entsorgungssysteme	241
Werkstoffe für Entsorgungssysteme	243
Leitungsteile für Entsorgungssysteme	244
Bodenmechanik	245
Grabenbau	246
Verkehrssicherung	250



Regelarmaturen (Fortsetzung)

Volumenstromregler ohne Hilfsenergie, PN 16

Herstellerangaben



- 1 Volumenstrom, Sollwerteinst.
- 2 Ventilgehäuse
- 3 Blende
- 4 Ventilsitz
- 5 Kegel
- 6 Kegelstange
- 7 Entlastungs-Metallbalg
- 8 Membranstange
- 9 Sollwertfeder
- 10 Stellmembran
- 11 Steuerleitung

Nennweite DN	15	20	25	32	40	50	65
Baulänge l in mm	130	150	160	180	200	230	290
Höhe h ₁ in mm	225	225	225	225	225	225	300
Höhe h ₂ in mm	115	115	115	144	144	144	195
Höhe h ₃ in mm	390	390	390	390	390	390	465
k _{VS} -Wert in m ³ /h	4,0	6,3	8,0	16	20	32	50

Funktion: Bei Volumenstromreglern wird der Sollwert am Ventil und der Minderdruck (Differenzdruck) am Membranantrieb eingestellt. Ventil und Membranantrieb sind über die Steuerleitung miteinander verbunden. Der Einbau erfolgt in Fernwärmeversorgungsanlagen und in ausgedehnten Heizungssystemen in Industrie und Wohnanlagen. Die Regler bestehen aus einem Ventil mit einstellbarer Blende zur Regulierung des Volumenstromes und dem Antrieb mit der Stellmembran.

Volumenstrom-Sollwertbereich in m³/h

Wirkdruck	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65
$\Delta p = 0,20$ mbar	0,05 – 2,0	0,15 – 3,0	0,25 – 3,5	0,40 – 7,0	0,60 – 11	0,90 – 16	2,0 – 28
$\Delta p = 0,50$ mbar	0,15 – 3,0	0,25 – 4,5	0,40 – 5,3	0,60 – 9,5	0,90 – 16	2,0 – 24	3,5 – 40

Differenzdruck-Voreinstellung von 50 mbar bis 350 mbar

Betriebstemperatur: 5 °C bis 150 °C

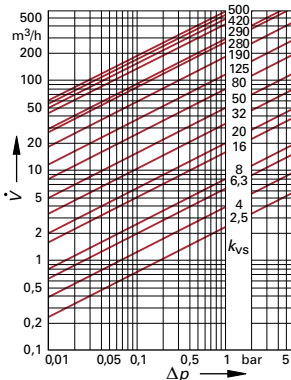
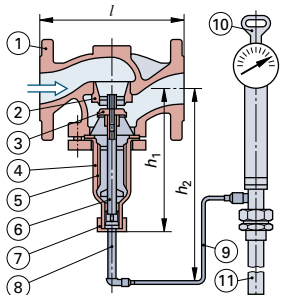
Nennweiten: DN 15 bis DN 250

Flanschmaße: nach DIN EN 1092

Einsatzgebiete: flüssige, gasförmige und dampfförmige Medien

Temperaturregler ohne Hilfsenergie, PN 16

Herstellerangaben



Nennweite DN	15	20	25	32	40	50	65
Baulänge l in mm	130	150	160	180	200	230	290
Höhe h ₁ in mm	225	225	225	225	225	225	300
Höhe h ₂ in mm	515	515	515	515	515	515	590
Fühler-Ø x l in mm	Ø 25 mm x 290 mm Länge						
k _{VS} -Wert in m ³ /h	4,0	6,3	8,0	16	20	32	50

Funktion: Der Temperaturregler arbeitet nach dem Prinzip der Flüssigkeitsausdehnung. Der Regler besteht aus einem druckentlasteten Durchgangsventil in geflanschter Ausführung, Regelthermostat mit Temperaturfühler, Sollwerteinsteller mit Übertemperatursicherung, Verbindungsrohr und Arbeitskörper.

