



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Metallberufe

M. Hertle  
H. Hofmeister  
B. Kiebusch

T. Trutzenberg  
U. Uhr  
Dr. B. Zimmermann

# **Tabellenbuch Anlagenmechanik Industrie**

**1. Auflage**

**Europa-Nr.: 14450**

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

## **Autoren**

Hertle, Markus	Oberstudienrat	Steinhart
Hofmeister, Heinz	Fachlehrer	Gelnhausen
Kiebusch, Burkhard	Studiendirektor	Berlin
Uhr, Ulrich	Studiendirektor	Rheinfelden
Trutzenberg, Tobias	Oberstudienrat	Essen
Dr. Zimmermann, Bernd	Studiendirektor	Mülheim an der Ruhr

Für die Unterstützung bei der 1. Auflage dieses Buches dankt der Arbeitskreis Herrn Armin Steinmüller für die redaktionelle und Herrn Bernd Fritzsche für die koordinative Mitarbeit.

**Lektorat** und Leitung des Arbeitskreises  
Burkhard Kiebusch; StD, 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.

1. Auflage 2016, korrigierter Nachdruck 2017

Druck 5 4 3

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

ISBN 978-3-8085-1445-0

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

© 2016 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: rkt, 51379 Leverkusen, [www.rktypo.com](http://www.rktypo.com)  
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald  
Umschlagfotos: MediaDesign Th. Loth, Überlingen und Vattenfall GmbH, Berlin  
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Mit dem Tabellenbuch „Anlagenmechanik Industrie“ erscheint zum ersten Mal, zusammengefasst in einem Buch, ein Nachschlagewerk für alle Personen, die im industriellen Anlagenbau, Rohrleitungs-, Behälter- und Apparatebau oder bei kommunalen Versorgern tätig sind, dort ausgebildet werden oder eine Fort- und Weiterbildung anstreben.

Der Inhalt und die Gliederung orientieren sich an den Ausbildungsplänen des/der Anlagenmechanikers/Anlagenmechanikerin in den industriellen Metallberufen.

Das Tabellenbuch „Anlagenmechanik Industrie“ gliedert sich in fünf Fachkapitel, die den qualitativ zu vertiefenden Einsatzgebieten des Ausbildungsberufsbildes Anlagenmechaniker/in entsprechen.

Hierdurch soll das Auffinden einer zielgenauen Problemlösungsstrategie sowie eine Identifikation mit Ausbildungsschwerpunkten erleichtert werden. Die Fachkapitel werden um drei allgemeingültige Abschnitte ergänzt, die übergreifendes Basiswissen vermitteln.

Jedes Kapitel beginnt mit einem eigenen Teil-Inhaltsverzeichnis, das die Inhaltsübersicht am Anfang des Buches ergänzt. Zum schnellen Auffinden gesuchter Sachverhalte dient das ausführliche Sachwort- und Normenverzeichnis.

Da die Ausbildung in den industriellen Metallberufen prozessbezogen in Lernfeldern erfolgt, kann es für den Nutzer des Buches notwendig werden, die Inhalte mehrerer Einsatzgebiete zu kombinieren, um komplexe Problemstellungen zu bearbeiten.

Zu den Zahlen, Daten und Abmessungen in den Tabellen und Diagrammen erklären weiterführende Fachinformationen und wichtige technische Regeln die dargestellten Sachverhalte, da für die Berufsgruppe der industriellen Anlagenmechaniker/innen keine eigenständige Fachliteratur am Markt existiert.

Bei den Formeln wird immer dann in der Legende auf die Nennung von Einheiten verzichtet, wenn mehrere Einheiten möglich sind. Behördliche und institutionelle Bestimmungen sowie Auszüge aktueller Normen vervollständigen den Informationsgehalt.

Damit eignet sich das Tabellenbuch „Anlagenmechanik Industrie“ für die selbstständige Bearbeitung von Projektaufgaben in der Berufsschule und im Ausbildungsbetrieb ebenso, wie zur Prüfungsvorbereitung und zur Bearbeitung der Aufgabenstellungen in den Abschlussprüfungen.

Verlag und Autoren danken allen, die durch die Freigabe von Informationen dieses Buch unterstützt haben und nehmen Hinweise oder Ergänzungen, die zur Verbesserung und Weiterentwicklung des Buches beitragen, gerne unter der Verlagsadresse oder per E-Mail an [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de) entgegen.

## Grundlagen

**G**

## Technische Kommunikation

**T K**

## Werkstofftechnik

**W T**

## Rohrsystemtechnik

**R S T**

## Instandhaltungstechnik

**I T**

## Anlagentechnik

**A T**

## Apparate- und Behältertechnik

**A B T**

## Schweißtechnik

**S T**

<b>G</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>5</b>	<b>IT</b>	<b>Instandhaltungstechnik</b>	<b>237</b>
Allgemeine Grundlagen .....	6		Grundlagen der Instandhaltung .....	238	
Mathematische Grundlagen .....	10		Qualitätsmanagement .....	242	
Technische Mathematik .....	17		Kalkulation .....	250	
Naturwissenschaftliche Grundlagen .....	24		Schmierstoffe .....	251	
Wärmelehre .....	34		Maschinenrichtlinie .....	253	
Bauphysik .....	45		Arbeitssicherheit .....	255	
Festigkeitslehre .....	54		Anschlagmittel .....	278	
Daten aus Chemie und Umwelt .....	58		Elektrotechnik .....	285	
			Messtechnik .....	304	
			Regelungstechnik .....	314	
<b>TK</b>	<b>Technische Kommunikation</b>	<b>63</b>	<b>AT</b>	<b>Anlagentechnik</b>	<b>325</b>
Grundlagen des Technischen Zeichnens .....	64		Wärmetauscher .....	326	
Geometrische Grundkonstruktionen .....	72		Flüssigkeitspumpen .....	328	
Abwicklung von Blechkörpern .....	74		Druckerhöhungsanlagen .....	333	
Bauzeichnungen .....	76		Feuerlösch- und Brandschutzanlagen .....	337	
Kennzeichnung von Rohrleitungen .....	80		Bohren .....	343	
Angaben in Zeichnungen .....	87		Befestigungselemente .....	347	
			Verfahrenstechnik .....	374	
<b>WT</b>	<b>Werkstofftechnik</b>	<b>91</b>	<b>ABT</b>	<b>Apparate- und Behältertechnik</b>	<b>385</b>
Stoffwerte .....	92		Behälter und Apparate .....	386	
Bezeichnungssystem der Stähle .....	94		Anforderungen an Behälter .....	387	
Bezeichnungssystem der Gusseisenwerkstoffe	105		Behälterbaugruppen .....	393	
Stahlbleche .....	109		Behälterbauformen .....	410	
Warmgewalzte Stahlprofile .....	112		Apparate .....	420	
Hohlprofile .....	123		Werkstoffe für Behälter .....	428	
Bauteile und Erzeugnisse .....	128		Biegetechnik .....	437	
Wärmebehandlung .....	132				
Nichteisenmetalle .....	137				
Kunststoffe .....	143				
Korrosionsschutz .....	146				
Werkstoffprüfung .....	157				
<b>RST</b>	<b>Rohrsystemtechnik</b>	<b>161</b>	<b>ST</b>	<b>Schweißtechnik</b>	<b>441</b>
Rohre und Rohrverbindungen .....	162		Grundlagen des Schweißens .....	442	
Armaturen .....	191		Schweißnahtvorbereitung .....	447	
Wärmedämmung .....	205		Schweißverfahren .....	454	
Erdverlegter Rohrleitungsbau .....	213		Bewertung von Schweißnähten .....	485	
			Schweißerprüfung .....	486	
			Thermisches Trennen .....	487	
			Arbeitssicherheit beim Schweißen .....	489	
			Löten .....	491	
			Kunststoff-Schweißen .....	495	
			Kleben .....	497	
			Sachwortverzeichnis .....	499	
			Normen .....	510	
			Quellen .....	512	



<b>Allgemeine Grundlagen</b>	<b>6</b>
Griechisches Alphabet, Römische Ziffern, Mathematische Zeichen, Einheitenvorsätze .....	6
Basisgrößen und abgeleitete Größen des SI-Systems .....	7
Abgeleitete Größen mit Einheiten .....	8
Physikalische Konstanten .....	9
<b>Mathematische Grundlagen</b>	<b>10</b>
Gleichungen, Umformen von Gleichungen .....	10
Diagramme, Schaubilder, Tabellen .....	11
Funktionen, Dreisatzrechnung, Prozentrechnung .....	12
Zinsrechnung, Gefälleberechnung .....	13
Winkelarten .....	14
Winkelfunktionen .....	15
Dreiecksberechnung (Lehrsätze des Pythagoras, Euklid und Heron), Höhensatz .....	16
<b>Technische Mathematik</b>	<b>17</b>
Flächen .....	17
Körper .....	20
Gestreckte Länge, Teilungen .....	22
Längen- und flächenbezogene Masse .....	23
<b>Naturwissenschaftliche Grundlagen</b>	<b>24</b>
Kräfte .....	24
Hebel, Drehmoment, gleichförmige und ungleichförmige geradlinige Bewegung .....	25
Gleichförmige kreisförmige Bewegung, Mechanische Arbeit .....	26
Mechanische Arbeit und Energie, Mechanische Leistung, Wirkungsgrad .....	27
Druck .....	28
Auftrieb, Volumenstrom, Ausflussvolumen, Kontinuitätsgesetz .....	29
Druckarten in Rohrleitungen, Druckverluste, Pumpenförderdruck .....	30
Energiegleichung (Bernoulli) .....	31
Gasgesetze .....	32
Normzustand von Gasen, Mischung idealer Gase .....	33
<b>Wärmelehre</b>	<b>34</b>
Brennwert und Heizwert .....	34
Temperaturskalen, Wärmedehnung fester und flüssiger Stoffe .....	35
Volumenänderung .....	36
Temperatur, Dichte und spezifisches Volumen von Wasser, Wärmemenge .....	37
Wärmeleitung, Schmelzen und Verdampfen .....	38
Verdampfen, Kondensieren, Sublimieren .....	39
Wärmeübertragung, Wärmeleitung .....	41
Wärmeabstrahlung .....	43
Wärmeübergang durch Strahlung und Konvektion .....	44
<b>Bauphysik</b>	<b>45</b>
Feuchtigkeitsschutz .....	45
Schall und Schallschutz .....	48
Brandschutz .....	52
<b>Festigkeitslehre</b>	<b>54</b>
Spannungsarten (Normal-, Flächen-, Scherspannung, Torsion) .....	54
Biegespannung, Biegebelastungsfälle .....	55
Dehnung und Längenänderung .....	56
Spannungs-, Dehnungs-Diagramm .....	57
<b>Daten aus Chemie und Umwelt</b>	<b>58</b>
Chemische Grundbegriffe, Aufbau chemischer Elemente .....	58
Periodensystem der Elemente .....	59
Treibhauseffekt, Wasserbeschaffenheit .....	60
Wasserhärte .....	62

