



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
Düsseldorfer 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

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 komplexere 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-lehnmittel.de entgegen.

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	237
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	Arbeitsicherheit	255
Festigkeitslehre	54	Anschlagmittel	278
Daten aus Chemie und Umwelt	58	Elektrotechnik	285
		Messtechnik	304
		Regelungstechnik	314
TK Technische Kommunikation	63	AT Anlagentechnik	325
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
WT Werkstofftechnik	91	ABT Apparate- und Behältertechnik	385
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		
RST Rohrsystemtechnik	161	ST Schweißtechnik	441
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



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, Tabellen	11	
Funktionen, Dreisatzrechnung, Prozentrechnung	12	
Zinsrechnung, Gefälleberechnung	13	
Winkelarten	14	
Winkelfunktionen	15	
Dreiecksberechnung (Lehrsätze des Pythagoras, Euklid und Heron), Höhensatz	16	
Technische Mathematik	17	
Flächen	17	
Körper	20	
Gestreckte Länge, Teilungen	22	
Längen- und flächenbezogene Masse	23	
Naturwissenschaftliche Grundlagen	24	
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	
Wärmelehre	34	
Brennwert und Heizwert	34	
Temperaturskalen, Wärmedehnung fester und flüssiger Stoffe	35	
Volumenänderung	36	
Temperatur, Dichte und spezifisches Volumen von Wasser, Wärmemenge	37	
Wärmeleistung, Schmelzen und Verdampfen	38	
Verdampfen, Kondensieren, Sublimieren	39	
Wärmeübertragung, Wärmeleitung	41	
Wärmeabstrahlung	43	
Wärmeübergang durch Strahlung und Konvektion	44	
Bauphysik	45	
Feuchtigkeitsschutz	45	
Schall und Schallschutz	48	
Brandschutz	52	
Festigkeitslehre	54	
Spannungsarten (Normal-, Flächen-, Scherspannung, Torsion)	54	
Biegespannung, Biegebelastungsfälle	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	
Wasserhärte	62	

G

T
K

W
T

R
S
T

I
T

A
T

A
B
T

S
T



Rohre und Rohrverbindungen

162

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
Lötfittings 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

Armaturen

191

Anbohrarmaturen	191
Absperrschieber mit Flanschanschluss	192
Absperrventile und Kugelhähne mit Flanschanschluss	193
Absperrklappen mit Flanschanschluss, Schmutzfänger	194
Sicherheitsarmaturen	195
Sicherungsarmaturen	199
Regelarmaturen	202

Wärmedämmung

205

Ausführung von Wärmedämmungen	205
Ummantelungen von Wärmedämmungen	208
Werkseitig vorgedämmte Rohre für Fernheizungen	209
Wärmedämmdicken nach EnEV	212

Erdverlegter Rohrleitungsbau

213

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
Verkehrsrssicherung	236

R
S
T

I
T

A
T

A
B
T

S
T

Werkstoffe für Versorgungssysteme

Im Rohrleitungsbau werden sowohl die Kunststoffe Polyethylen (PE), Polyvinylchlorid (PVC) und glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK), als auch die metallischen Werkstoffe Duktiguss (GJS) und Stahl (St) verwendet. Jeder dieser Werkstoffe hat dabei spezielle Vorzüge, 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 äußeren Gegebenheiten, dem Medium, den Drücken, der Nennweite, den Verlegtiefen, usw. der Rohrwerkstoff ausgewählt werden kann.

