

Leseprobe

Christiani

seit 1931

Tabellenbuch Metalltechnik mit Formelsammlung



Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG
www.christiani.de

Inhalt

Grundlagen	18
Mathematische Grundlagen	19
Mathematische Zeichen	19
Dreisatzrechnung	19
Prozentrechnung	20
Radizieren (Wurzelrechnung)	20
Satz des Pythagoras	21
Höhensatz	21
Winkelfunktionen im rechtwinkligen Dreieck	21
Winkelfunktionen im schiefwinkligen Dreieck	21
Formelumstellung	22
Flächenberechnung	23
Volumenberechnung	26
Volumen, Oberflächen	28
Masse, längenbezogene Masse	30
Dichte von Stoffen	31
Schwerpunkt	32
Physikalische Grundlagen	33
Kraft, Bewegung	33
Hebel, Drehmoment	39
Arbeit	41
Leistung	43
Wirkungsgrad	44
Fluidtechnik	45
Wärme	51
Volumenausdehnung	51
Schwindmaße	52
Wärme beim Schmelzen und Verdampfen	54
Heizwert H_U	55
Festigkeitslehre	56
Belastungsarten	56
Beanspruchungsarten	56
Sicherheitszahlen ν im Maschinenbau	57
Zulässige Spannungen im Maschinenbau (Richtwerte)	58
Flächenpressung gleitender Bauteile (Richtwerte für gefettetes Lager)	59
Biegung	60
Torsion, Kerbwirkung	61
Kerbwirkung	62
Axiale und polare Trägheits- und Widerstandsmomente	62
Zahlensysteme	64
Vergleich zwischen Zahlensystemen	64
Umwandlung von Zahlensystemen	65
Rechnen mit Dualzahlen	65
Codes	66
Physikalische Grundlagen	69
Physikalische Größen, Einheiten und Konstanten	69
SI-Einheiten (Système International d'Unités – int. Einheitensystem)	69
Römische Zahlen, griechisches Alphabet	70
Indizes	70
Formelzeichen und Einheiten	72

4

Elektrotechnische Grundlagen	73
Formeln der Elektrotechnik	73
Symbole und Schaltzeichen der Elektrotechnik	88
Bauelemente	96
Elektrische Widerstände	96
Nichtlineare Widerstände	98
Symbole der Metalltechnik	100
Bildzeichen der Handhabungstechnik	106
Bildzeichen für NC-Werkzeugmaschinen	106
Bildzeichen für Werkzeugmaschinen	108
Tabellen	109
Spezifische Wärmekapazität, spezifische Leitfähigkeit, Temperaturbeiwert	109
Beziehung zwischen Einheiten	110
Stoffabscheidung durch Elektrolyse (Galvanisieren)	113
Spannungsreihe der Elemente	114
Kunststoffe	114
Messtechnik	115
Grundbegriffe der Messtechnik	115
Technische Kommunikation	116
Grundbegriffe	117
Grundbegriffe Konstruktion, Stückliste	117
Geometrische Grundkonstruktionen	118
Parallelverschiebung, Strecke, Lot	118
Winkel, Kreismittelpunkt, Tangente	119
Kreis, Vielecke, Ellipse	120
Zykloide, Evolvente, Spiralen	121
Rohr T-Stück mit gleichen Durchmessern	122
Rechtwinkliges Kniestück	124
Hosenrohr	124
Rechtwinkliger Krümmer	125
Berechnungen Blechabwicklung und Zuschnitte	126
CAD	129
Koordinatensysteme	129
Modellarten und deren Anwendungen	129
Feste und parametrische Modelle	130
Normteilibibliotheken	130
Datenaustauschformate	130
Normung	131
Maßstab	131
Normzahlreihen und Normzahlen (NZ)	132
Technisches Zeichnen, Grundlagen	133
Zeichnungsvordrucke und Papierformate	133
Grundschriftfeld	134
Stückliste	135
Positionsnummer	135
Linienarten und ihre Anwendung (Mechanische Technik)	136
Projektionen (Isometrie, Dimetrie)	138
Projektionsmethoden	139
Ansichten in Zeichnung	140
Schittansichten und Schraffuren	142