G

TK

WT

RST

IT

AT

ABT

ST



<b>Rohre und Rohrverbindungen</b>	<b>162</b>
Begriffe, Definitionen .....	162
Nahtlose und geschweißte Stahlrohre .....	164
Formstücke zum Einschweißen .....	166
Flansche für Rohre und Armaturen .....	169
Stahlrohre zum Gewindeschneiden .....	174
Tempergussfittings .....	175
Gewinderohre aus Stahl mit Gütevorschrift .....	178
Rohre aus nichtrostenden Stählen für Pressfittingsysteme .....	179
Nahtlose Kupferrohre .....	180
Löt fittings für Kupferrohre .....	181
Duktile Gussrohre .....	183
Formstücke aus duktilem Gusseisen .....	184
Kunststoffrohre aus vernetztem Polyethylen (PE-X) .....	186
Kunststoffrohre aus Polyethylen (PE 100) .....	187
Formstücke aus Polyethylen (PE 100) .....	188
<b>Armaturen</b>	<b>191</b>
Anbohrarmaturen .....	191
Absperrschieber mit Flanschanschluss .....	192
Absperrventile und Kugelhähne mit Flanschanschluss .....	193
Absperrklappen mit Flanschanschluss, Schmutzfänger .....	194
Sicherheitsarmaturen .....	195
Sicherungsarmaturen .....	199
Regelarmaturen .....	202
<b>Wärmedämmung</b>	<b>205</b>
Ausführung von Wärmedämmungen .....	205
Ummantelungen von Wärmedämmungen .....	208
Werksseitig vorgedämmte Rohre für Fernheizungen .....	209
Wärmedämmtdicken nach EnEV .....	212
<b>Erdverlegter Rohrleitungsbau</b>	<b>213</b>
Versorgungssysteme .....	213
Begriffe für Versorgungssysteme .....	215
Werkstoffe für Versorgungssysteme .....	216
Formstücke für Versorgungssysteme .....	224
Armaturen für Versorgungssysteme .....	225
Entsorgungssysteme .....	227
Werkstoffe für Entsorgungssysteme .....	229
Leitungsteile für Entsorgungssysteme .....	230
Bodenmechanik .....	231
Grabenbau .....	232
Verkehrssicherung .....	236

R  
S  
TI  
TA  
B  
TS  
T



## Werkstoffe für Versorgungssysteme

Im Rohrleitungsbau werden sowohl die Kunststoffe Polyethylen (PE), Polyvinylchlorid (PVC) und glasfaser-verstärkter Kunststoff (GFK), als auch die metallischen Werkstoffe Duktiguss (GJS) und Stahl (St) verwendet. Jeder dieser Werkstoffe hat dabei spezielle Vorteile, aber auch Nachteile, so dass es den optimalen Rohrwerkstoff für alle Situationen nicht gibt. Vielmehr müssen immer wieder neu situationsbezogen die speziellen Anforderungen analysiert werden, ehe in Abhängigkeit von den äußersten Gegebenheiten, dem Medium, den Drücken, der Nennweite, den Verlegtiefen, usw. der Rohrwerkstoff ausgewählt werden kann.

Durchschnittliche Werkstoffkennwerte im Rohrleitungsbau						Dichte = Masse/Volumen Festigkeit ~ max. Spannung (bezogen auf Zug bzw. Druck) Arbeitsvermögen ~ zur Zerstörung notwendige Arbeit Wärmeleitzahl ~ Wärmemenge auf $1\text{m}^2$ in 1 s durch 1 m bei 1 K Temperaturunterschied Wärmedehnzahl ~ Veränderung durch Temperatureinfluss Elastizitätsmodul ~ Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung Bruchdehnung ~ bleibende Verlängerung nach Bruch
Eigenschaften	Einheit	PE	PVC	GJS	St	
Dichte	g/cm <sup>3</sup>	0,96	1,4	7,25	7,85	
Zugfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	20	55	440	400	
Druckfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	10	80	900	400	
Arbeitsvermögen	Nm	10	1000	10000	7500	
Wärmeleitzahl	W/mK	0,12	0,42	35	55	
Wärmedehnzahl	mm/m · °C	0,2	0,08	0,012	0,012	
Elastizitätsmodul	N/mm <sup>2</sup>	1750	4000	180000	210000	
Bruchdehnung	%	300	25	16	35	

Es handelt sich um Durchschnittswerte, die ggf. bei unterschiedlichen Werkstoffqualitäten abweichen können.

### Polyethylen (PE)

#### Allgemeine Informationen

Polyethylen ist ein thermoplastischer Werkstoff, der im Extruderverfahren aus den chemischen Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff zu PE-Rohren verarbeitet wird. Bei einer hohen Lebensdauer von über 100 Jahren sind PE-Rohre flexibel, aber formbeständig, weisen eine hohe Chemikalienbeständigkeit und gute Festigkeitseigenschaften bei einem niedrigen Gewicht (niedrige Dichte) auf. Als Sammelbegriff wird häufig die Abkürzung PE-HD für alle PE-Rohre genommen.

#### Einsatzbereiche

PE-Rohre werden vorrangig in kleinen Nennweiten (bis ca. DN 300) in der Gas- und Wasserversorgung eingesetzt, da sie aufgrund des geringen Gewichts einfach und schnell zu verlegen sind. Dies bedeutet in erster Linie eine Kostenersparnis. Zudem werden sie neben der klassischen Stangenware bis ca.  $d_A$  180 auch in Ringbünden geliefert, was eine schnelle Verlegung mit wenigen Verbindungsstellen ermöglicht. Bei den Standardrohren sind Drücke bei Gas bis 10 bar und bei Wasser bis 20 bar zugelassen.

Für die grabenlose Verlegung sowie für spezielle Anforderungen stehen neben den Standardvarianten zahlreiche spezielle Alternativen wie z.B. Mantelrohre oder PE-X-Rohre zur Verfügung.

#### Verbindungsmöglichkeiten

Rohre aus Polyethylen werden zumeist thermisch, d.h. durch Schweißen, miteinander verbunden. Geschweißte Rohrverbindungen sind ohne zusätzliche Dichtelemente absolut dicht, wobei in kleineren Nennweiten vorrangig die Technik des Heizwendelschweißens eingesetzt wird, während in den größeren Nennweiten das Heizelementstumpfschweißen meist bevorzugt wird.

Beim Heizwendelschweißen wird über die beiden zu verschweißenden gereinigten und geschälten Rohrenden ein Heizwendlfittings gestülpt. Durch die Verbindung mit dem Schweißgerät werden die eingearbeiteten Heizwendeln unter Strom gesetzt, sodass der Kunststoff in der Schweißzone durch die Erhitzung plastifiziert (aufgeschmolzen) wird. Nach Ablauf der Schweißzeit, die material- und produktspezifisch sehr unterschiedlich sein kann, sind die beiden Rohrenden über das Formteil untrennbar und absolut dicht miteinander verbunden.

Beim Stumpfschweißen werden die zu verschweißenden Rohrenden abgelängt und ohne Versatz spannungsfrei in die Schweißmaschine eingespannt. Nachdem beide Stirnflächen planparallel gehobelt und mit PE Reiniger gesäubert sind, werden die Rohrenden gleichzeitig mit dem Heizspiegel in Kontakt gebracht, bis sich eine gleichmäßige Wulst am gesamten Rohrumfang gebildet hat; die Schweißflächen sind dann ausreichend plastifiziert. Durch kurzes Auseinanderfahren des Schweißschlittens kann das Heizelement schnell entnommen werden, ehe die Rohre unter gleichmäßigem Druck wieder zusammengebracht werden. Nach der Abkühlzeit, die material und produktspezifisch sowie durch unterschiedliche Wandstärken sehr unterschiedlich sein kann, ergibt sich eine absolut homogene und dichte Schweißnaht.

Neben den Schweißverbindungen kommen im Hausanschlussbereich noch mechanische Verbindungstechniken, wie Steck- oder Klemmverbindungen, zum Einsatz.



## Werkstoffe für Versorgungssysteme (Fortsetzung)

### Polyethylen (PE) (Fortsetzung)

#### Werkstoffgruppen

Im Bereich der PE-HD-Rohre werden verschiedene PE-Werkstoffe unterschieden. Die Werkstoffgruppen, die heute in erster Linie zum Einsatz kommen, sind:

- PE 80 (= MRS 8,0 N/mm<sup>2</sup>)
- PE 100 (= MRS 10,0 N/mm<sup>2</sup>)

Die Bezeichnung **MRS** (Minimum Required Strength) steht für die erforderliche Mindestfestigkeit nach 50 Jahren bei einer Wassertemperatur von 20 Grad Celsius. Da Polyethylen ein Thermoplast ist, hat die Temperatur einen entscheidenden Einfluss auf die Festigkeit. Die Unterschiede zwischen PE 80 und PE 100 bleiben jedoch im normalen Temperaturbereich einer erdverlegten Rohrleitung gleich.

Darüber hinaus werden vorrangig im grabenlosen Rohrleitungsbau vernetzte PE Rohre verwendet. Diese sog. PE-X Rohre haben einen MRS Wert von ca. 9,5 N/mm<sup>2</sup>. Durch die Vernetzung der einzelnen Kohlenstoffketten haben sie im Vergleich zu den unvernetzten PE-Werkstoffen eine höhere mechanische Widerstandsfähigkeit gegen Riesen und eine höhere Kerbunempfindlichkeit. Aus diesem Grunde und wegen ihrer hohen Spannungsrißbeständigkeit sind sie vor allem für alle nicht offenen Verlegeverfahren und bei schwierigen Bodenverhältnissen ohne Sandbett geeignet.