Durchschnittliche Werkstoffkennwerte im Rohrleitungsbau

Eigenschaften	Einheit	PE	PVC	GJS	St
Dichte	g/cm ³	0,96	1,4	7,25	7,85
Zugfestigkeit	N/mm ²	20	55	440	400
Druckfestigkeit	N/mm ²	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 ²	1750	4000	180000	210000
Bruchdehnung	%	300	25	16	35

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

Dichte = Masse/Volumen

Festigkeit = max. Spannung (bezogen auf Zug bzw. Druck)

Arbeitsvermögen = zur Zerstörung notwendige Arbeit

Wärmeleitzahl = Wärmemenge auf 1m² 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

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_h 180 auch in Ringbunden 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 Heizwendelfitting 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/mm²)
- PE 100 (= MRS 10,0 N/mm²)

Die Bezeichnung **MRS** (**M**inimum **R**equired **S**trength) 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/mm². Durch die Vernetzung der einzelnen Kohlenstoffketten haben sie im Vergleich zu den unvernetzten PE-Werkstoffen eine höhere mechanische Widerstandsfähigkeit gegen Riefen 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	Die links stehende Tabelle gibt einen Überblick über PE 80 und PE 100 Rohre sowie PE-X Rohre, die im Rohrleitungsbau häufig in der Wasserversorgung verwendet werden. Die entsprechenden Druckstufen gelten für einen mittleren Sicherheitsfaktor (SF = 1,6).
PE 80 SF = 1,6	MDP 6,2	MDP 10,0	MDP 15,3	SDR 11 MDP 12,5	
PE 100 SF = 1,6	MDP 7,8	MDP 12,5	MDP 19,2		
d_A in mm	s in mm	s in mm	s in mm	s in mm	
25	1,8	2,3	3,5	2,3	
32	1,9	2,9	4,4	2,9	SDR = Standard Dimension Ratio (Wanddickenverhältnis) MDP = Maximum Design Pressure (höchster Systembetriebsdruck) in bar d_A = Außendurchmesser in mm; s = Wanddicke in mm Bis d_A 160 mm können die Rohre als Ringbunde oder Stangenware geliefert werden, ab d_A 225 mm nur als Stangenware. Bei PE-X Rohren sind alle Rohre $\geq d_A$ 75 Sonderfertigungen; die größeren Nennweiten sind nicht üblich.
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** = **M**elt **F**low **I**ndex, teilweise auch **MFR** = **M**elt **F**low **R**ate) 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 Heizwendelmuffe 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 Rohrkrümmer) 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 (unplastifiziert = 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.

Verbindungsmöglichkeiten

Für PVC-Rohre gibt es folgende Verbindungsalternativen:

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



Werkstoffe für Versorgungssysteme (Fortsetzung)

Polyvinylchlorid (PVC) (Fortsetzung)

Standardrohre

PVC-u	SDR 51	SDR 34,4	SDR 21	SDR 13,6	
	MDP 4	MDP 6	MDP 10	MDP 16	
DN	$d_A \times s$ in mm	$d_A \times s$ in mm	$d_A \times s$ in mm	$d_A \times s$ in mm	
	–	–	–	20 × 1,5	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.
	–	–	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	PVC-U = weichmacherfreies Polyvinylchlorid SDR = Standard Dimension Ratio (Wanddickenverhältnis) MDP = Maximum Design Pressure (höchster Systembetriebsdruck) in bar DN = Nennweite d_A = Außendurchmesser in mm s = Wanddicke in mm
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 Materialwechseln 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.



Grundlagen der Instandhaltung	238
Maßnahmen, Strategien	238
Wartung, Inspektion, Instandsetzung, Verbesserung	239
Instandhaltungskonzepte	240
Qualitätsmanagement	242
Normen ISO 9000, 9001, 9004	242
Begriffe	243
Qualitätsplanung, Qualitätslenkung, Qualitätsprüfung	244
Statistische Auswertung	245
Kalkulation	250
Schmierstoffe	251
Schmieröle	251
Schmierfette	252
Maschinenrichtlinie	253
Aufbau und Inhalt	253
CE-Kennzeichnung	254
Arbeitssicherheit	255
Sicherheitskennzeichnung	255
Sicherheitszeichen	255
GHS-System	260
H-Sätze	261
P-Sätze	263
Umgang mit Gefahrstoffen (GefStoffV)	266
Arbeitsplatzgrenzwerte (AGWs)	268
Sicherheitsdatenblatt	277
Anschlagmittel	278
Rundschnlingen, Hebebänder	279
Seile	280
Ketten und Zubehör	281
Transporthilfsmittel	283
Handzeichen für Anschläger	284
Elektrotechnik	285
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
Messtechnik	304
Messtechnische Grundlagen	304
Messprotokolle	307
Temperaturmessung	309
Druckmessung	310
Durchflussmessung	311
Füllstandmessung	312
Feuchtemessung, Drehzahlmessung	313
Regelungstechnik	314
Begriffe, Steuern, Regeln	314
Regler	315
Regelstrecken	317
Zahlensysteme, 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	Aufgezeichneter 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 Erstbuchstaben 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