Bemaßung.....	143
Systeme der Maßeintragung	144
Arten der Maßeintragung.....	145
Bemaßung von Durchmesser, Radien, Kugel (sphärisch) und Bogen	147
Bemaßung von Vierkant, Schlüsselweiten, Rechtecken, Neigungen und Verjüngungen	148
Bemaßung von Fasen, Senkungen	149
Bemaßung von Nuten und Einstichen	150
Bemaßung wiederholte Elemente, Abwicklungen, dünne Teile	151
Weitere Regeln der Maßeintragung, Kennzeichnungshinweise	152
Darstellung und Bemaßung von Löchern, Lochgruppen	153
Vereinfachte Darstellung von Verbindungselementen für den Zusammenbau	155
Symbole der Prüftechnik.....	156
ISO GPS (Geometrische Produktspezifikation)	157
ISO GPS	157
Aufbau des ISO-GPS-Normensystems, Elementare Grundsätze	157
Modifikatoren für Toleranzzone, Geometrieelement und Merkmal – Verwendung im Toleranzindikator	158
Spezifikationsmodifikatoren für lineare Größenmaße	159
Hüllbedingung, Taylor'scher Prüfgrundsatz	160
Minimum-, Maximum-Materialbedingung und Reziprozitätsbedingung	161
Indikatoren für Ebenen- und Geometrieelemente („GE“)	162
Zusätzliche Modifikatoren, Symbole und Abkürzungen	163
Form- und Lagetolerierung	165
Normgerechte Zeichnungseintragungen	165
Übersicht der Bezugsarten, Einzelbezug, Gemeinsame Bezüge, Bezugssystem	166
Übersicht der Form- und Lagetoleranzen	167
Formtoleranzen.....	167
Lagetoleranzen, Richtungstoleranzen	168
Lagetoleranzen, Ortstoleranzen	169
Toleranzen, Grundbegriffe	170
Toleranzangaben in Zeichnungen	172
Toleranzen, Grundbegriffe	172
Allgemeintoleranzen	174
Allgemeintoleranzen für Längen und Winkelmaße	174
Allgemeintoleranzen im ISO GPS Normensystem (ISO 8015:2011)	175
ISO-System für Grenzmaße und Passungen	176
Grundbegriffe.....	176
Grundtoleranzen, Auswahl von Toleranzklassen	177
Grundabmaße für Wellen (Auswahl)	178
Grundabmaße für Bohrungen (Auswahl).....	179
Grenzmaße, Grenzabmaße, Toleranzen, Passungsberechnung	180
System Einheitsbohrung.....	181
System Einheitswelle.....	183
Passungen.....	185
Technische Oberflächen.....	189
Gestaltabweichung, Oberflächenprofile und Kenngrößen	189
Oberflächenangaben	192
Oberflächenangaben nach ISO GPS	192
Oberflächenangaben	194
Erreichbare Oberflächenrauheiten R_z und R_a	195
Stufung der Rauheitsmessgrößen	195
Senkungen, Darstellung von Sicherungsringen	196
Senkungen.....	196
Darstellung von Sicherungsringen und Nuten für Sicherungsringe	198

6

Gewinde	199
Zeichnerische Darstellung	199
Gewindearten, Angaben, Toleranzklassen	199
Metrisches Gewinde – Gewindeabmessungen, Schlüsselweite, Eckenmaß	201
Gewindeausläufe und Gewindefreistiche	202
Beispiele für die Darstellung und Bemaßung von Gewinden	204
Zentrierbohrungen	207
Rändel	208
Freistiche	209
Freistiche, Zeichnungsangabe (Beispiele)	209
Freistiche	209
Werkstückkanten	210
Werkstückkanten Außen	210
Werkstückkanten Innen	210
Butzen an Drehteilen	210
Werkstückkanten	211
Wärmebehandlung	213
Zeichnungseintrag (Beispiel)	213
Kennzeichnung örtlicher begrenzter Oberflächenbereiche	213
Werkstückzustand, Angaben	213
Grenzhärten und Oberflächenmindesthärten	213
Angaben zur Wärmebehandlung von Werkstücken in Zeichnungen (Beispiele)	214
Einhärtungstiefen und Toleranzen in mm (Auswahl)	214
Prüfverfahren zur Festlegung der Härteangaben	215
Galvanische Überzüge.....	216
Schweißen und Löten	217
Grundsymbole Schweißen und Löten	217
Darstellung, Kennzeichnung von Schweißnähten	217
Grundsymbole Schweißen und Löten	218
Stoßarten	218
Nahtarten	219
Zusatzsymbole.....	220
Ordnungsnummern für Schweiß- und Lötverfahren (Auszug)	223
Schweißpositionen.....	224
Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen	224
Zahnräder, Sinnbilder für Getriebepläne	225
Zahnräder	225
Sinnbilder für Getriebepläne	225
Wälzlager, Übersicht.....	226
Darstellung von Wälzlagern (Beispiele detailliert und vereinfacht).....	227
Toleranzen für den Einbau von Wälzlagern	228
Dichtelemente	229
Beispiele für vereinfachte Darstellung von U-Dichtungsprofilen, Packungssätze, V-Ringdichtungen	230
Federn	231
Maschinenelemente	232
Gewinde	233
Gewindeparameter	238
Grenzmaße für Außen- und Innengewinde	239
Einschraubgruppen, Einschraublängen.....	239