#### Standardrohre

SDR	17	11	7,4	PE-X Rohre	SDR 11 MDP 12,5
PE 80 SF = 1,6	MDP 6,2	MDP 10,0	MDP 15,3		
PE 100 SF = 1,6	MDP 7,8	MDP 12,5	MDP 19,2		
d <sub>A</sub> in mm	s in mm	s in mm	s in mm	s in mm	
25	1,8	2,3	3,5	2,3	SDR = Standard Dimension Ratio (Wanddickenverhältnis) MDP = Maximum Design Pressure (höchster Systembetriebsdruck) in bar d <sub>A</sub> = Außendurchmesser in mm; s = Wanddicke in mm
32	1,9	2,9	4,4	2,9	
40	2,4	3,7	5,5	3,7	
50	3,0	4,6	6,9	4,6	
75	4,5	6,8	10,3	6,8	
110	6,6	10,0	15,1	10,0	
125	7,4	11,4	17,1	11,4	
160	9,5	14,6	21,9	—	
225	13,4	20,5	30,8	—	
315	18,7	28,6	43,1	—	

#### Schmelzindex

Der Schmelzindex (**MFI** = Melt Flow Index, teilweise auch **MFR** = Melt Flow Rate) gibt Auskunft über das Schmelzverhalten des jeweiligen Werkstoffs. Je zäher der Rohrwerkstoff (z. B. PE 100 im Gegensatz zu PE 80), desto niedriger ist der Schmelzindex, da mehr Aufwand betrieben werden muss, um das Material aufzuschmelzen. Die Schweißtemperaturen liegen bei ca. 220 °C. Generell können alle unvernetzten PE-Werkstoffe problemlos miteinander verschweißt werden.

PE-X Rohre können nur mittels Heizwenderlmuffe und nicht im Heizelementstumpfschweißverfahren verschweißt werden, da ansonsten die Vernetzung an der Schweißnaht unterbrochen wäre.

Werkstoff	PE 80	PE 100	PE-Xa
Schmelzindex	0,7 – 1,3 g/10 Min.	ca. 0,3 g/10 Min.	ca. 0,3 g/10 Min.

#### Zulässige Biegeradien

Die folgenden Biegeradien in Abhängigkeit der Verlegetemperatur sind nicht zu unterschreiten. Für kleinere Radien sind immer Formteile (Rohrbögen oder Rohrkämmer) einzusetzen, da sonst das Rohrmaterial (Wanddicke) durch die Biegung an der Außenseite zu sehr geschwächt würde.

Verlegetemperatur [°C]	0	5	10	15	20
kleinster zulässiger Biegeradius R	50 x d	42,5 x d	35 x d	27,5 x d	20 x d



### Werkstoffe für Versorgungssysteme (Fortsetzung)

#### Polyethylen (PE) (Fortsetzung)

##### Zugkräfte

Beim Einziehen von PE-Rohren dürfen in Abhängigkeit des Außendurchmessers ( $d_A$ ), des SDR Wertes und der Werkstoffgruppe folgende maximalen Zugkräfte nicht überschritten werden, da ansonsten die auftretenden Kräfte beim Einzug (durch Reibung im Boden und durch den Zug des Einziehkopfes) die Festigkeit des Materials übersteigen würde; der Vorgang müsste aufgrund der Rohrtrennung abgebrochen werden.

$d_A$	zulässige Zugkräfte für Rohre aus PE 80		$d_A$	zulässige Zugkräfte für Rohre aus PE 100	
	SDR 7,4	SDR 11		SDR 7,4	SDR 11
[mm]	[kN]	[kN]	[mm]	[kN]	[kN]
63	17	8	63	10	-
75	24	12	75	15	-
90	36	17	90	21	14
110	47	25	110	31	21
125	59	33	125	41	27
140	77	41	140	51	34
160	97	53	160	66	44
180	120	67	180	83	56
200	151	83	200	103	69
225	187	105	225	131	88
250	235	130	250	162	109
280	297	163	280	203	136
315	377	206	315	257	173
355	478	262	355	327	219
400	605	332	400	415	279
450	-	421	450	526	352
500	-	519	500	648	436

#### Polyvinylchlorid (PVC)

##### Allgemeine Informationen

Polyvinylchlorid ist ein thermoplastischer Werkstoff, der im Extruderverfahren aus den chemischen Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Chlor hergestellt wird. PVC-Rohre sind hart, formstabil und (durch den Chloranteil) chemisch sehr beständig, sodass sie bei allen Bodenarten eingesetzt werden können. Es wird beim PVC unterschieden zwischen dem normalen PVC-U (unplastified = weichmacherfrei) und dem etwas spröderen, aber auch form- und chemisch noch beständigerem PVC-C (chloriert).

In Deutschland spielen PVC-Rohre im Vergleich zu den PE-Rohren bei Druckrohrleitungen mit regionalen Ausnahmen nur eine untergeordnete Rolle, während in einigen Nachbarländern (z. B. den Niederlanden) der Verlegeanteil vor allem im Hausanschlussbereich sehr groß ist.

##### Einsatzbereiche

Rohre aus Polyvinylchlorid kommen in der Gas- und Wasserversorgung vorrangig in kleineren Nennweiten bis ca. DN 400 zum Einsatz. Im Hausanschlussbereich werden sie aufgrund der schnellen Verlegung und des damit verbundenen günstigen Preises teilweise den PE-Rohren vorgezogen. Über den erdverlegten Rohrleitungsbau hinaus werden sie vielfach bei drucklosen Leitungen in der Entsorgungstechnik sowie in der Haustechnik und im Garten- und Landschaftsbau eingesetzt. In der Rohrleitungsbau-Praxis werden PVC-Rohre neben der Verwendung als Produktrohr aufgrund des geringen Gewichts, der sehr einfachen Verlegung und des geringen Preises vielfach auch als Schutzrohre eingesetzt, um empfindliche Bauteile (z. B. Telekommunikations- oder Stromkabel) vor mechanischen Einflüssen oder Feuchtigkeit zu schützen.

##### Verbindungs möglichkeiten

Für PVC-Rohre gibt es folgende Verbindungsalternativen:

- a) Steckmuffenverbindung mit werksseitig eingelegtem Dichtelement: Standardverbindung, nicht längskraftschlüssig
- b) Klebmuffenverbindung: längskraftschlüssig, Kleber (THF = Tetrahydrofuran), bis DN 300
- c) Klemmfittings und Schraubverbindungen: finden in der Haustechnik verstärkt Anwendung
- d) Übergangsverbindungen: Flanschverbindungen, die den Übergang auf andere Materialien sowie auf Armaturen gewährleisten.



## Werkstoffe für Versorgungssysteme (Fortsetzung)

### Polyvinylchlorid (PVC) (Fortsetzung)

#### Standardrohre

PVC-u	<b>SDR 51</b>	<b>SDR 34,4</b>	<b>SDR 21</b>	<b>SDR 13,6</b>	Die links stehende Tabelle gibt einen Überblick über Standardrohre der Druckstufen MDP 4, MDP 6, MDP 10 und MDP 16 mit den entsprechenden Wanddickenverhältnissen SDR 51, SDR 34,4, SDR 21 und SDR 13,6, die im Rohrleitungsbau eingesetzt werden.
	<b>MDP 4</b>	<b>MDP 6</b>	<b>MDP 10</b>	<b>MDP 16</b>	
DN	$d_A \times s$ in mm				
	–	–	–	20 × 1,5	
	–	–	25 × 1,5	25 × 1,9	
	–	–	32 × 1,9	32 × 2,4	
	–	–	40 × 1,9	40 × 3,0	
	–	50 × 1,5	50 × 2,4	50 × 3,7	
	–	63 × 1,9	63 × 3,0	63 × 4,7	
	75 × 1,8	75 × 2,2	75 × 3,6	75 × 5,6	
	90 × 1,8	90 × 2,7	90 × 4,3	90 × 6,7	
100	110 × 2,2	110 × 3,2	110 × 5,3	110 × 8,1	
	125 × 2,5	125 × 3,7	125 × 6,0	125 × 9,2	
	140 × 2,8	140 × 4,1	140 × 6,7	140 × 10,3	
150	160 × 3,2	160 × 4,7	160 × 7,7	160 × 11,8	
	180 × 3,6	180 × 5,3	180 × 8,6	180 × 13,3	
	200 × 3,9	200 × 5,9	200 × 9,6	225 × 16,6	
200	225 × 4,4	225 × 6,6	225 × 10,8	–	
	250 × 4,9	250 × 7,3	250 × 11,9	–	
	280 × 5,5	–	280 × 13,4	–	
300	315 × 6,2	315 × 9,2	315 × 15,0	–	
	355 × 7,0	355 × 10,4	–	–	
	400 × 7,9	400 × 11,7	–	–	

### Glasfaserverstärkte Kunststoffrohre (GFK)

#### Allgemeine Informationen

Rohre aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) kommen vor allem bei großen Nennweiten ab ca. DN 500 zum Einsatz. GFK ist ein Composit aus Polyesterharz als Bindemittel, Quarzsand als Füllstoff und Glasfasern als Bewehrung, die sich die „Arbeit teilen“. Jeder Bestandteil übernimmt bestimmte Aufgaben wie z. B. die Glasfasern die Zugfestigkeit oder das Polyesterharz die chemische Beständigkeit. Da dieser Sandwichaufbau variabel ist, können die Rohre individuell an die entsprechenden Anforderungen angepasst werden. Somit ergeben sich hoch belastbare und chemisch sehr beständige Rohre mit guten hydraulischen Eigenschaften und hoher Abriebfestigkeit, die zudem ein vergleichsweise geringes Gewicht haben.

Die Außendurchmesser orientieren sich dabei an den Außendurchmessern von PVC und GJS, sodass ein Materialwechsel problemlos ohne Sonderformstücke realisierbar ist.

GFK Rohre werden entweder im Wickel- (meist kleinere Nennweiten) oder im Schleuderverfahren (meist größere Nennweiten) hergestellt.