Einsatzgebiete: flüssige, gasförmige und dampfförmige Medien

Betriebstemperatur: – 10 °C bis 250 °C,

Nennweiten: DN 15 bis DN 250 **Nenndruck:** PN 16 bis PN 40

Flanschmaße: nach DIN EN 1092

- 1 Ventilgehäuse
- 2 Ventilsitz
- 3 Ventilkegel
- 4 Balggehäuse
- 5 Entlastungsbalg
- 6 Kegelstange
- 7 Thermostatanschluss
- 8 Arbeitskörper mit Stellbalg
- 9 Verbindungsrohr
- 10 Sollwerteinstellung mit Skala
- 11 Temperaturfühler

Werkstoffe:

Ventilgehäuse PN 16 aus EN-GJL-250
Ventilsitz und Kegel aus nichtrostendem Stahl 1.4006
Kegelstange und Feder aus nichtrostendem Stahl 1.4301
Balggehäuse aus nichtrostendem Stahl 1.0425
Regelthermostat:
Fühler aus Bronze, vernickelt
Verbindungsrohr aus Kupfer, vernickelt



Kompensation der Längenänderung warmgehender Rohre

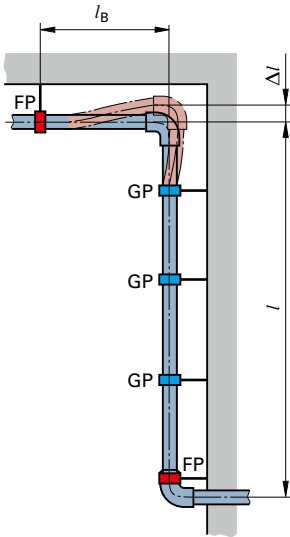
Temperaturschwankungen, die durch heiße oder kalte Durchflussmedien verursacht werden, führen zu thermisch bedingten Längenänderungen der Rohrleitungen. Damit diese Bewegungen keine Schäden an Apparaten, Behältern oder dem Baukörper verursachen, müssen sie in der Anlagenplanung berücksichtigt werden. Dazu wird die zu erwartende Längenänderung schon in der Konstruktionsphase berechnet (vgl. S. 35) und später durch installierte Dehnungsausgleicher gezielt ausgeglichen.

Thermisch bedingte Längenänderungen können durch Leitungsabschnitte mit Biegeschenkeln (Z- bzw. U-Form) oder spezielle Kompensatoren ausgeglichen werden.

Biegeschenkel

vgl. DIN EN 806-4: 2010-06

Flexibler Abzweig

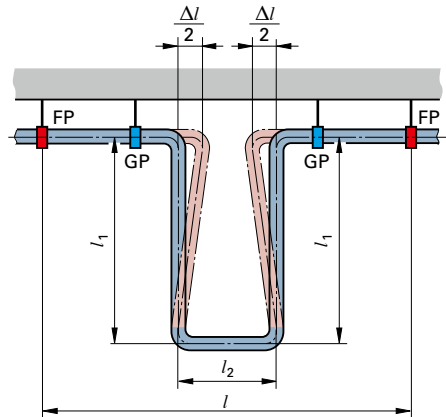


Die Länge l_B des flexiblen Abzweigs kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$l_B = C \cdot \sqrt{d_a \cdot \Delta l}$$

- l_B Länge des flexiblen Abzweigs in mm
- C Werkstoffkonstante
- d_a Rohraußendurchmesser in mm
- Δl Längendifferenz in mm
- l Länge des Rohrabschnitts in mm
- FP Fixpunkt
- GP Gleitpunkt

U-Dehnungsrohrbogen



Die Länge l_B des U-Dehnungsrohrbogens kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$l_B = C \cdot \sqrt{d_a \cdot \frac{2 \cdot \Delta l}{2}} = 2 \cdot l_1 + l_2$$

$l_B^{1)}$ Länge des flexiblen Abzweigs in mm

C Werkstoffkonstante

d_a Rohraußendurchmesser in mm

Δl Längendifferenz in mm

l Länge des Rohrabschnitts in mm

l_1 Länge des Dehnungsrohrbogens in mm

l_2 Breite des Dehnungsrohrbogens in mm

FP Fixpunkt

GP Gleitpunkt

¹⁾ vorzugsweise sollte $l_2 = \frac{1}{2} \cdot l_1$ gewählt werden.

Dann gilt: $l_B = l_1 + l_1 + l_2$

Werte für Werkstoffkonstante C

Mittlere Mindestwerte für l_B für Rohrsysteme aus Metall in mm

Werkstoff	C	d_a	Längendifferenz Δl			
			5	10	15	20
Stahl	91	15	503	750	920	1060
nichtrostender Stahl	65	18	580	820	1000	1060
Kupfer	58	22	540	910	1110	1280
PE-X	12	28	725	1025	1250	1450
PE	27	33,7	795	1124	1377	1590
PP	20	60,3	1064	1504	1842	2127
PB	10	76,1	1195	1689	2069	2389
PVC-C	34	114	1464	2071	2536	2929