<div><div>▲ Sicherheitsrelevant</div><div>● GMP-relevant¹⁾</div><div>■ Qualitätsrelevant</div></div>	
Untierlieferant	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.
Typikalkennzeichnung	Die Typikalkennzeichnung 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.

¹⁾ GMP: good manufacturing practice (gute Herstellungspraxis)

I
T

A
T

A
B
T

S
T



PCE-Aufgaben (Beispiele)

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



Wärmetauscher	326
Bauarten	326
Systeme der Stromführung	327
Flüssigkeitspumpen	328
Bauarten	328
Berechnungen	329
Kreiselpumpen	330
Maße für Kreiselpumpen	331
Pumpenkennlinien	332
Druckerhöhungsanlagen	333
Planungsgrundlagen	333
Anlagenteile, Anschlussarten	334
Druckzonen, Inspektion und Wartung	336
Feuerlösch- und Brandschutzanlagen	337
Einteilung, Löschwassereinrichtungen	337
Vergleich Löschwasserleitungssysteme	340
Hydranten	341
Sprinkleranlagen	342
Bohren	343
Einteilung, Winkel und Begriffe am Spiralbohrer	343
Berechnungen beim Bohren ins Volle	344
Richtwerte für die Schnittkraft	345
Hauptnutzungszeit, Bohrertypen	346
Befestigungselemente	347
Gewindeübersicht	347
Metrische ISO-Gewinde	348
Metrische 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
Blehschrauben	360
Ringschrauben	361
Sechskantmuttern	362
Scheiben	364
Rohrschellen	366
Rundstahlbügel	369
Konstanthänger	370
Rohrbefestigungsabstände	373
Verfahrenstechnik	374
Begriffe der Verfahrenstechnik	374
Apparate und Maschinen	376
Stoffgemische	377
Fließschemata (Zeichnerische Darstellung)	378
Grundfließschema	379
Verfahrensfließschema	381
R&I-Fließschema	384