#### Einsatzbereiche

GFK-Rohre kommen in der Trinkwasserversorgung bei großen Zubringer- und Transportleitungen zum Einsatz. Da Druckstufen bis 40 bar zugelassen sind, können so bei Nennweiten bis DN 2400 große Mengen an Wasser weitergeleitet werden. Durch die variablen Baulängen bis 18 m und das leichte Gewicht ermöglichen sie ein gutes Handling auf der Baustelle, sodass sie eine gute und vor allem wirtschaftlich attraktive Alternative zu den traditionellen metallischen Materialien GJS und St bieten, da sie ohne zusätzliche Korrosionsschutzmaßnahmen auskommen.

Darüber hinaus finden GFK-Rohre zunehmend bei Druckleitungen in der Abwasserentsorgung aufgrund der hohen chemischen Beständigkeit als Alternative zu Betonrohren in großen Nennweiten Anwendung.



<b>Grundlagen der Instandhaltung</b>	<b>238</b>
Maßnahmen, Strategien . . . . .	238
Wartung, Inspektion, Instandsetzung, Verbesserung . . . . .	239
Instandhaltungskonzepte . . . . .	240
<b>Qualitätsmanagement</b>	<b>242</b>
Normen ISO 9000, 9001, 9004 . . . . .	242
Begriffe . . . . .	243
Qualitätsplanung, Qualitätslenkung, Qualitätsprüfung . . . . .	244
Statistische Auswertung . . . . .	245
<b>Kalkulation</b>	<b>250</b>
<b>Schmierstoffe</b>	<b>251</b>
Schmieröle . . . . .	251
Schmierfette . . . . .	252
<b>Maschinenrichtlinie</b>	<b>253</b>
Aufbau und Inhalt . . . . .	253
CE-Kennzeichnung . . . . .	254
<b>Arbeitssicherheit</b>	<b>255</b>
Sicherheitskennzeichnung . . . . .	255
Sicherheitszeichen . . . . .	255
GHS-System . . . . .	260
H-Sätze . . . . .	261
P-Sätze . . . . .	263
Umgang mit Gefahrstoffen (GefStoffV) . . . . .	266
Arbeitsplatzgrenzwerte (AGWs) . . . . .	268
Sicherheitsdatenblatt . . . . .	277
<b>Anschlagmittel</b>	<b>278</b>
Rundschlingen, Hebebänder . . . . .	279
Seile . . . . .	280
Ketten und Zubehör . . . . .	281
Transporthilfsmittel . . . . .	283
Handzeichen für Anschlüsse . . . . .	284
<b>Elektrotechnik</b>	<b>285</b>
Elektrotechnische Grundlagen . . . . .	285
Leistung, Arbeit, Wirkungsgrad . . . . .	289
Stromversorgungssysteme . . . . .	290
Schutzmaßnahmen in der Elektrotechnik . . . . .	291
Leitungen in der Elektrotechnik, Schaltungen . . . . .	295
Elektromotoren . . . . .	302
Bauteile in der Elektrotechnik . . . . .	303
<b>Messtechnik</b>	<b>304</b>
Messtechnische Grundlagen . . . . .	304
Messprotokolle . . . . .	307
Temperaturmessung . . . . .	309
Druckmessung . . . . .	310
Durchflussmessung . . . . .	311
Füllstandmessung . . . . .	312
Feuchtemessung, Drehzahlmessung . . . . .	313
<b>Regelungstechnik</b>	<b>314</b>
Begriffe, Steuern, Regeln . . . . .	314
Regler . . . . .	315
Regelstrecken . . . . .	317
Zahlsensysteme, Digitalcodes . . . . .	318
Binäre Verknüpfungen . . . . .	319
Darstellung von PCE-Aufgaben in einem R&I-Fließbild . . . . .	320



### Kennbuchstaben für PCE-Verarbeitungsfunktion

A	Alarm, Meldung	B	Beschränkung, Eingrenzung
C	Regelung	D	Differenz
E	N.A.	F	Verhältnis
G	N.A.	H	Oberer Grenzwert, an, offen
I	Analoganzeige	J	N.A.
K	N.A.	L	Unterer Grenzwert, aus, geschlossen
M	N.A.	N	N.A.
O	Binäre Statusanzeige (lokal oder PCS)	P	N.A.
Q	Integral, Summe	R	Aufgezeichneteter Wert
S	Binäre Steuerfunktion oder Schaltfunktion die nicht sicherheitsrelevant ist.		
T	N.A.	U	N.A.
V	N.A.	W	N.A.
X	Für eine nicht aufgelistete Bedeutung.	Y	Rechenfunktion
Z	Sicherheitsrelevante, binäre Steuerfunktion oder Schaltfunktion. (Das Dreieck am PCE-Aufgabensymbol darf zusätzlich, als redundante Information, benutzt werden.)		

### Zusammenstellung der Kennbuchstaben für PCE- Kategorie und PCE-Funktion

#### Regeln

- Die Wahl des Erstbuchstabens erfolgt aus der Tabelle Kategorie.
- Die Verarbeitungsfunktion wird ab dem 2. Buchstaben erstellt.
- Kombinationen von PCE-Verarbeitungsfunktionen, nach nebenstehender Tabelle aufbauen.
- Die Verarbeitungsfunktionen A, H, L, O, S, Z nur außerhalb des Ovals verwenden.

	1	2	3	4
1	F	D	Y	C
2	B	Q	X	

### PCE-Verarbeitungsfunktion für Sensoren und Aktoren im Oval (Auswahl)

FI	Durchflussmessung mit Anzeige	TC	Temperaturregelung
LR	Füllstandmessung mit Schreiber	YS	Ventil auf, zu
PIR	Druckmessung mit Anzeige und Aufzeichnung	YC	Stellarmatur (kontinuierlich)
NS	Motor an, aus	YCS	Stellarmatur mit auf-, zu-, Funktion.
NC	Motor geregelt	YZ	Ventil auf, zu (sicherheitsrelevant)

### PCE-Verarbeitungsfunktion für Sensoren und Aktoren außerhalb des Ovals (Auswahl)

AH	Alarm, oberer Grenzwert erreicht.	OH	Oberer Grenzwert erreicht, löst eine binäre Statusanzeige lokal oder im PCS aus.
AL	Alarm, unterer Grenzwert erreicht.	ZLL	Unterer Grenzwert erreicht, löst eine binäre sicherheitsrelevante Schaltfunktion aus.

### Weitere Informationen außerhalb des Ovals

	Sicherheitsrelevant		GMP-relevant <sup>1)</sup>		Qualitätsrelevant
Unterlieferant	Lieferant, der eine abgeschlossenen verfahrenstechnische Einheit für eine Prozessanlage liefert. Der Hinweis steht links oben am Oval. Es dürfen auch andere projektspezifische Angaben dort eingetragen werden.				
Typicalkennzeichnung	Die Typicalkennzeichnung weist auf ein grafisches Diagramm einer Funktion hin, das in einer Datenbank eines der benutzten Konstruktionsprogramme gespeichert ist. Es dient der automatischen Erstellung von PCE-Kreisen, PLT-Aufgaben und Referenzkennzeichen mit einem CAE-Werkzeug. Die Kennzeichnung steht links am Oval, oberhalb der horizontalen Linie.				
Geräteinformation	Ist die PCE-Kategorie nicht genau genug, werden zusätzliche Geräteinformationen benötigt. Wird eine pH-Messung benötigt ist die Kategorie „A“ für Analyse anzugeben und zusätzlich die Geräteinformation „pH“ unten links am Oval.				

<sup>1)</sup> GMP: good manufacturing practice (gute Herstellungspraxis)

I  
A  
B  
T



## PCE-Aufgaben (Beispiele)

Druckmessung mit Anzeige lokal PCE-Kennzeichen 1201	PI 1201	Druckmessung mit Schreiber im lokalen Schaltpult PCE-Kennzeichen 2002	PR 2002
Druckmessung mit Anzeige mit Schreiber im zentralen Leitstand PCE-Kennzeichen 1303	PIR 1303	Temperaturmessung mit Anzeige mit Aufzeichnung im zentralen Leitstand mit Schaltfunktionen PCE-Kennzeichen 3404	SH TIR 3404 SL
Füllstandmessung mit Anzeige mit Registrierung mit Regelung in zentralem Leitstand GMP relevant PCE-Kennzeichen 2305	LIRC 2305	Drehzahlmessung mit Anzeige Geräteinfo.: U/min lokal mit oberem Alarm PCE-Kennzeichen 4806	AH SI 4806 U/min
Spannungsmessung mit Aufzeichnung im lokalen Leitstand Maximalwert Alarm Minimalwert Alarm qualitätsrelevant PCE-Kennzeichen 5107	ER 5107 AH ■ AL	Feuchtemessung mit Anzeige mit Regelung mit Alarm bei minimalem Feuchtwert bei Firma XYZ gekauft PCE-Kennzeichen 5608	Firma XYZ MIC 5608 AL
Leistungsmessung lokal bei Firma XYZ gekauft PCE-Kennzeichen 6409	Firma XYZ J 6409	pH-Wert-Messung mit Regelung in zentralem Leitstand mit optischer Anzeige bei max und min PCE-Kennzeichen 6910	OH pH AC 6910 OL
Stellarmatur auf – zu lokal Typical gr.9a GMP relevant PCE-Kennzeichen 7711	gr.9a YS 7711	Ein- Ausschalter Handeingabe in zentralem Leitstand PCE-Kennzeichen 8212	HS 8212
Frequenzmessung mit Aufzeichnung in zentralem Leitstand mit min, max Meldung Notabschaltung bei Extremwerten sicherheitsrelevant PCE-Kennzeichen 9913	f SR 9913 ZHH AH ▲ AL ZLL	Frequenzmessung mit Aufzeichnung in zentralem Leitstand mit min,max Meldung Notabschaltung bei Extremwerten sicherheitsrelevant PCE-Kennzeichen 9914	ZHH AH SR 9914 ▲ AL ZLL