Schrauben, Gewindestifte	240
Kennzeichnung von Schrauben und Muttern	240
Kopfformen von Schrauben	240
Produktklassen für Schrauben und Muttern	240
Festigkeitsklassen von Stahlschrauben	241
Mindesteinschraubtiefen	241
Durchgangsbohrungen für Schrauben	241
Mechanische Eigenschaften von Schrauben	242
Schraubenformen, Übersicht	243
Gewindearten und Bolzenenden	246
Sicherungselemente	247
Sechskantschrauben	247
Zylinderschrauben	251
Senkschrauben	252
Linsenschrauben	252
Sonderschrauben	253
Verschlusschrauben	256
Linsen-, Senk-, Linsensenk-Blechschraben	256
Blechschraben mit Schlitz	257
Gewindeschneidschrauben	257
Gewindefurchende Schrauben	258
Gewindestift mit Schlitz	258
Gewindestift mit Innensechskant	258
Gewindebolzen	259
Anschweißenden	259
Schraubenberechnungen	260
Betriebskraft	260
Vorspannkraft Montage	260
Anziehdrehmoment, Flächenpressung	261
Flächenpressung am Schraubenkopf- und Auflagerfläche der Mutter	261
Richtwerte für die Schraubenauswahl	264
Muttern	265
Bezeichnung von Muttern	265
Festigkeitsklassen	265
Abstreiffestigkeit von Muttern	266
Ausführungsformen von Muttern	267
Sechskantmuttern	268
Nutmutter	272
Flügelmuttern (Herstellerangaben)	273
Ringschrauben und Ringmuttern	273
Sicherungsmuttern	274
Sicherungsbleche mit Innennase für Nutmutter	274
Sicherungsbleche für Wälzlager-Nutmutter	275
Stellringe	275
Schlüsselweiten (SW) für Schrauben, Armaturen und Fittings	276
Vierkante von Zylinderschaften für rotierende Werkzeuge	276
Scheiben	277
Kennzeichnung	277
Flache Scheiben	277
Kugelscheiben und Kegelpfannen	279
Scheiben, vierkant, keilförmig für U-Träger	280
Scheiben, vierkant, keilförmig für I-Träger	280
Spannscheiben für Schraubenverbindungen	280
Federscheiben, gewellt	281
Federringe, gewölbt	281