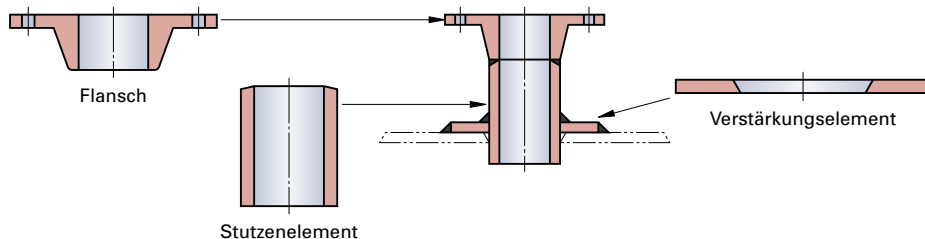


Behälter und Apparate	410
Einteilung	410
Anforderungen an Behälter	411
Technische Lieferbedingungen	411
Baugruppen von Behältern	411
Prüfung von Druckbehältern (Beispiel)	412
Toleranzen für liegende Behälter	415
Toleranzen für stehende Behälter	416
Behälter mit zwei gewölbten Böden	418
Behälterbaugruppen	419
Bodenformen – Übersicht	419
Klöpferboden	420
Korbbogenboden	421
Stützen	422
Stützenstellungsplan	424
Mannlochverschlüsse für Druckbehälter aus Stahl	426
Füße für Behälter und Apparate aus Rohr	430
Füße für Behälter und Apparate aus Profilstahl	431
Standzargen für Apparate	432
Pratten mit Verstärkungsblech für Apparate	434
Tragringe und Ringträger für Apparate	435
Tragösen an Apparaten	436
Behälterarten	438
Liegende Druckbehälter	438
Stehende Druckbehälter	440
Stehende Druckbehälter für Prozessanlagen	442
Druckbehälter aus Stahl für Wasserversorgungsanlagen	444
Tankbehälter	446
Stehende Behälter (Tanks) aus Stahl	446
Apparate	448
Kolonnen	448
Benennungen	448
Toleranzen für Kolonnen	450
Rührbehälter	452
Werkstoffe für Behälter	458
Stähle für einfache Druckbehälter – Technische Lieferbedingungen	458
Warmgewalztes Stahlblech	459
Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen	460
Unlegierte und legierte Druckbehälterstähle	460
Nichtrostende Druckbehälterstähle	462
Wärmebehandlung nichtrostender Stähle nach dem Schweißen	466
Biegetechnik	467
Kaltbiegen von Blechen	467
Kaltbiegen von Rohren aus Stahl	469
Anwärm länge beim Warmbiegen von Rohren aus Stahl	470
Kaltbiegen von Rohren aus Nicht Eisenmetallen	470



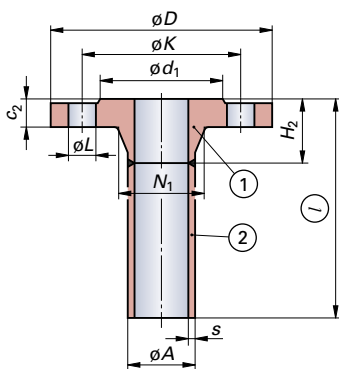
Stutzen

Stutzenbauteile



Stutzen aus unlegiertem Stahl

vgl. DIN 28115: 2003-02



- ① Vorschweißflansch Typ 11 nach DIN EN 1092-1
- ② Stahlrohr nach DIN EN 10216 oder DIN EN 10217
- ① Stutzenlänge ist konstruktionsbedingt festzulegen

Normbezeichnung eines Stutzens mit glatter Dichtfläche (Form B1) der Nennweite DN 100, dem Nennndruck PN 16 mit einem Vorschweißflansch aus unlegiertem Stahl 1.0038 und einem Stutzenrohr aus unlegiertem Stahl 1.0254:

Stutzen DIN 28115 – B1 100 PN 16 – 1.0038/1.0254

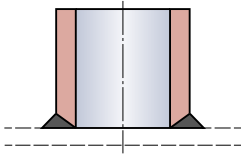
Maße in mm

DN	PN		Stutzen		D	c_2	Flansch				L	Schrauben	
	10	16	A	s_{min}			K	d_1	H_2	N_1		Anzahl	Gewinde
15		●	21,3	3,2	95	16	65	45	38	32	14	4	M 12
20		●	26,9	3,2	105	18	75	58	40	40	14	4	M 12
25		●	33,7	4,0	115	18	85	68	40	46	14	4	M 12
32		●	42,4	4,0	140	18	100	78	42	56	18	4	M 16
40		●	48,3	4,0	150	18	110	88	45	64	18	4	M 16
50		●	60,3	4,5	165	18	125	102	45	74	18	4	M 16
65		●	76,1	4,5	185	18	145	122	45	92	18	8	M 16
80		●	88,9	5,0	200	20	160	138	50	105	18	8	M 16
100		●	114,3	5,6	220	20	180	158	52	131	18	8	M 16
125		●	139,7	5,6	250	22	210	188	55	156	18	8	M 16
150		●	168,3	5,6	285	22	240	212	55	184	22	8	M 20
200	●		219,1	6,3	340	24	295	268	62	234	22	8	M 20
		●								235	22	12	
300	●		323,9	7,1	445	26	400	370	68	342	22	12	M 20
		●			460	28	410	378	78	344	26		M 24
400	●		406,4	7,1	565	26	515	482	72	440	26	16	M 24
		●		8,0	580	32	525	490	85	445	30	20	M 27
500	●		508,0	7,1	670	28	620	585	75	542	26	20	M 24
		●		8,0	715	34	650	610	90	548	33		M 30