I  
T  
  
A  
T  
  
A  
B  
T  
  
S  
T



<b>Wärmetauscher</b>	<b>326</b>
Bauarten . . . . .	326
Systeme der Stromführung . . . . .	327
<b>Flüssigkeitspumpen</b>	<b>328</b>
Bauarten . . . . .	328
Berechnungen . . . . .	329
Kreiselpumpen . . . . .	330
Maße für Kreiselpumpen . . . . .	331
Pumpenkennlinien . . . . .	332
<b>Druckerhöhungsanlagen</b>	<b>333</b>
Planungsgrundlagen . . . . .	333
Anlagenteile, Anschlussarten . . . . .	334
Druckzonen, Inspektion und Wartung . . . . .	336
<b>Feuerlösch- und Brandschutzanlagen</b>	<b>337</b>
Einteilung, Löschwassereinrichtungen . . . . .	337
Vergleich Löschwasserleitungssysteme . . . . .	340
Hydranten . . . . .	341
Sprinkleranlagen . . . . .	342
<b>Bohren</b>	<b>343</b>
Einteilung, Winkel und Begriffe am Spiralbohrer . . . . .	343
Berechnungen beim Bohren ins Volle . . . . .	344
Richtwerte für die Schnittkraft . . . . .	345
Hauptnutzungszeit, Bohrertypen . . . . .	346
<b>Befestigungselemente</b>	<b>347</b>
Gewindeübersicht . . . . .	347
Metriche ISO-Gewinde . . . . .	348
Metriche kegelige Außengewinde . . . . .	349
Rohrgewinde . . . . .	350
Rundgewinde . . . . .	351
Festigkeitsklassen von Schrauben und Muttern . . . . .	352
Toleranzen für Schrauben und Muttern, Durchgangslöcher für Schrauben . . . . .	354
Senkungen für Schrauben . . . . .	355
Sechskantschrauben . . . . .	357
Zylinderschrauben . . . . .	359
Blechschrauben . . . . .	360
Ringschrauben . . . . .	361
Sechskantmuttern . . . . .	362
Scheiben . . . . .	364
Rohrschellen . . . . .	366
Rundstahlbügel . . . . .	369
Konstanthänger . . . . .	370
Rohrbefestigungsabstände . . . . .	373
<b>Verfahrenstechnik</b>	<b>374</b>
Begriffe der Verfahrenstechnik . . . . .	374
Apparate und Maschinen . . . . .	376
Stoffgemische . . . . .	377
Fließschemata (Zeichnerische Darstellung) . . . . .	378
Grundfließschema . . . . .	379
Verfahrensfließschema . . . . .	381
R&I-Fließschema . . . . .	384



### Kreiselpumpen

Kreiselpumpen sind Strömungsmaschinen, die mechanische Energie mittels eines rotierenden Laufrads auf die Förderflüssigkeit übertragen, um Geschwindigkeit und Druck zu gewinnen.

#### Begriffe für Pumpen

vgl. DIN EN ISO 17769-1: 2012-11

<b>Pumpe</b>	Pumpen sind mechanische Vorrichtungen zur Förderung von Flüssigkeiten. Sie sind durch ihre Eintritts- und Austrittsstutzen sowie durch ihre Wellenenden begrenzt.
<b>Pumpenaggregat</b>	Ein Pumpenaggregat besteht aus der Pumpe, der Antriebsmaschine, den Übertragungselementen, der Grundplatte und jeglichen Hilfseinrichtungen.
<b>Förderstrom <math>Q</math></b>	Ist der Volumenstrom in $\text{m}^3/\text{h}$ oder $\text{l}/\text{s}$ , der aus dem Austrittsquerschnitt der Pumpe in einer bestimmten Zeit in die Druckleitung der Anlage gefördert wird.
<b>Förderhöhe <math>H</math></b>	Die Höhe einer ruhenden Flüssigkeitssäule in m, die unter dem Einfluss der Fallbeschleunigung einen Druck auf ihre untere Bezugsfäche ausübt.
<b>Förderleistung <math>P</math></b>	Die auf die Förderflüssigkeit übertragene mechanische Leistung in kW beim Durchströmen der Pumpe.
<b>Pumpenwirkungsgrad <math>\eta</math></b>	Das Verhältnis der Förderleistung zur aufgenommenen Leistung des Pumpenantriebs.
<b>Kavitation</b>	Die abrupte Implosion (das Zusammenfallen) von Dampfblasen in der Förderflüssigkeit der Pumpe.
<b>Dampfblasenbildung</b>	Dampfblasen entstehen, wenn der statische Druck am Eintrittsstutzen der Pumpe unter den zugehörigen Dampfdruck der Förderflüssigkeit fällt.
<b>NPSH-Wert:</b>	Net Positive Suction Head (Netto Positive Saughöhe). Ist die Differenz zwischen dem absoluten statischen Druck und dem Dampfdruck der zugehörigen Förderflüssigkeitstemperatur. Für einen kavitationsfreien Pumpenbetrieb muss der NPSH-Wert der Anlage > dem NPSH-Wert der Pumpe sein.

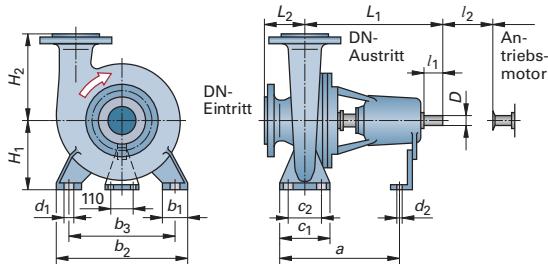
#### Nennleistungen für Kreiselpumpen

PN 10 vgl. DIN EN 733: 1995-08 PN 16 vgl. DIN EN ISO 2858: 2011-12

Pumpenbenennung			Nennleistung				Pumpenbenennung			Nennleistung			
Flansch Ø Austritt	Flansch Ø Eintritt	Lauf- rad Ø	$n = 1450 \text{ min}^{-1}$ $Q \text{ m}^3/\text{h}$	$n = 2900 \text{ min}^{-1}$ $Q \text{ m}^3/\text{h}$	$H \text{ m}$	Flansch Ø Austritt	Flansch Ø Eintritt	Lauf- rad Ø	$n = 1450 \text{ min}^{-1}$ $Q \text{ m}^3/\text{h}$	$H \text{ m}$	$n = 2900 \text{ min}^{-1}$ $Q \text{ m}^3/\text{h}$	$H \text{ m}$	
32	50	125	6,3	12,5	20,0	32	50	125	6,3	12,5	20,0	32,0	
32	50	160		32,0		32	50	160		32,0		50,0	
32	50	200		50,0		32	50	200		50,0		50,0	
40	65	125	12,5	25,0	20,0	40	65	200	12,5	25,0	20,0	50,0	
40	65	160		32,0		40	65	250		32,0		80,0	
40	65	200		50,0		40	65	315		32,0		125,0	
50	65	160	12,5	50,0	32,0	50	65	200	12,5	50,0	20,0	50,0	
50	65	200		50,0		50	80	250		50,0		80,0	
50	65	250	20,0	80,0		50	80	315		32,0		125,0	
65	80	200	50,0	100,0	50,0	65	100	200	12,5	100,0	20,0	50,0	
65	80	250	20,0	100,0	80,0	65	100	250	50,0	100,0	32,0	80,0	
65	80	315	32,0	—	—	65	100	315		32,0		125,0	
80	100	200	80,0	160,0	50,0	80	125	200	80,0	160,0	20,0	50,0	
80	100	250	20,0	160,0	80,0	80	125	250		160,0	20,0	80,0	
80	100	315	32,0	—	—	80	125	315		160,0	32,0	125,0	
100	125	250	125,0	250,0	80,0	100	125	250	100,0	200,0	20,0	80,0	
100	125	315	32,0	—	—	100	125	315	100,0	200,0	32,0	125,0	
100	125	400	50,0	—	—	100	125	400	100,0	200,0	50,0	—	
125	150	250	200,0	20,0		125	150	250	150	200,0	20,0		
125	150	315	32,0	—	—	125	150	315	150	200,0	32,0		
125	150	400	50,0	—	—	125	150	400	150	200,0	50,0		
150	200	315	315,0	32,0		150	200	315	315,0	32,0			
150	200	400	50,0	—	—	150	200	400	315,0	50,0	—	—	



## Kreiselpumpen (Fortsetzung)



Bezeichnung einer Kreiselpumpe mit axialem Eintritt, Nenndruck PN 10, Druckstutzenzennweite 65 mm und 315 mm Lauf-  
radnenndurchmesser:

## Kreiselpumpe EN 733 – 65 – 315

Nummerncode-Bezeichnung einer Kreiselpumpe nach ISO 2858 mit axialem Eintritt, Nenndruck PN 16, 50 mm Eintritts-Durchmesser, 32 mm Austritts-Durchmesser und 160 mm Laufrad-Nenndurchmesser:

50 – 32 – 160

## Maße für Kreiselpumpen PN 10 (in mm)

vgl. DIN EN 733: 1995-08

Flansch ∅ Austritt	Flansch ∅ Eintritt	Lauf- rad ∅	Pumpenmaße				Fußmaße						Wellenmaße				
			L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	a	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	Schrauben	∅ d <sub>1</sub>	∅ d <sub>2</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>
32	50	125	360	80	112	140	260	50	190	140	100	70	M12	M12	50	100	24
32	50	160	360	80	132	160	260	50	240	190	100	70	M12	M12	50	100	24
32	50	200	360	80	160	180	260	50	240	190	100	70	M12	M12	50	100	24
40	65	125	360	80	112	140	260	50	210	160	100	70	M12	M12	50	100	24
40	65	160	360	80	132	160	260	50	240	190	100	70	M12	M12	50	100	24
40	65	200	360	100	160	180	260	50	265	212	100	70	M12	M12	50	100	24
50	65	160	360	100	160	180	260	50	265	212	100	70	M12	M12	50	100	24
50	65	200	360	100	160	200	260	50	265	212	100	70	M12	M12	50	100	24
50	65	250	360	100	180	225	260	65	320	250	125	95	M12	M12	50	100	24
65	80	200	360	100	180	225	260	65	320	250	125	95	M12	M12	50	140	24
65	80	250	360	100	200	250	340	80	360	280	160	120	M16	M12	80	140	32
65	80	315	360	125	225	280	340	80	400	315	160	120	M16	M12	80	140	32
80	100	200	360	125	180	250	340	65	345	280	125	95	M12	M12	80	140	32
80	100	250	470	125	200	280	340	80	400	315	160	120	M16	M12	80	140	32
80	100	315	470	125	250	315	340	80	400	315	160	120	M16	M12	80	140	32
100	125	250	470	140	225	280	340	80	400	315	160	120	M16	M12	80	140	32
100	125	315	470	140	250	315	340	80	400	315	160	120	M16	M12	80	140	32
100	125	400	530	140	280	355	370	100	500	400	200	150	M20	M12	110	140	32
125	150	250	470	140	250	355	340	80	400	315	160	120	M16	M12	80	140	32
125	150	315	530	140	280	355	370	100	500	400	200	150	M20	M12	110	140	42