8

Zahnscheiben, Fächerscheiben zurückgezogen	282
Pass- und Stützscheiben	282
Sicherungsringe, Sicherungsscheiben	283
Sicherungsringe für Wellen, Regelausführung	283
Sicherungsscheiben für Wellen	283
Sicherungsringe für Bohrungen, Regelausführung	283
Sicherungsbleche mit zwei Lappen	284
Runddraht-Sprengringe	284
Stifte und Bolzen	285
Übersicht	285
Kerbstifte	285
Kerbnägel	285
Zylinderstifte	286
Kegelstifte	287
Spannstifte, Kerbstifte	288
Spannschlossmutter (SP)	290
Kerbnägel, Nieten	291
Kerbnägel	291
Kerbnägel, Blindniete	292
Blindniet mit Sollbruchdorn	292
Dichtelemente	293
Filzringe	293
Radial-Wellendichtung (WDR)	293
V-Ringdichtung	295
O-Ringe	296
Welle-Nabe-Verbindungen	298
Übersicht	298
Passfedern	299
Flächenpressung an Passfeder, Welle und Nabe der Passfederverbindung	299
Scheibenfedern	300
Keile	300
Keilwellenverbindungen mit geraden Flanken	301
Toleranzklassen für Keilwellen-Verbindungen	301
Wellenenden	302
Werkzeugkegel	303
Metrische Kegel, Morsekegel	303
Steilkegelschäfte für Werkzeuge und Spannzeuge	303
Wälzlager	304
Übersicht	304
Bezeichnung	306
Toleranzklassen von Wälzlagern (Loslager)	309
Rillenkugellager, Berechnung dynamische Tragfähigkeit der Lebensdauer	310
Axial-Rillenkugellager	311
Rillenkugellager	311
Schräggugellager	312
Pendelkugellager	312
Zylinderrollenlager	313
Kegelrollenlager	314
Nadellager	314
Tonnenlager, Pendelrollenlager	315
Darstellung von Wälzlagern	315
Gleitlager	316
Eigenschaften	316

Gleitlagerbuchsen	317
Schmiernippel	320
Kernloch-Ø	320
Einschlag-Kugellöser	321
Staufferbuchsen	321
Trichterschmiernippel	321
Federn	322
Zylindrische Schrauben-Zugfedern	322
Zylindrische Schrauben-Druckfedern	323
Tellerfedern	325
Scheibenkupplungen	326
Schalenkupplung	326
Normteile für den Vorrichtungsbau	327
Nutensteine	327
Gewindestift mit Druckzapfen	328
Druckstücke	328
Knebelschrauben mit festem Knebel	328
Rändelschrauben	329
Rändelmutter	329
Spannriegel für Vorrichtungen	329
Flachkopfschrauben mit Schlitz und Ansatz	330
Schwenkscheiben für Vorrichtungen	330
Füße mit Gewindezapfen	330
Aufnahme- und Auflagebolzen	330
Pendelauflagen	331
Kugelknöpfe	331
Kegelgriffe	332
Kreuzgriffe	333
Sterngriffe	333
Einspannzapfen	334
Riementriebe	337
Berechnungen	337
Riementgeschwindigkeit, Umfangskraft, Wirklänge	337
Riemenzahl (Standard)	337
Riemenzahl bei SPZ	337
Riemenbiegungen	337
Wirklänge des Riemens	337
Leistungswerte für Schmalkeilriemen	338
Auswahl des Riemenprofils nach Drehzahl und Leistung	338
Synchronriementriebe mit metrischer Teilung	338
Zahnückenprofil für Synchronscheiben	338
Bauformen von Keilriemen und Synchronriemen	339
Keilriemen, Keilriemenscheiben	340
Keilriemenscheibe für Schmalkeilriemen	340
Zahnradtriebe, Schneckentriebe	341
Geradverzahnte Stirnräder	341
Schrägverzahnte Stirnräder	342
Geradverzahnte Kegelräder	342
Schneckentrieb	343
Modulreihe für Schneckenräder	343
Übersetzungen	343
Zahnradtrieb	344
Riementrieb	344
Rollenketten	345

10

Fertigungstechnik	346
Fertigungsverfahren	347
Urformen	347
Gießen	347
Additive Fertigung (3D-Druck)	349
Umformen	353
Biegen	353
Tiefziehen	356
Trennen	359
Spanungsvorgang	360
Begriffe des Spanens	361
Spanungsgeometrie	361
Spanformen	363
Schneidstoffe	363
Spezifische Schnittkraft	374
Bohren	376
Drehen	387
Fräsen	402
Schleifen	417
Läppen	423
Honen	424
Sägen	424
Zerteilen	428
Thermische Trennverfahren	435
Trennverfahren	441
Fügen	443
Fügen durch Umformen	444
Schweißen	454
Löten	470
Kleben	474
Kunststoffschweißen	477
Schmierstoffe	479
Beschichten	487
Übersicht der Beschichtungsverfahren und Eigenschaften	487
Stoffeigenschaften ändern	490
Wärmebehandlungsverfahren	490
CNC-Fertigung	497
CNC-Werkzeugmaschinen	497
Aufbau von CNC-Programmen	498
Programmierverfahren	520
Flexible Fertigungssysteme	523
Mess- und Prüftechnik	524
Messtechnik	525
Messtechnische Begriffe	525
Grundsätze der Längenprüftechnik, Messgeräte und Lehren	528
Grundsätze der Längenprüftechnik	528
Messschieber	529
Messschrauben	530
Innenmessschrauben	531
Messuhren	533
Fühlhebelmessgeräte	534