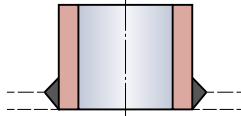


Stutzen (Fortsetzung)

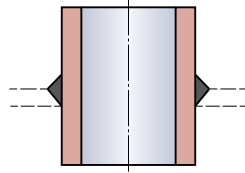
Einbauvarianten für Stutzen



aufgesetzt



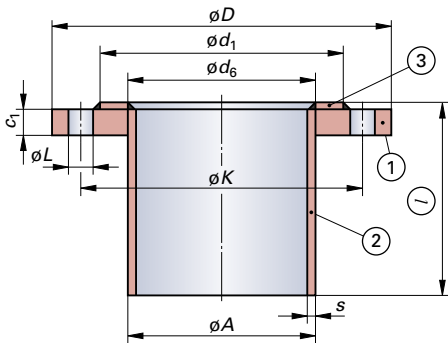
bündig



durchgesteckt

Stutzen aus nichtrostendem Stahl

vgl. DIN 28025: 2003-02



- ① Flansch Typ 01 nach DIN EN 1092-1
- ② Stahlrohr nach DIN EN ISO 1127
- ③ Blech aus nichtrostendem Stahl
- ④ Stutzenlänge ist konstruktionsbedingt festzulegen

Normbezeichnung eines Stutzens der Ausführung B mit der Dichtfläche Feder (Form C), Nennweite DN 300, Nenndruck PN 40, einem Flansch aus unlegiertem Stahl 1.0425 und einem Stutzenrohr aus nichtrostendem Stahl 1.4571:

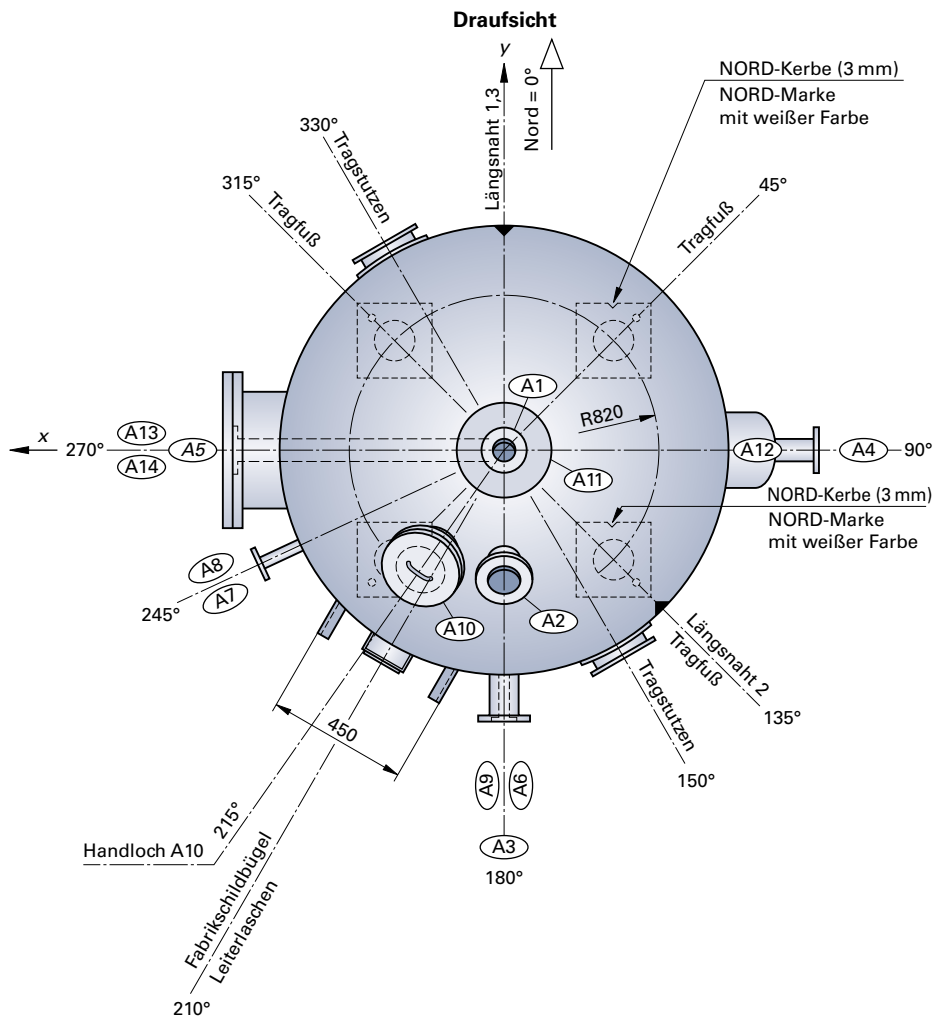
Stutzen DIN 28025 – BC 300-PN 40 – 1.0425/1.4571