## Maße für Kreiselpumpen PN 16 (in mm)

vgl. DIN EN ISO 2858: 2011-12

32	50	125	385	80	112	140	285	50	190	140	100	70	M12	M12	50	100	24
32	50	160	385	80	132	160	285	50	240	190	100	70	M12	M12	50	100	24
32	50	200	385	80	160	180	285	50	240	190	100	70	M12	M12	50	100	24
40	65	200	385	100	160	180	285	50	265	212	100	70	M12	M12	50	100	24
40	65	250	500	100	180	225	370	65	320	250	125	95	M12	M12	80	100	32
40	65	315	500	125	200	250	370	65	345	280	125	95	M12	M12	80	100	32
50	80	200	385	100	160	200	285	50	265	212	100	70	M12	M12	50	100	24
50	80	250	500	125	180	225	370	65	320	250	125	95	M12	M12	80	100	32
50	80	315	500	125	225	280	370	65	345	280	125	95	M12	M12	80	100	32
65	100	200	500	100	180	225	370	65	320	250	125	95	M12	M12	80	140	32
65	100	250	500	125	200	250	370	80	360	280	160	120	M16	M12	80	140	32
65	100	315	530	125	225	280	370	80	400	315	160	120	M16	M12	110	140	42
80	125	200	500	125	180	250	370	65	345	280	125	95	M12	M12	80	140	32
80	125	250	500	125	225	280	370	80	400	315	160	120	M16	M12	80	140	32
80	125	315	530	125	250	315	370	80	400	315	160	120	M16	M12	110	140	42
100	125	250	530	140	225	280	370	80	400	315	160	120	M16	M12	110	140	42
100	125	315	500	140	250	315	370	80	400	315	160	120	M16	M12	110	140	42
100	125	400	530	140	280	355	370	100	500	400	200	150	M20	M12	110	140	42
125	150	250	530	140	250	355	370	80	400	315	160	120	M16	M12	110	140	42
125	150	315	500	140	280	355	370	100	500	400	200	150	M20	M12	110	140	42

A  
B  
TS  
T



## Fließschemata

vgl. DIN EN ISO 10628-1: 2015-04

Fließschemata dokumentieren die Struktur und Funktion einer verfahrenstechnischen Anlage. Sie bilden den Ablauf eines Verfahrens mit zeichnerischen Mitteln ab.

Damit gehören sie zu den technischen Unterlagen, die für Entwicklung, Montage, Inbetriebnahme und Wartung einer verfahrenstechnischen Anlage nötig sind. Fließschemata dienen der Kommunikation zwischen den Planern, Erbauern und Betreibern der Anlagen und ihrer Bauteile.

Der Informationsgehalt und die Genauigkeit der Darstellung muss nach den Anforderungen der einzelnen Prozess-Beteiligten gewählt werden. Möglich sind hier **Grundfließschemata**, **Verfahrensfließschemata** sowie **Rohrleitungs- und Instrumentenfließschemata** (R & I-Fließschemata), wobei jede Art der Darstellung auf die Funktion bezogen sein muss.

### Zeichnerische Darstellung

vgl. nachfolgende Beispielbilder für Fließschemata

Die zeichnerische Ausführung muss den geltenden Regeln entsprechen. Fließschemata werden ohne Maßstab gezeichnet.

#### Fließrichtung und Linienbreiten

Die Wege und Richtungen der Stoffströme sind durch Linien und Pfeile kenntlich zu machen.

- Die **Hauptfließrichtung** verläuft von links nach rechts oder von oben nach unten und wird mit einer **Linienbreite von 1 mm** gezeichnet.
- **Nebenfließrichtungen**, Rechtecke, Apparate und Maschinen werden mit einer **Linienbreite von 0,5 mm** gezeichnet.
- **Bezugslinien**, Hilfslinien, Armaturen und Rohrleitungszubehör sowie die Symbolik für Messen, Steuern und Regeln werden mit einer **Linienbreite von 0,25 mm** gezeichnet.

Zur Kennzeichnung des Ein- und Ausganges von Stoffen in das Fließschema bzw. aus dem Fließschema heraus, werden Ein- und Ausgangspfeile verwendet.

Zur Kennzeichnung der Stoff-Fließrichtungen innerhalb des Fließschemas werden Pfeile in die Linien gezeichnet. Zum besseren Verständnis sollten die Pfeile am Eintritt zu Rechtecken, Apparaten und Maschinen (ausgenommen Pumpen) und vor Rohrleitungsabzweigungen gezeichnet werden.

#### Rohrleitungskreuzungen

Kreuzen sich Rohrleitungen gleicher Linienbreite, die nicht miteinander verbunden sind, wird die senkrechte Rohrleitung unterbrochen.

Kreuzen sich Rohrleitungen unterschiedlicher Linienbreite, die nicht miteinander verbunden sind, wird die dünnerne Rohrleitung unterbrochen.

#### Gestaltung der Sinnbilder

Die Sinnbilder für Apparate und Maschinen (ausgenommen Pumpen, Antriebsmaschinen, Ventile und Fittings) sollten in ihren Abmessungen im gleichen Verhältnis dargestellt werden und in ihrer Höhenlage zueinander annähernd identisch sein.

Bauteile, die auf einer höheren Ebene der Anlage anzutreffen sind, sollen in dem Schema oben eingezeichnet werden, und Bauteile, die auf einer tieferen Ebene vorzufinden sind, entsprechend darunter.

Symbole für Mess-, Steuerungs- und Regelungseinrichtungen müssen in ihrer logischen Position abgebildet werden.

#### Beschriftung

Die schriftliche Bezeichnung der Anlagenteile erfolgt eindeutig neben dem Sinnbild, jedoch im Normalfall nicht innerhalb des Symbols. Weitere Angaben wie Nennvolumen, Druck oder Werkstoff können unter das Kurzzeichen oder in separate Tabellen geschrieben werden.

Rohrleitungen oder Fließlinien werden nach der Linienführung beschriftet:

- Bei waagerechten Linien erfolgt die Beschriftung parallel oberhalb der Linie,
- Bei senkrechten Linien erfolgt die Beschriftung parallel links zur Linie.

Kennzeichnungen für Armaturen werden parallel zur Fließrichtung direkt an das Sinnbild geschrieben.

Mess-, Steuerungs- und Regelungseinrichtungen werden nach IEC 62424 beschriftet.

Stoffflüsse (z.B. Volumina bzw. Massen), Betriebsbedingungen (z.B. Temperaturen, Drücke) und Stoffeigenschaften (z.B. Viskositäten, ph-Werte) können in Rechtecke eingetragen werden, die durch Linien mit dem Bezugspunkt verbunden sind oder in eine gesonderte Tabelle.

Die Rechtecke werden bei waagerechten Linien parallel oberhalb der Linie und bei senkrechten Linien links oder rechts daneben dargestellt. Sollen die Werte in Tabellen zusammengefasst werden, so sind in die Rechtecke und in die Tabellenangaben zusammengehörende Nummern oder Buchstaben einzutragen.

**Fließschemata** (Fortsetzung)

vgl. DIN EN ISO 10628-1: 2015-04

**Grundfließschema**

Im Grundfließschema wird eine verfahrenstechnischen Anlage oder ein Prozess unkompliziert und einfach durch Rechtecke, die durch Linien verbunden sind, dargestellt. Dabei dürfen die Rechtecke folgendes bezeichnen:

- Verfahren,
- Verfahrensabschnitte,
- Grundoperationen,
- Verfahrenstechnische Anlagen bei Anlagenkomplexen,
- Teilanlagen,
- Anlageteile.

Die Linien stellen die Stoff- und/oder Energieflüsse dar.

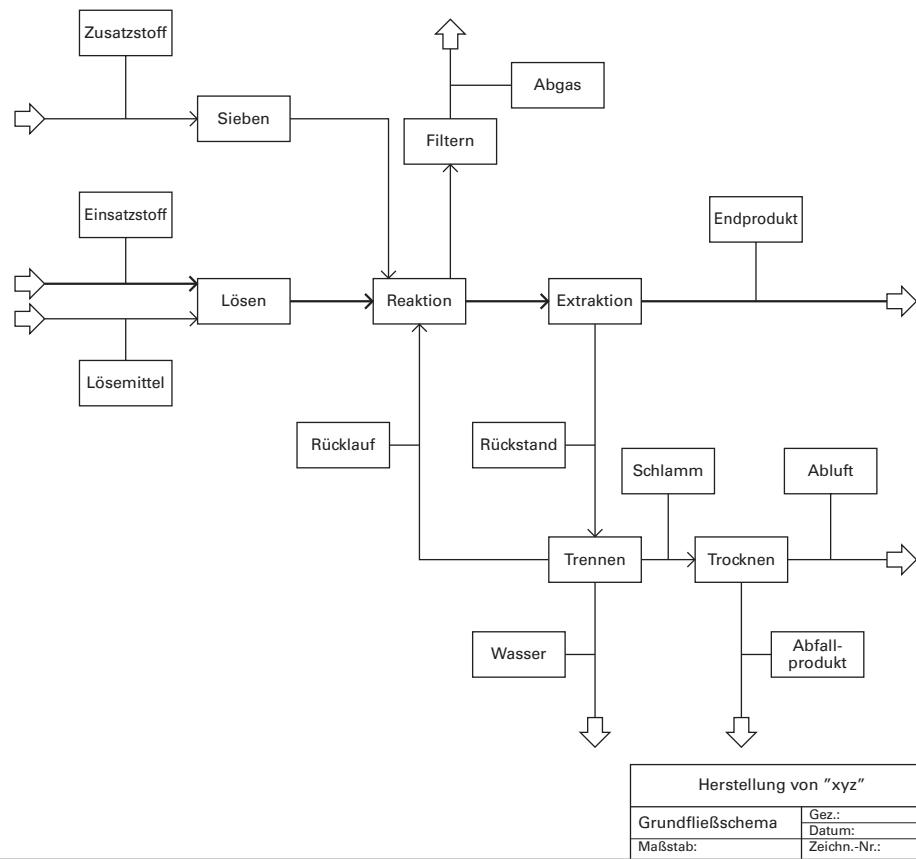
Grundfließschemata können in zwei Versionen dargestellt werden.