Feinzeiger.....	534
Winkelmessgeräte.....	535
Fehlerquellen beim Messen.....	537
Maßverkörperungen.....	537
Lehren.....	539
Lehrdorne.....	540
Lehrringe.....	540
Rachenlehren.....	541
Kegellehren.....	542
Gewindeprüfung.....	542
Oberflächenprüftechnik.....	542
Qualitätsmanagement.....	544
Qualitätssicherung.....	544
Qualitätsmerkmale.....	544
Qualitätssicherungsmaßnahmen.....	545
Qualitätslenkung.....	545
Qualitätsprüfung durch Endkontrolle.....	545
Statistische Qualitätslenkung (SPC).....	546
Arithmetischer Mittelwert $\bar{x}$	546
Zentralwert $\bar{x}$ (Median).....	546
Spannweitenmitte R_M und Spannweite R	546
Mittelwert der Standardabweichung $\bar{s}$ und Standardabweichung s	546
Grundstandardabweichung σ	546
Obere Vertrauensgrenze G_o und untere Vertrauensgrenze G_u	547
Qualitätsregelkarte (Shewhart-Regelkarte).....	547
Prozessverläufe.....	550
Ursachen-Wirkungs-Diagramm (Ishikawa-Diagramm, Die 7 Ms).....	551
Pareto-Diagramm.....	551
Fehler-Sammelliste (Strichliste).....	552
Histogramm (Häufigkeitsdiagramm).....	552
Wahrscheinlichkeit (Fehlerwahrscheinlichkeit).....	553
Korrelationsdiagramm.....	553
Maschinenfähigkeitsindex, Prozessfähigkeitsindex.....	554
FMEA – Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse.....	554
Risikobewertung.....	556
Qualitätswerkzeuge.....	557
5Z, 7M, 5S, 7W.....	558
Qualitätsmanagementsystem-Begriffe.....	559
Qualitätsmanagement-Begriffe.....	561
Qualitätsbezogene Begriffe.....	561
Managementbezogene Begriffe.....	561
Organisationsbezogene Begriffe.....	561
Prozess- und produktbezogene Begriffe.....	561
Konformitätsbezogene Begriffe.....	562
Auditbezogene Begriffe.....	562
Auf Qualitätssicherung bezogene Begriffe (bei Messprozessen).....	562
Merkmalsbezogene Begriffe.....	562
Fluidtechnik.....	564
Pneumatik.....	565
Allgemeine Gasgleichung.....	565
Drucklufterzeugung.....	565
Druckluftaufbereitung.....	567
Pneumatikzylinder.....	568

12

Pneumatikventile	571
Logikverknüpfungen	574
Kennzeichnung von Schaltplänen	574
Steuerungsarten	577
Funktionsdiagramme	579
Weg-Schritt-Diagramm	581
Elektropneumatik	581
Hydraulik	584
Hydrauliköle	584
Hydraulikflüssigkeiten	584
Berechnung hydraulischer Anlagen	585
Vor- und Nachteile der Hydraulik	588
Bauelemente einer Hydraulikanlage	588
Hydraulikzylinder	589
Hydraulikventile	590
Hydrospeicher	595
Hydrauliksteuerungen	596
Proportionalventile	601
Automatisierung	602
Einführung	603
Automatisierungstechnik	603
Einsatzgebiete der Automatisierungstechnik	603
Ziele der Automatisierungstechnik	603
EVA-Prinzip	603
Steuerungstechnik	604
Grundbegriffe	604
Regelungstechnik	606
Regelkreis	606
Elemente einer Regelstrecke	606
Blockschaltbild einer Drehzahlregelung	607
Zeitverhalten von Führungsgrößen	607
Zeitverhalten von Regelkreisgliedern	607
Stetige Regeleinrichtungen	608
Regelstrecken	610
Zeitverhalten von Regelstrecken	611
Einstellung von Reglern	612
Verlauf eines Regelvorganges	612
Reglereinstellung nach Chien, Hrones und Reswick	613
Zweipunktregeleinrichtung	613
Digitale Regelung	614
Digitaler PID-Regler	615
Logische Verknüpfungen	616
Logikgatter	616
NAND- und NOR-Schaltungstechnik	618
Bistabile Kippglieder	618
Messtechnik	621
Grundbegriffe	621
Sensoren	621
Ausgenutzte Effekte	621
Messkette	621
Digitales Sensorsystem	622
Temperatursensoren	622