Maße in mm

DN	PN		Stutzen		D	K	Flansch				Schrauben	
	10	16	A	s_{min}			c_1	d_1	d_6	L	Anzahl	Gewinde
15	●	●	21,3	3,2	95	65	–	45	–	14	4	M 12
20	●	●	26,9	3,2	105	75	–	58	–	14	4	M 12
25	●	●	33,7	3,2	115	85	–	68	–	14	4	M 12
32	●	●	42,4	3,6	140	100	–	78	–	18	4	M 16
40	●	●	48,3	3,6	150	110	–	88	–	18	4	M 16
50	●	●	60,3	3,6	165	125	–	102	–	18	4	M 16
65	●	●	76,1	4,0	185	145	–	122	–	18	8	M 16
80	●	●	88,9	4,0	200	160	–	138	–	18	8	M 16
100	●	●	114,3	4,5	220	180	–	158	–	18	8	M 16
125	●	●	139,7	5,0	250	210	–	184	–	18	8	M 16
150	●	●	168,3	5,0	285	240	22	210	170,5	22	8	M 20
200	●	●	219,1	5,0	340	295	24	266	221,8	22	8	M 20
				8,0			26			22	12	
300	●	●	323,9	5,0	445	400	26	370	327,6	22	12	M 20
				8,0	460	410	32	374		26		M 24
400	●	●	406,4	5,0	565	515	32	481	411,0	26	16	M 24
				10,0	580	525	38	485		30		M 27
500	●	●	508,0	5,0	670	620	38	585	513,6	26	20	M 24
				10,0	715	650	46	607		33		M 30

**Stutzenstellungsplan****Lage der Anstiche****Draufsicht – X/Y**

Die Lage der Anstiche zeigt in der Draufsicht die Stutzenstellungen der Apparatestutzen sowie weitere Anschlüsse. Nach Festlegung der Richtung „Nord“ (= Winkellage 0°) erfolgt die Winkelangabe im Uhrzeigersinn.