- Grundfließschema mit **Grundinformationen**,
- Grundfließschema mit **Zusatzinformationen**.

**Grundfließschema mit Grundinformationen**

Ein Grundfließschema mit Grundinformationen muss mindestens die folgenden Informationen enthalten:

- die Benennung der Rechtecke,
- die Benennung der Ein- und Ausgangsstoffe,
- die Fließrichtung der Hauptstoffe zwischen den Rechtecken.





## Fließschemata (Fortsetzung)

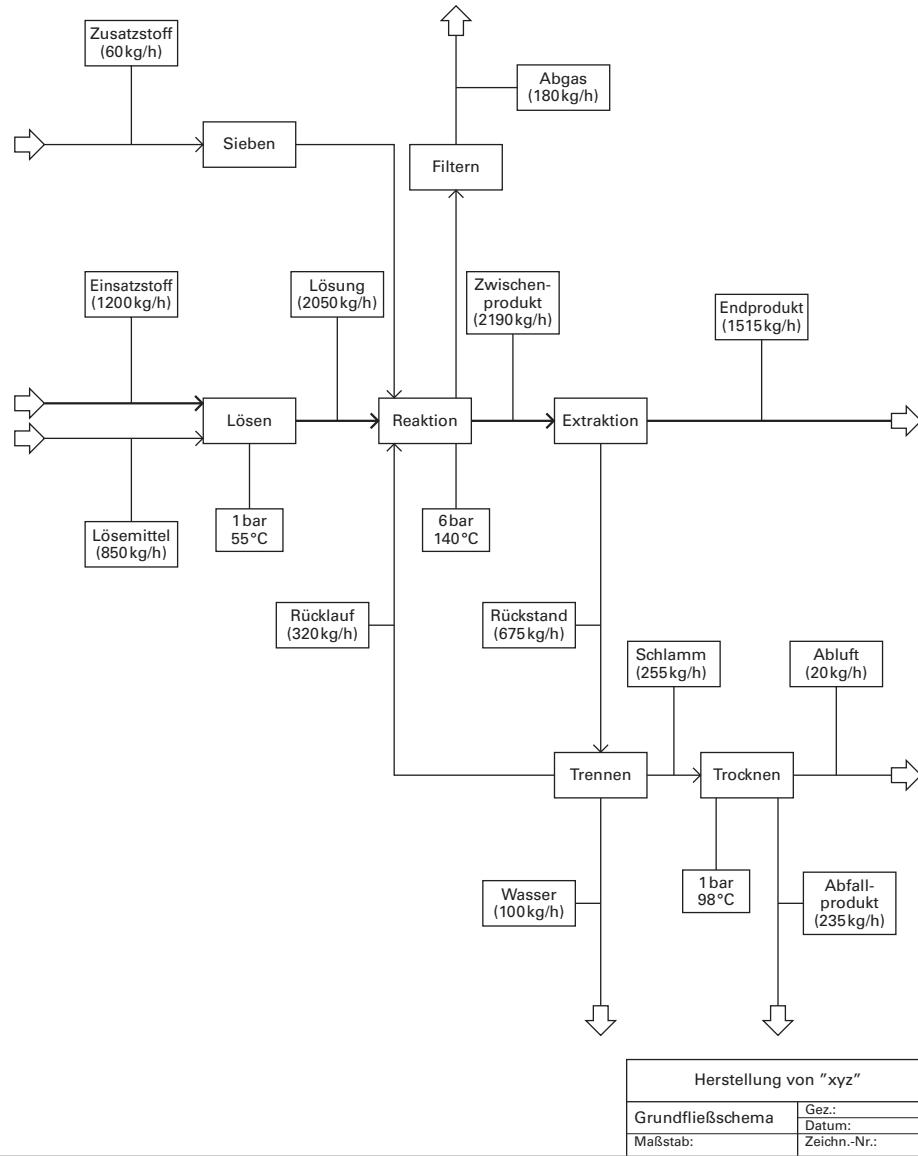
vgl. DIN EN ISO 10628-1: 2015-04

## Grundfließschema (Fortsetzung)

## Grundfließschema mit Zusatzinformationen

Ein Grundfließschema mit Zusatzinformationen kann neben den Grundinformationen die folgenden weiterführenden Informationen enthalten:

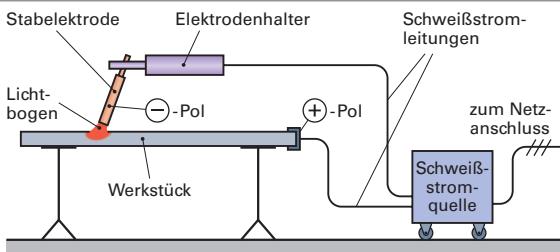
- die Benennung der Hauptstoffe zwischen den Rechtecken,
- die Volumen- bzw. Massenströme der Ein- und Ausgangsstoffe,
- die Volumen- bzw. Massenströme der Energieträger,
- die kennzeichnenden Betriebsbedingungen.





<b>Grundlagen des Schweißens</b>	<b>442</b>
Übersicht, Ordnungsnummern . . . . .	442
Darstellung von Schweißnähten in Zeichnungen . . . . .	443
Vermaßung von Schweißnähten . . . . .	444
Schweißpositionen und Schweißstöße . . . . .	446
<b>Schweißnahtvorbereitung</b>	<b>447</b>
Nahtformen . . . . .	447
Nahtvorbereitungsverfahren für Stähle . . . . .	448
Schleifen (Richtwerte) . . . . .	449
Schleifmittel . . . . .	450
Auswahl von Schleifscheiben . . . . .	451
Schleifen mit Diamant und Bornitrid . . . . .	452
Hauptnutzungszeit beim Schleifen . . . . .	453
<b>Schweißverfahren</b>	<b>454</b>
Einsatzgebiete der Schweißverfahren . . . . .	454
Gassschmelzschweißen G . . . . .	454
Schweißstäbe zum Gassschweißen . . . . .	455
Gasverbrauch, Kennzeichnung der Druckgasflaschen . . . . .	456
Lichtbogenhandschweißen E . . . . .	458
Umhüllte Stabelektroden . . . . .	458
Einsatzgebiete und Einstellwerte für Stabelektroden . . . . .	459
Metall-Schutzgasschweißen MSG (MIG/MAG) . . . . .	465
Schutzgase zum MSG-Schweißen . . . . .	465
Schweißparameter und Richtwerte für Drahtelektroden . . . . .	467
Massivdrahtelektroden . . . . .	469
Wolfram-Inertgasschweißen WIG . . . . .	476
Schweißzusätze zum WIG-Schweißen . . . . .	477
Plasmorschweißen WP . . . . .	480
Unterpulverschweißen UP . . . . .	481
Elektrisches Widerstandsschweißen R . . . . .	483
Richtwerte für Widerstandsschweißungen . . . . .	484
<b>Bewertung von Schweißnähten</b>	<b>485</b>
<b>Schweißerprüfung</b>	<b>486</b>
<b>Thermisches Trennen</b>	<b>487</b>
Autogenes Brennschneiden . . . . .	487
Plasmarschneiden, Laserstrahlschneiden . . . . .	488
<b>Arbeitssicherheit beim Schweißen und Löten</b>	<b>489</b>
Gefahren und Arbeitsschutz . . . . .	489
Schweißarbeiten in engen Räumen . . . . .	490
Erste-Hilfe- und Brandschutzeinrichtungen . . . . .	490
<b>Löten</b>	<b>491</b>
Lötprozesse und Ordnungsnummern . . . . .	491
Flussmittel zum Weichlöten . . . . .	491
Weichlote . . . . .	492
Flussmittel zum Hartlöten . . . . .	493
Hartlote . . . . .	494
<b>Kunststoff-Schweißen</b>	<b>495</b>
Schweißverfahren . . . . .	495
Schweißdurchführung . . . . .	496
<b>Kleben</b>	<b>497</b>
Wirkprinzip, Klebstoffarten . . . . .	497
Vorbehandlung der Klebeflächen, Klebstoffauswahl . . . . .	498

### Lichtbogenhandschweißen E

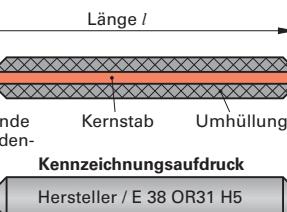


Als Schweißstromquellen stehen zur Verfügung:

- Schweißtransformatoren<sup>1)</sup>
- Schweißgleichrichter
- Schweißgeneratoren

<sup>1)</sup> Auf Baustellen und im Fernleitungsbau werden häufig tragbare Schweißtransformatoren, auch Kleinschweißgeräte oder Inverter genannt, eingesetzt.

#### Umhüllte Stabelektroden

Einsatzgebiete	Normen	Aufbau/Umhüllungstyp	Abmessungen
unlegierte Stähle und Feinkornstähle	DIN EN ISO 2560: 2010-03		Ø in mm Länge in mm 2,0 300 2,5 bis 350
warmfeste Stähle	DIN EN ISO 3580: 2011-05		
hochfeste Stähle	DIN EN ISO 18275: 2012-07	 <p><b>Kennzeichnungsaufdruck</b> Hersteller / E 38 OR31 H5</p>	3,2 300 4,0 bis 450 5,0 6,0
nichtrostende und hitzebeständige Stähle	DIN EN ISO 3581: 2012-04	Zusammensetzung und Dicke der Umhüllungen beeinflussen die Schweißeigenschaften im Hinblick auf – die Stabilität des Lichtbogens, – den Werkstoffübergang zwischen Werkstück und Schweißnaht, – die Viskosität des Schmelzbades und der Schlacke, sowie – die Schweißpositionen.	