A
T

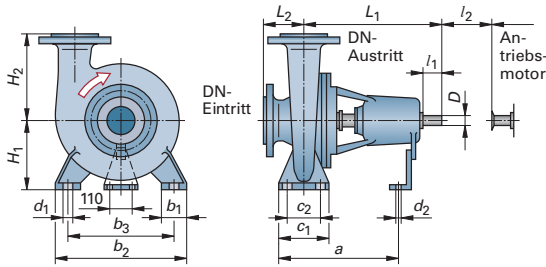
A
B
T

S
T

Kreispumpen															
Kreispumpen 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					
Pumpe			Pumpen sind mechnische Vorrichtungen zur Förderung von Flüssigkeiten. Sie sind durch ihre Eintritts- und Austrittsstutzen sowie durch ihre Wellenenden begrenzt.												
Pumpenaggregat			Ein Pumpenaggregat besteht aus der Pumpe, der Antriebsmaschine, den Übertragungselementen, der Grundplatte und jeglichen Hilfseinrichtungen.												
Förderstrom Q			Ist der Volumenstrom in m^3/h oder l/s , der aus dem Austrittsquerschnitt der Pumpe in einer bestimmten Zeit in die Druckleitung der Anlage gefördert wird.												
Förderhöhe H			Die Höhe einer ruhenden Flüssigkeitssäule in m, die unter dem Einfluss der Fallbeschleunigung einen Druck auf ihre untere Bezugsfläche ausübt.												
Förderleistung P			Die auf die Förderflüssigkeit übertragene mechanische Leistung in kW beim Durchströmen der Pumpe.												
Pumpenwirkungsgrad η			Das Verhältnis der Förderleistung zur aufgenommenen Leistung des Pumpenantriebs.												
Kavitation			Die abrupte Implosion (das Zusammenfallen) von Dampfblasen in der Förderflüssigkeit der Pumpe.												
Dampfblasenbildung			Dampfblasen entstehen, wenn der statische Druck am Eintrittsstutzen der Pumpe unter den zugehörigen Dampfdruck der Förderflüssigkeit fällt.												
NPSH-Wert:			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 Kreispumpen															
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 m^3/h	H m	$n = 2900 \text{ min}^{-1}$ Q m^3/h	H m	Flansch Ø Austritt	Flansch Ø Eintritt	Lauf- rad Ø	$n = 1450 \text{ min}^{-1}$ Q m^3/h	H m	$n = 2900 \text{ min}^{-1}$ Q m^3/h	H m		
32	50	125	6,3	5,0	12,5	20,0	32	50	125	6,3	5,0	12,5	20,0		
32	50	160		8,0		32,0	32	50	160		8,0		32,0		
32	50	200		12,5		50,0	32	50	200		12,5		50,0		
40	65	125	12,5	5,0	25,0	20,0	40	65	200	12,5	12,5	25,0	50,0		
40	65	160		8,0		32,0	40	65	250		20,0		80,0		
40	65	200		12,5		50,0	40	65	315		32,0		125,0		
50	65	160	12,5	8,0	50,0	32,0	50	65	200	25,0	12,5	50,0	50,0		
50	65	200		12,5		50,0	50	80	250		20,0		80,0		
50	65	250		20,0		80,0	50	80	315		32,0		125,0		
65	80	200	50,0	12,5	100,0	50,0	65	100	200	50,0	12,5	100,0	50,0		
65	80	250		20,0	100,0	80,0	65	100	250		20,0		80,0		
65	80	315		32,0	–	–	65	100	315		32,0		125,0		
80	100	200	80,0	12,5	160,0	50,0	80	125	200	80,0	12,5	160,0	50,0		
80	100	250		20,0	160,0	80,0	80	125	250		20,0		80,0		
80	100	315		32,0	–	–	80	125	315		32,0		125,0		
100	125	250	125,0	20,0	250,0	80,0	100	125	250	100,0 oder 125,0	20,0	200,0	80,0		
100	125	315		32,0	–	–	100	125	315		32,0	oder 250,0	125,0	–	
100	125	400		50,0	–	–	100	125	400						
125	150	250	200,0	20,0	–	–	125	150	250	200,0	20,0	–	–		
125	150	315		32,0		–	–	125	150		315		32,0	–	–
125	150	400		50,0				125	150		400		50,0		
150	200	315	315,0	32,0	–	–	150	200	315	315,0 oder 400,0	32,0	–	–		
150	200	400		50,0				150	200		400		50,0		



Kreiselpumpen (Fortsetzung)



Bezeichnung einer Kreiselpumpe mit axialem Eintritt, Nenndruck PN 10, Druckstutzennennweite 65 mm und 315 mm Laufradnenndurchmesser:

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

Pumpenbenennung			Pumpenmaße				Fußmaße										Wellenmaße		
Flansch Ø Austritt	Flansch Ø Eintritt	Lauf- rad Ø	L ₁	L ₂	H ₁	H ₂	a	b ₁	b ₂	b ₃	c ₁	c ₂	Schrauben Ø		d ₁	d ₂	l ₁	l ₂	D
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
T

A
B
T

S
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 dünnere 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 verfahrenstechnische 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,
- Anlagenteile.