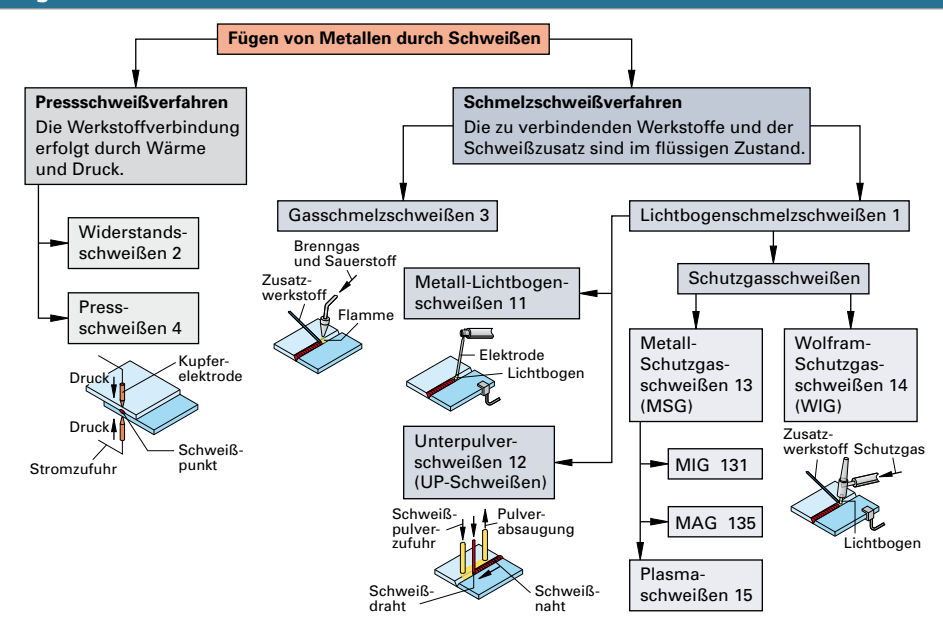
Grundlagen des Schweißens	472
Schweiß- und Lötverfahren – Ordnungsnummern	472
Fügen von Metallen durch Schweißen – Übersicht	472
Darstellung von Schweißnähten in Zeichnungen	473
Bemaßung von Schweiß- und Lötflächen	474
Darstellung der Schweißpositionen und der Schweißstöße	476
Schweißnahtvorbereitung	477
Nahtformen	477
Nahtvorbereitung für Stähle	478
Schleifen	479
Schleifmittel	480
Auswahl von Schleifscheiben	481
Schleifen mit Diamant und Bornitrid	482
Hauptnutzungszeit beim Schleifen	483
Schweißverfahren	484
Einsatzgebiete der Schweißverfahren (Übersicht)	484
Gasschmelzschweißen G	484
Gasverbrauch und Zeitrichtwerte beim Gasschmelzschweißen	486
Kennzeichnung von Druckgasflaschen	486
Lichtbogenhandschweißen E	488
Umhüllte Stabelektroden	488
Einsatzgebiete und Einstellwerte für Stabelektroden	489
Metall-Schutzgasschweißen MSG	495
Wolfram-Inertgasschweißen WIG	506
Plasmaschweißen WP	510
Unterpulverschweißen UP	511
Elektrisches Widerstandsschweißen R	513
Bewertung von Schweißnähten	515
Schweißerprüfung	516
Thermisches Trennen	517
Autogenes Brennschneiden	517
Plasmaschneiden	518
Laserstrahlschneiden	518
Arbeitssicherheit beim Schweißen und Löten	519
Gefahren und Arbeitsschutz	519
Schweißarbeiten in engen Räumen	520
Erste-Hilfe- und Brandschutzeinrichtungen	520
Löten	521
Lötprozesse und Ordnungsnummern	521
Flussmittel zum Weichlöten	521
Weichlote	522
Flussmittel zum Hartlöten	523
Hartlote – Einteilung	524
Kunststoff-Schweißen	525
Schweißverfahren	525
Schweißdurchführung	526
Kleben	527
Wirkprinzip	527
Klebstoffarten	527
Vorbehandlung der Klebeflächen	528
Klebstoff-Werkstoff-Zuordnung	528

Schweiß- und Lötverfahren – Ordnungsnummern

vgl. DIN EN ISO 4063: 2011-03

1 Lichtbogenschweißen	2 Widerstandsschweißen	8 Schneiden und Ausfugen
11 Metall-Lichtbogenschweißen ohne Gasschutz 111 Lichtbogenhandschweißen 12 Unterpulverschweißen (UP-Schweißen) 121 UP-Schweißen mit Massivdrahtelektrode 13 Metall-Schutzgasschweißen 131 Metall-Inertgasschweißen mit Massivdrahtelektrode (MIG) 135 Metall-Aktivgasschweißen mit Massivdrahtelektrode (MAG) 136 MAG-Schweißen mit schweißpulvergefüllter Drahtelektrode 14 Wolfram-Schutzgasschweißen 141 Wolfram-Inertgasschweißen mit Massivdraht- oder Massivstabzusatz (WIG) 142 WIG-Schweißen ohne Schweißzusatz 143 WIG-Schweißen mit Fülldraht oder Füllstabzusatz 15 Plasmaschweißen 151 Plasma-Metall-Inertgasschweißen (Plasma-MIG-Schweißen)	21 Widerstandspunktschweißen 22 Rollenahtschweißen 25 Pressstumpfschweißen 26 Widerstandsbolzenschweißen 3 Gasschmelzschweißen 31 Gasschweißen mit Sauerstoff-Brenngas-Flamme 311 Gasschweißen mit Sauerstoff-Acetylen-Flamme 312 Gasschweißen mit Sauerstoff-Propan-Flamme 313 Gasschweißen mit Sauerstoff-Wasserstoff-Flamme 4 Pressschweißen 41 Ultraschallschweißen 47 Gaspressschweißen 5 Strahlschweißen 51 Elektronenstrahlschweißen 52 Laserstrahlschweißen 522 Gas-Laserstrahlschweißen 7 Andere Schweißverfahren 73 Elektrogasschweißen 74 Induktionsschweißen 75 Lichtstrahlschweißen 78 Bolzenschweißen	81 Autogenes Brennschneiden 82 Lichtbogenschneiden 83 Plasmaschneiden 831 Plasmabrennschneiden 832 Plasmaschmelzschneiden 84 Laserstrahlschneiden 87 Lichtbogausfugen 88 Plasmaausfugen 9 Hartlöten, Weichlöten und Fugenlöten 91 Hartlöten mit örtlich begrenzter Erwärmung 912 Flammhartlöten 913 Laserstrahlhartlöten 92 Hartlöten mit vollständiger Erwärmung 921 Ofenhartlöten 94 Weichlöten mit örtlich begrenzter Erwärmung 942 Flammweichlöten 943 Kolbenweichlöten 95 Weichlöten mit vollständiger Erwärmung 953 Ofenweichlöten 97 Fugenlöten 972 Lichtbogenlöten