Weg- und Winkelmessung.....	623
Drehzahlmessung.....	624
Induktive Näherungsschalter	625
Daten und Anschlüsse	625
Aderfarbe/Steckerbelegung.....	626
Kapazitive Näherungsschalter	627
Ultraschallsensoren	627
Füllstandsmessung.....	629
Durchflussmessung	630
Signalübertragung	631
Grundbegriffe	631
Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS).....	634
Aufbau einer SPS	634
Binäre Verknüpfungen	634
Steueranweisungen	635
Operanden/Zuordnungsliste	636
Programmiersprachen AWL, FUP, KOP	636
Merker-Klammern	638
Abfrage von Öffnern	638
Speicher.....	639
Vorrangiges Rücksetzen und Setzen	639
Zeitfunktionen	640
Zähler.....	641
Programmsprung.....	642
Flankenauswertung	642
Ablaufsteuerung.....	643
Grundbegriffe	643
Befehle, Aktionen.....	644
GRAFCET	648
Definition.....	648
Symbole von GRAFCET.....	648
Robotertechnik.....	650
Grundbegriffe.....	650
Handhabungs- und Robotertechnik.....	651
Freiheitsgrade.....	652
Industrieroboter.....	652
Industrie 4.0	659
Definition	659
Fachbegriffe.....	659
Industrie 5.0.....	660
Elektrische Maschinen	661
Elektromotor bzw. Generator.....	661
Ausführungsformen	661
Bestandteile.....	662
Auswahl von Elektromotoren	662
Relais/Schütz.....	663
Schütze.....	663
Anschlussbezeichnung.....	663
Schaltwege	664
Gebrauchskategorie von Schützen und Motorstartern	664
Hauptschütze.....	664
Hilfsschütze	664

14

Relais.....	665
Relaiskontakte	665
Kontaktprellen.....	665
Schutzarten.....	665
Relaisarten, Beispiele	666
Schutzbeschaltung	666
Befehls- und Meldegeräte	667
Farben für Drucktaster, Leuchtdrucktaster und Anzeigen	667
Befehlsgeber.....	667
Leuchtmelder.....	668
Grenztaster	668
Kennzeichnung von Schaltplänen.....	669
Leiter und Leiteranschlüsse.....	669
Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel	669
Kennbuchstaben (Kennzeichnungsblock 3A)	670
Kennzeichnung der Funktion (Kennzeichnungsblock 3C)	670
Vergleich DIN 40719-2 und EN 81346	671
Haupt- und Unterklassen – Einsatzbeispiele nach DIN EN IEC 81346-2.....	672
Kennbuchstaben für gemessene Variablen	676
Referenzkennzeichnung in Schaltplänen	676
Darstellung und Kennzeichnung von Plänen (Beispiel).....	677
Stromlaufpläne.....	677
Regeln für Stromlaufpläne.....	678
Übersichtsschaltplan.....	678
Stromlaufpläne.....	681
Lage der Betriebsmittel.....	682
Stromlaufpläne.....	683
Programmablaufplan (Flussdiagramm)	687
Arbeits- und Umweltschutz, Instandhaltung	688
Arbeits- und Umweltschutz.....	689
Verhalten in Notfällen.....	689
Schutzmaßnahmen Strom.....	689
Schutzklassen.....	691
Brandschutz.....	692
Löschmittel-Klassen.....	693
Brandklassen	693
Explosionsschutz	694
Betriebsanweisung	695
Sicherheitsdatenblatt	696
Maschinenrichtlinie 2006/42/EG	697
IT-Sicherheit.....	698
Nachhaltigkeitsziele.....	699
Umweltmanagementsysteme (UMS)	699
Kennzeichnung von Rohrleitungen.....	701
Schutz vor Gefahrstoffen am Arbeitsplatz	702
Gefährdungsbeurteilung	703
Lärmschutz	705
Atemschutz.....	708
Handschutz.....	708
Fußschutz	709
Schutzbekleidung	710
Abfälle.....	711
Recycling	712