#### Umhüllungstypen bei Stabelektroden

Arten	Merkmale, Bestandteile und Schweißeignung
sauerumhüllt Typ A	Eisen- und Manganoxidanteile, diese führen der lichtbogenatmosphäre Sauerstoff zu, der auch vom Schweißgut aufgenommen wird. Dadurch Verringerung der Oberflächenspannung, feiner Werkstoffübergang, dünnflüssiges Schweißgut. Flache und glatte Schweißnähte. <b>Keine Zwangslagenschweißung möglich.</b>
basischumhüllt Typ B	Basische Oxide, wie Calcium- (CaO) und Magnesiumcarbonat (MgO), sowie Calciumfluorid (CaF <sub>2</sub> ) als Schlackeverdünner führen zu hoher Kerbschlagarbeit bei tiefen Temperaturen und zu guter Sicherheit gegen Rissbildung. Werkstoffübergang mittel- bis grobtröpfig, Schmelzbad zähfließend, Schweißraupen sind etwas überhöht. <b>Alle Schweißpositionen sind möglich.</b>
zelluloseumhüllt Typ C	Die Umhüllung besteht vorwiegend aus organischen Bestandteilen, die im Lichtbogen verbrennen. Dadurch entsteht eine bestimmte Menge Schutzgas, das sich positiv auf die Schweißnaht auswirkt. Da die Zellulose der Umhüllung verbrennt, ist der Lichtbogen instabil und es bildet sich kaum Schlacke. Da kein Schlackenvorlauf zu erwarten ist, ist die <b>Elektrode gut für Fallnähte geeignet</b> .
rutilumhüllt <sup>1)</sup> Ty R und Typ RR	Hoher Anteil von Titandioxid (Rutil) und Kalium. Hinzu kommen noch Eisenanteile, die die Ausbringung erhöhen. Rutil führt zu einem groben Tropfenübergang, dadurch besonders für das Schweißen von dünnen Blechen einsetzbar. Auch bei schlechter Nahtvorbereitung kann problemlos ein breiter Schweißspalt überbrückt werden. <b>Für alle Schweißpositionen geeignet.</b>

<sup>1)</sup> Bei den rutil umhüllten Stabelektroden gibt es zusätzlich alle Kombinationen mit den saueren, basischen und zellulose Umhüllungstypen.

Die verschiedenen Umhüllungen bestimmen den Abschmelzcharakter der Elektrode, die Schweißeigenschaften, die schutzgasbildenden Stoffe sowie die Gütwerte des reinen Schweißgutes.



### Einsatzgebiete und Einstellwerte für Stabelektroden

#### Stromstärke in Abhängigkeit vom Elektrodendurchmesser

Durchmesser $d$ in mm	Schweißstablänge $l$ in mm	Stromstärke $I$ in A	Faustregel für die Stromstärke in A	Durchmesser $d$ in mm	Schweißstablänge $l$ in mm	Stromstärke $I$ in A	Faustregel für die Stromstärke in A
2,0	250/300	40 bis 80	$20 \times d$ bis $40 \times d$	4,0	350/400	120 bis 200	$30 \times d$ bis $50 \times d$
2,5	350	50 bis 100		5,0	450	180 bis 270	
3,2	350/400	90 bis 150	$30 \times d$ bis $50 \times d$	6,0	450	220 bis 360	$60 \times d$ bis $60 \times d$

#### Schweißpositionen, Elektrodentyp und Stromstärke für Stumpfnähte<sup>1)</sup>

bei unlegierten und niedriglegierten Stählen

Herstellerangaben

Blechdicke $s$ in mm	Schweißposition	Elektroden-typ	Elektroden-durchmesser $d$ in mm	Stromstärke $I$ in A	Hinweise zur Schweißlage	Blechdicke $s$ in mm	Schweißposition	Elektroden-typ	Elektroden-durchmesser $d$ in mm	Stromstärke $I$ in A	Hinweise zur Schweißlage
4,0	PA <sup>2)</sup>	RA	2,5	75	einlagig	15,0	PA	B	3,2 4,0	130 170	Wurzellage, Füll- und Decklage
6,0	PA	RA	3,2 4,0	140 180	Wurzellage Decklage	15,0	PF	B	3,2 4,0	90 140	Wurzellage Decklage
10,0	PA	B	3,2 4,0	120 170	Wurzellage Decklage	20,0	PA	B	4,0 5,0	160 220	Wurzellage, Füll- und Decklagen
10,0	PF	RB	3,2 4,0	95 160	Wurzellage Decklage	20,0	PF	B	3,2 4,0	90 140	Wurzellage, Füll- und Decklagen

<sup>1)</sup> V-Nähte, <sup>2)</sup> Schweißpositionen: PA = Wannenlage, PF = senkrecht steigend, PG = senkrecht fallend

Stahlrohre Wanddicke $s$ in mm	Schweißposition	Elektroden-typ	Elektroden-durchmesser $d$ in mm	Stromstärke $I$ in A	Hinweise zur Schweißlage	Stahlrohre Wanddicke $s$ in mm	Schweißposition	Elektroden-typ	Elektroden-durchmesser $d$ in mm	Stromstärke $I$ in A	Hinweise zur Schweißlage
8,0	PG <sup>1)</sup>	C	4,0	125 170 150 130	Wurzellage Hotpass <sup>2)</sup> Mittellage Decklage	12,0	PG	C C	4,0 5,0	130 180 200 175	Wurzellage, Hotpass Mittellage Decklage
10,0	PG	C	4,0	130 180 190 175	Wurzellage Hotpass Mittellage Decklage						

<sup>1)</sup> Schweißposition: PG = Rohr waagerecht

Schweißung fallend

<sup>2)</sup> Hotpass: Impulsschweißen, um Bindefehler in der Wurzellage auszugleichen

#### Schweißpositionen, Elektrodentyp und Stromstärke für Kehlnähte als T-Stoß

bei unlegierten und niedriglegierten Stählen

Herstellerangaben

Kehlnaht $a$ -Maß in mm	Schweißposition	Elektroden-typ	Elektroden-durchmesser $d$ in mm	Stromstärke $I$ in A	Hinweise zur Schweißlage	Kehlnaht $a$ -Maß in mm	Schweißposition	Elektroden-typ	Elektroden-durchmesser $d$ in mm	Stromstärke $I$ in A	Hinweise zur Schweißlage
2,0	PG	RC	2,5	70	einlagig	6,0	PB	RR160	5,0	290	einlagig
3,0	PB	RR	3,2	130	einlagig	6,0	PB	RR	4,0 5,0	180 240	Wurzellage Decklage
4,0	PB PB	RR RR160	4,0 4,0	180 190	einlagig einlagig						
5,0	PB	RR	4,0 5,0	180 240	Wurzellage Decklage	8,0	PF	B	3,2 4,0	110 140	Wurzellage Decklagen

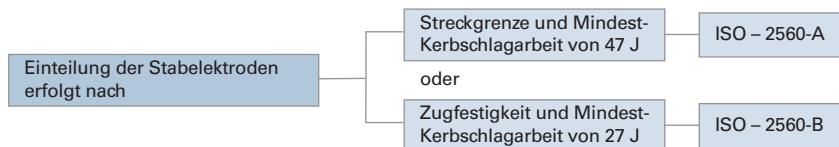


### Einsatzgebiete und Einstellwerte für Stabelektroden (Fortsetzung)

#### Kennzeichnung von umhüllten Stabelektroden

##### Umhüllte Stabelektroden für unlegierte Stähle und Feinkornstähle

vgl. DIN EN ISO 2560: 2010-03



#### Bezeichnungsbeispiel:

Bezeichnungsmerkmale:

				verbindlich	nicht verbindlich
DIN EN ISO 2560 - A - E 38 0 ... R 3 1 H5					
Streckgrenze und Kerbschlagarbeit					
Umhüllte Stabelektrode					
Kennziffer für die Festigkeit und Bruchdehnung des reinen Schweißgutes	Kennziffer	Mindest-streckgrenze in MPa	Zugfestigkeit in MPa	Mindest-bruchdehnung in %	
35	355	440 – 570	22		
38	380	470 – 600	20		
42	420	500 – 640	20		
46	460	530 – 680	20		
50	500	560 – 720	18		
Kennzeichen für die Kerbschlagarbeit des reinen Schweißgutes	Kennzeichen	Temperatur für die Mindestkerbschlagarbeit von 47 J			
Z		keine Anforderungen			
A		+ 20°			
0		± 0°			
2		– 20°			
3		– 30°			
4		– 40°			
5		– 50°			
6		– 60°			
Kurzzeichen für die chemische Zusammensetzung	Legierungs-kurzzeichen	Chemische Zusammensetzung Massenanteile in %			
		Mn	Mo	Ni	
ohne		2,0 <sup>1)</sup>	–	–	
Mo1,4		0,3 – 0,6	–	–	
MnMo		1,4 – 2,0	0,3 – 0,6	–	
1 Ni		1,4	–	0,6 – 1,2	
Mn 1 Ni		1,4 – 2,0	–	0,6 – 1,2	
2 Ni		1,4	–	1,8 – 2,6	
Mn 2 Ni		1,4 – 2,0	–	1,2 – 2,6	
3 Ni		1,4	–	2,6 – 3,8	
1NiMo		1,4	0,3 – 0,6	0,6 – 1,2	
<sup>1)</sup> Einzelwerte sind Höchstwerte					
Kennzeichen für den Umhüllungstyp	Kennzeichen	Umhüllungstyp			
A		sauer-umhüllt			
C		zellulose-umhüllt			
R		rutil-umhüllt			
RR		dick rutil-umhüllt			
RC		rutil-zellulose-umhüllt			
RA		rutil-sauer-umhüllt			
RB		rutil-basisch-umhüllt			
B		basisch-umhüllt			

<sup>1)</sup> Durch den ferritischen Anteil in der Umhüllung steigt die Ausbringung auf > 100 %.<sup>2)</sup> AC = Wechselstrom, DC = Gleichstrom