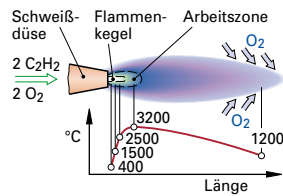
Fügen von Metallen durch Schweißen – Übersicht





Gasschmelzschweißen G (Fortsetzung)

Schweißflamme (Temperaturzonen)



Gasflaschen

Arten	Kennzeichnung Mantel/Schulter	Anschluss	Schweißdruck
Sauerstoffflasche	blau/weiß	R 3/4 ¹⁾	2,5 bar
Acetylenflasche	kastanienbraun	Spannbügel	0,2 bis 0,8 bar
Propangasflasche	rot	W 21,8 x 1/14 LH ²⁾	–

Schweißstäbe für das Verbindungsschweißen (Auswahl)

vgl. DIN EN ISO 23378: 2018-12

Normbezeichnung	Lieferform ³⁾ d _f in mm	Chemische Zusammensetzung in %							Schweißverhalten		
		C	Mn	Si	P	S	Ni	Mo	Fließverhalten	Porenneigung	Spritzer
O I	1,0; 1,6; 2,0; 2,4; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0	0,08	0,5	0,1	≤ 0,03	≤ 0,025	0,3	0,3	dünnflüssig	ja	viel
O II	1,6; 2,0; 2,5; 3,0	0,09	1,0	0,1	≤ 0,025	≤ 0,020	0,3	0,3	weniger dünnflüssig	ja	wenig
O III	1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0	0,08	1,0	0,1	≤ 0,020	≤ 0,020	0,4	0,3	zähfließend	nein	keine
O IV	2,0; 2,5; 3,0; 4,0	0,1	1,0	0,15	≤ 0,020	≤ 0,025	0,3	0,5	zähfließend	nein	keine

Normbezeichnung eines Stabes zum Gasschweißen mit der chem. Zusammensetzung IV
ISO 23378 – OIV

Einsatzgebiete der Schweißstäbe und mechanische Eigenschaften des Schweißgutes

Schweißstab	Einsatzgebiete ⁴⁾	Stahlsorten Werkstoffe	mechanische Eigenschaften der Bauteile				
			Wärmebehandlung	Streckgrenze in N/mm ²	Zugfestigkeit in N/mm ²	Bruchdehnung A ₅ in %	Kerbschlagarbeit in J
O I	Bleche, Rohrleitungen	S 185 S 225	U ⁵⁾	≥ 260	≥ 360	≥ 20	≥ 30
O II	Rohrleitungen, Behälterbau	S235 – S275 P235 – P265	U	≥ 300	390–440	≥ 20	≥ 47
O III	Bleche + Rohre im Behälter- und Rohrleitungsbau	S235 – S275 P235 – P295	U	≥ 310	400–460	≥ 22	≥ 47
O IV	Kesselbau, Rohrleitungsbau, für warmfeste Stähle bis 530 °C	16Mo3 S235 – S355 P235 – P295	U	≥ 260	440–490	≥ 22	≥ 47

Stahlbezeichnungen von unlegierten Baustählen (Beispiele)

vgl. DIN EN 10027-1: 2017-01

Bezeichnungen nach der Streckgrenze

S275JR	S 275 JR	Kennzeichen für das Einsatzgebiet, wie z. B. Stahlbau Streckgrenze 275 N/mm ² (275 MPa) Kerbschlagarbeit bei 20 °C > 27 J
P295N	P 295 N	Einsatzgebiet, wie z. B. Druckbehälterbau Streckgrenze 295 N/mm ² (295 MPa) normalgeglüht

Bezeichnungen nach den Legierungsbestandteilen

16Mo3	16 Mo 3	Kohlenstoffgehalt 16/100 ≅ 0,16% Legierungselement Molybdän Mo-Gehalt 3/10 ≅ 0,3%
-------	---------------	---

¹⁾ R = Kegeliges Rohrgewinde⁴⁾ unlegierte und niedriglegierte Stähle²⁾ LH = Linksgewinde⁵⁾ U = Schweißnaht unbehandelt³⁾ Stablänge = 1000 mm

Gasschmelzschweißen G (Fortsetzung)