15

Abfallentsorgung.....	713
Hinweisschilder zur Arbeitssicherheit	715
Maximale Arbeitsplatzkonzentration – MAK-Werte.....	718
GHS/CLP	719
Risikosätze für Gefahrstoffe (H-Sätze) H = Hazard Statements	720
Sicherheitsratschläge für Gefahrstoffe (P-Sätze) P = Precautionary Statements	722
Bezeichnung der besonderen Gefahren (R-Sätze)	723
Sicherheitsratschläge (S-Sätze)	724
Instandhaltung	725
Zweck und Aufgaben der Instandhaltung	725
Instandhaltungsstrategien	727
Total Productive Maintenance (TPM).....	728
Lasten.....	729
Heben und Tragen.....	729
Lastaufnahmeeinrichtungen	730
Anschlagen (Verständigung zwischen Anschläger und Kranführer)	739
Grundzeichen	739
Zeichen für senkrechten Bewegungsablauf	740
Zeichen für waagerechten Bewegungsablauf	740
Regeln beim Hantieren mit Hebezeugen und Anschlagmitteln	741
Ergonomie am Arbeitsplatz.....	743
Lasten- und Pflichtenheft.....	744
Werkstofftechnik	746
Allgemein	747
Periodensystem der Elemente.....	747
Stoffwerte.....	749
pH-Wert	751
Spezifische Heizwerte für Brennstoffe.....	751
Chemische Stoffe und Formeln	751
Bezeichnungssystem	752
Kurzbezeichnung für Stähle, Verwendungszweck.....	752
Grenzgehalte Stähle, Legierungselemente	756
Kurzbezeichnung für Stähle, chemische Zusammensetzung.....	757
Zusatzsymbole Stähle	758
Werkstoffnummern	759
Stahlsorten	760
Baustähle.....	760
Automatenstähle.....	761
Einsatzstähle	761
Einsatzstähle	762
Vergütungsstähle	762
Nitrierstähle.....	763
Schweißgeeignete Feinkornbaustähle	764
Kohlenstoffarme, unlegierte Stähle.....	764
Baustähle für spezielle Verwendungszwecke.....	764
Federstähle.....	765
Nichtrostende Stähle	765
Druckbehälterstähle.....	767
Werkzeugstähle	768
Schnellarbeitsstähle (C-Gehalt ca. 0,9 %).....	768
Unlegierte und legierte Kaltarbeitsstähle, Warmarbeitsstähle, Schnellarbeitsstähle	769