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

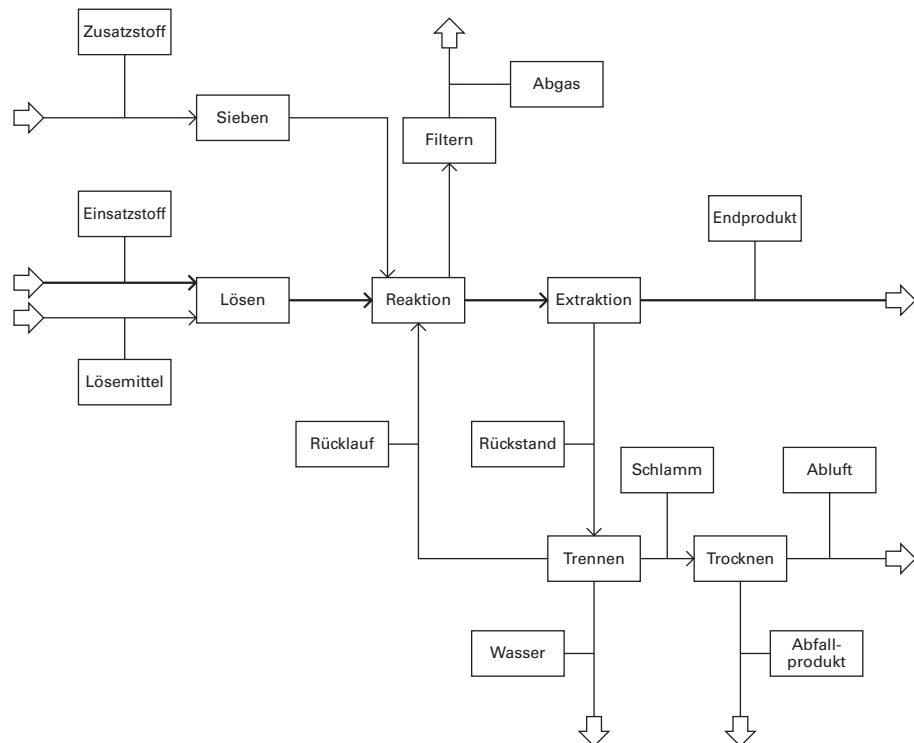
Grundfließschemata können in zwei Versionen dargestellt werden.

- 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.



Herstellung von "xyz"	
Grundfließschema	Gez.:
Maßstab:	Datum:
	Zeichn.-Nr.:

A
TA
B
TS
T



Fließschemata (Fortsetzung)