Inhaltsberechnung bei Gasflaschen

Sauerstoffverbrauch (O ₂) V _{Entn}	$V_{\text{Entn}} = \frac{V_{\text{Fl}} \cdot \Delta p}{p_{\text{amb}}}$	$\Delta p = p_1 - p_2$	V _{Fl} Flaschenvolumen in l p ₁ Anfangsdruck in bar p ₂ Enddruck in bar p _{amb} Luftdruck (1,0 bar)
Acetylen-gasverbrauch (C ₂ H ₂) V _{Entn}	$V_{\text{Entn}} = \frac{V_{\text{F}} \cdot (p_{\text{e1}} - p_{\text{e2}})}{p_{\text{F}}}$	V _F = 5850 l für p _F = 18 bar V _F = 7600 l für p _F = 19 bar	V _F Füllvolumen der Flasche in l p _F Fülldruck der Flasche in bar Ablesedruck am Manometer: p _{e1} vor der Schweißarbeit in bar p _{e2} nach der Schweißarbeit in bar
Flüssiggasverbrauch (Propan C ₃ H ₈) V _{Entn}	$V_{\text{Entn}} = \frac{\Delta m}{\rho_{\text{C3H8}}}$	$\Delta m = m_1 - m_2$	1 l Aceton löst 25 l Acetylen pro 1 bar p _F Δm Masse des Flüssiggases in kg ρ Dichte des Gases in kg/m ³ Masse des Gases: m ₁ vor der Schweißarbeit in kg m ₂ nach der Schweißarbeit in kg

Gasverbrauch und Zeitrichtwerte beim Gasschmelzschweißen

Blechdicke in mm	Schweiß- draht Ø in mm	Schweiß- einsatz (Nr.)	Schweißzeit in cm/min	Gasverbrauch ¹⁾ O ₂ / C ₂ H ₂
≤ 0,5	1,6	1	10,0	1,4 l/min
1,0 bis 2,0	1,6; 2,0	2	8,0	2,8 l/min
2,0 bis 4,0	2,0; 2,5	3	6,7	5,3 l/min
4,0 bis 6,0	3,0; 4,0	4	5,0	8,4 l/min
6,0 bis 9,0	4,0; 5,0	5	4,0	13,3 l/min
Stahlrohre DN / d _a × s	Schweiß- draht Ø in mm	Schweiß- einsatz (Nr.)	Schweißzeit in min/Naht	Gasverbrauch O ₂ / C ₂ H ₂
DN 25 33,7 × 3,2	2,0; 2,5	2	2,6	2,0 l/min
DN 32 42,4 × 3,2	2,5; 3,0	2	3,0	2,2 l/min
DN 40 48,3 × 3,2	2,5; 3,0	3	3,6	3,0 l/min
DN 50 60,3 × 3,6	3,0; 4,0	3	4,8	3,3 l/min

Kennzeichnung von Druckgasflaschen

vgl. DIN EN 1089-3: 2011-10

Bezeichnungen an Gasflaschen	Gasart	Farbkennzeichnung ²⁾		Ventilanschluss DIN 477-5	Flaschen- volumen V in l	Füll- druck in bar	Füll- inhalt
		Mantel	Schulter				
	Sauerstoff O ₂	blau od. grau	weiß	R 3/4	50 50	200 300	10 m ³ 15 m ³
	Acetylen C ₂ H ₂	kastanienbraun		Spannbügel	50 40	25 25	10 kg 8 kg
	Argon Ar	grau	dunkelgrün od. leuchtgrün	W 21,8 × 1/14	50 20	200 200	10 m ³ 4 m ³
	Kohlendioxid CO ₂	grau	grau oder leuchtgrün	W 21,8 × 1/14	50 40	58 58	30 kg 20 kg
	Wasserstoff H ₂	rot oder grau	rot	W 21,8 × 1/14 LH	50 10	200 200	10 m ³ 2 m ³
	Stickstoff N ₂	grau	schwarz oder leuchtgrün	W 24,32 × 1/14	50 20	200 300	10 m ³ 6 m ³
	Helium He	grau	braun oder leuchtgrün	W 21,8 × 1/14	50 20	200 300	10 m ³ 6 m ³
	Ar/O ₂ - Gemisch	grau	dunkelgrün und weiß	W 21,8 × 1/14 LH	50 10	200 200	10 m ³ 2 m ³
	Propan C ₃ H ₈	grau	rot	W 21,8 × 1/14 LH	90	–	32 kg
	CO ₂ /N ₂ - Gemisch	grau	grau und schwarz	W 21,8 × 1/14	50 20	200 200	10 m ³ 4 m ³

¹⁾ Beim Schweißen mit neutraler Flamme ist der Gasverbrauch (O₂ / C₂H₂) in etwa gleich groß.

²⁾ Die verbindliche Kennzeichnung des Flascheninhaltes erfolgt ausschließlich mittels Gefahrgutaufkleber. Die Farbkennzeichnung der Schulter dient lediglich der Identifizierung des Flascheninhaltes aus der Ferne.