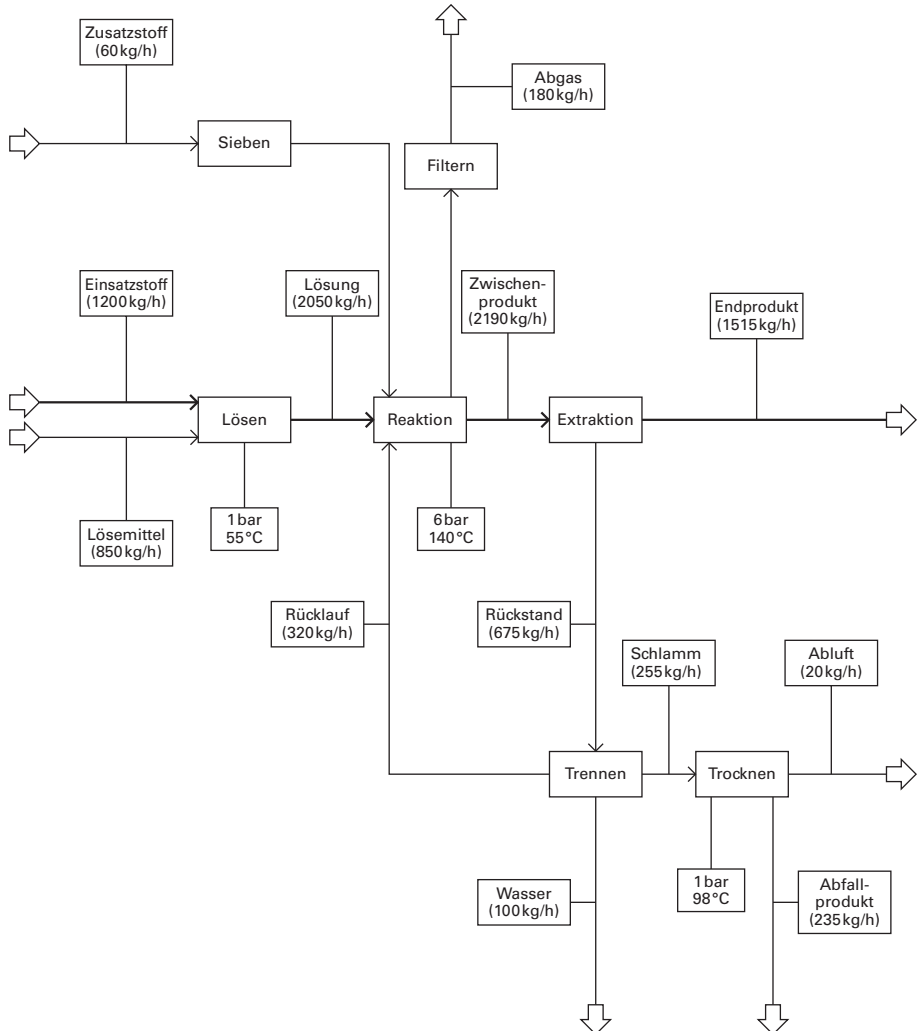
vgl. DIN EN ISO 10628-1: 2015-04

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.



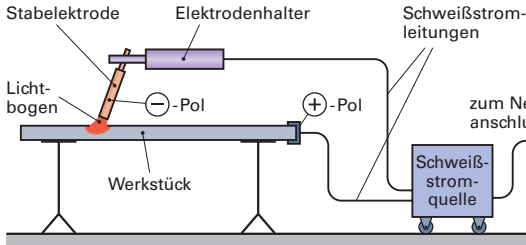
Herstellung von "xyz"

Grundfließschema	Gez.:
Maßstab:	Datum:
	Zeichn.-Nr.:



Grundlagen des Schweißens	442
Übersicht, Ordnungsnummern	442
Darstellung von Schweißnähten in Zeichnungen	443
Vermaßung von Schweißnähten	444
Schweißpositionen und Schweißstöße	446
Schweißnahtvorbereitung	447
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
Schweißverfahren	454
Einsatzgebiete der Schweißverfahren	454
Gasschmelzschweißen G	454
Schweißstäbe zum Gasschweißen	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
Plasmaschweißen WP	480
Unterpulverschweißen UP	481
Elektrisches Widerstandsschweißen R	483
Richtwerte für Widerstandsschweißungen	484
Bewertung von Schweißnähten	485
Schweißerprüfung	486
Thermisches Trennen	487
Autogenes Brennschneiden	487
Plasmaschneiden, Laserstrahlschneiden	488
Arbeitssicherheit beim Schweißen und Löten	489
Gefahren und Arbeitsschutz	489
Schweißarbeiten in engen Räumen	490
Erste-Hilfe- und Brandschutzeinrichtungen	490
Löten	491
Lötprozesse und Ordnungsnummern	491
Flussmittel zum Weichlöten	491
Weichlote	492
Flussmittel zum Hartlöten	493
Hartlote	494
Kunststoff-Schweißen	495
Schweißverfahren	495
Schweißdurchführung	496
Kleben	497
Wirkprinzip, Klebstoffarten	497
Vorbehandlung der Klebeflächen, Klebstoffauswahl	498

Lichtbogenhandschweißen E



Als Schweißstromquellen stehen zur Verfügung:

- Schweißtransformatoren¹⁾
- Schweißgleichrichter
- Schweißgeneratoren

¹⁾ 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	<p>Kennzeichnungsaufdruck Hersteller / E 38 OR31 H5</p>	Ø in mm	Länge in mm
warmfeste Stähle	DIN EN ISO 3580: 2011-05		2,0 2,5	300 bis 350
hochfeste Stähle	DIN EN ISO 18275: 2012-07		3,2 4,0 5,0 6,0	300 bis 450
nichtrostende und hitzebeständige Stähle	DIN EN ISO 3581: 2012-04		Zusammensetzung und Dicke der Umhüllungen beeinflussen die Schweißigenschaften 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. Keine Zwangslagenschweißung möglich.
basischumhüllt Typ B	Basische Oxide, wie Calcium- (CaO) und Magnesiumcarbonat (MgO), sowie Calciumfluorid (CaF ₂) als Schlackeverdünner führen zu hoher Kerbschlagarbeit bei tiefen Temperaturen und zu guter Sicherheit gegen Rissbildung. Werkstoffübergang mittel- bis grobtropfig, Schmelzbad zähfließend, Schweißraupen sind etwas überhöht. Alle Schweißpositionen sind möglich.
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 auch kaum Schlacke. Da kein Schlackenvorlauf zu erwarten ist, ist die Elektrode gut für Fallnähte geeignet.
rutilumhüllt ¹⁾ 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. Für alle Schweißpositionen geeignet.

¹⁾ 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 Schweißigenschaften, die schutzgasbildenden Stoffe sowie die Gütewerte des reinen Schweißgutes.



Einsatzgebiete und Einstellwerte für Stabelektroden

Stromstärke in Abhängigkeit vom Elektroden Durchmesser

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 Stumpfnähte¹⁾

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 ²⁾	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

¹⁾ V-Nähte, ²⁾ 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 ¹⁾	C	4,0	125 170 150 130	Wurzellage Hotpass ²⁾ Mittellage Decklage	12,0	PG	C C	4,0 5,0	130 180 200 175	Wurzellage, Hotpass Mittellage Decklage
10,0	PG	C C	4,0 5,0	130 180 190 175	Wurzellage Hotpass Mittellage Decklage	¹⁾ Schweißposition: PG = Rohr waagerecht Schweißung fallend ²⁾ 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 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

Einteilung der Stabelektroden erfolgt nach

Streckgrenze und Mindest-Kerbschlagarbeit von 47 J

ISO – 2560-A

oder

Zugfestigkeit und Mindest-Kerbschlagarbeit von 27 J

ISO – 2560-B

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	Mindeststreckgrenze in MPa	Zugfestigkeit in MPa	Mindestbruchdehnung 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 ¹⁾	–	–
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

¹⁾ Einzelwerte sind Höchstwerte

Kennzeichen für den diffusiblen Wasserstoffgehalt im Schweißgut

Kennzeichen	diffusibler Wasserstoffgehalt in ml/100 g abgeschmolzenem Schweißgut
H5	5
H10	10
H15	15

Kennziffer für die Schweißposition

Kennziffer	Schweißpositionen
1	PA, PB, PC, PD, PE, PF, PG
2	PA, PB, PC, PD, PE, PF
3	PA, PB
4	PA
5	PA, PB, PG

Kennziffer für Ausbringung und Stromart

Kennziffer	Ausbringung ¹⁾ in %	Stromart ²⁾
1	$\eta \leq 105$	AC und DC
2	$\eta \leq 105$	DC
3	$105 < \eta \leq 125$	AC und DC
4	$105 < \eta \leq 125$	DC
5	$125 < \eta \leq 160$	AC und DC
6	$125 < \eta \leq 160$	DC
7	$\eta > 160$	AC und DC
8	$\eta > 160$	DC

¹⁾ Durch den ferritischen Anteil in der Umhüllung steigt die Ausbringung auf > 100 %.

²⁾ AC = Wechselstrom, DC = Gleichstrom

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