16

Stahl-Fertigerzeugnisse	770
Bleche, Bänder	770
Längen-/flächenbezogene Massen, Oberfläche, Gewichtskräfte	772
Warmgewalzter Stabstahl	776
Stähle, Bleche, Bänder, Profile	778
Rohre, Hohlprofile	786
Bezeichnung	793
Gusseisen mit Lamellengrafit, Gusseisen mit Kugelgrafit, Temperguss, Stahlguss	794
Einsatz-, Vergütungs-, Automaten-, Nitrier-, Werkzeugstähle	798
Nicht-Eisen-Metalle	805
Kurzbezeichnung für Aluminium	805
Aluminium-Legierungen, chemische Zusammensetzung	807
Aluminium-Legierungen, mechanische Eigenschaften	810
Längen-/flächenbezogene Massen, Biegeradien	811
Gezogene Profile – rund, Vierkant, flach, Rohre, L, U, T	812
Magnesiumlegierungen	815
Gleitlagerwerkstoffe, Sinterwerkstoffe	817
Korrosion, Korrosionsschutz, Oberflächenbehandlung	819
Kunststoffe	825
Einteilung und Unterscheidungsmerkmale der Kunststoffe	825
Eigenschaften Kunststoffe	829
Abmessungen Kunststoffe	834
Verbundwerkstoffe	836
Werkstoffprüfung	838
Werkstoffprüfung von Metallen	838
Werkstoffprüfung von Kunststoffen	846
Zerstörungsfreie Prüfung	848
Einsatzbereiche zerstörungsfreie Prüfung	849
Berufsübergreifende Qualifikationen	850
Wirtschaft, Recht, Unternehmen	851
Produktionsfaktoren, Betrieb und Unternehmung	851
Rechtsformen der Unternehmung	853
Umwelt und Betrieb	854
Arbeitsvertrag	854
Arbeitszeit	855
Arbeitszeugnis	855
Arbeitsschutz	855
Kündigung	856
Weiterbildung	856
Handlungskompetenz	856
Arbeitsgericht	857
Sozialgericht	857
Tarifrecht	857
Tarifverhandlung	857
Tarifvertragsarten	857
Entgelt	858
Entgeltabrechnung	858
Versicherungsarten, Versicherungsprinzipien	858
Gesetzliche Sozialversicherung (Stand 2024)	859
Betriebsrat (BR)	860
Rechtsfähigkeit	861
Rechtsgeschäfte	861
Geschäftsfähigkeit	861

Besitz und Eigentum.....	861
Betriebliche Kennzahlen.....	862
Kalkulation.....	862
Kaufvertrag.....	865
Abschreibung.....	865
Projektmanagement	866
Definition Projekt	866
Definition Projektmanagement.....	866
Projektorganisation.....	866
(Magisches) Projektdreieck	866
Vorgehensmodelle.....	866
Anforderungsdokumentation	867
Abwicklung eines Projektes.....	867
Projektmanagementmethoden	868
Stakeholderanalyse	869
SWOT-Analyse	869
Risikomanagement	869
Sachwortverzeichnis.....	870
Normenverzeichnis	879

Elektrotechnische Grundlagen

Formeln der Elektrotechnik

Gleichstromtechnik

Elektrische Ladung

$$1 \quad Q = n \cdot e$$

Q Ladung in C

n Anzahl der Ladungsträger

e Elementarladung in C, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

1 C (Coulomb) = 1 As (Amperesekunden)

Stromdichte

$$3 \quad J = \frac{I}{A}$$

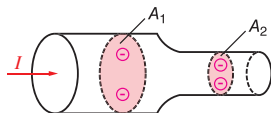
$$I = J \cdot A$$

$$A = \frac{I}{J}$$

J Stromdichte in $\frac{A}{mm^2}$

I Stromstärke in A

A Querschnitt in mm^2



Elektrische Stromstärke

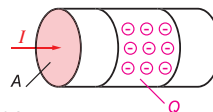
$$2 \quad I = \frac{Q}{t}$$

$$Q = I \cdot t$$

I Stromstärke in A

Q Ladung in C (As)

t Zeit des Stromflusses in s



Elektrisches Potenzial

$$4 \quad U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2$$

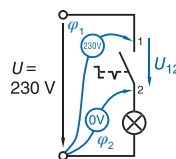
Spannung = Potenzialdifferenz

U_{12} Spannung zwischen den Punkten 1 und 2 in V

φ_1 Potenzial am Punkt 1 in V

φ_2 Potenzial am Punkt 2 in V

Potenzial = Spannung zw. Mess- und Bezugspunkt



Elektrische Spannung

$$5 \quad U = \frac{W}{Q}$$

$$W = Q \cdot U$$

U Spannung in V

W Arbeit in Js

Q Ladung in C (As)

Elektrische Arbeit

$$6 \quad W = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$$

W elektrische Arbeit in Js

P elektrische Leistung in W

t Zeit in s

U Spannung in V

I Stromstärke in A

Elektrische Leistung

$$7 \quad P = \frac{W}{t}$$

$$8 \quad P = U \cdot I$$

P elektrische Leistung in W

W elektrische Arbeit in Js

t Zeit in s

U Spannung in V

I Stromstärke in A

Wirkungsgrad

$$9 \quad \eta = \frac{W_2}{W_1} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$W_2 = \eta \cdot W_1$$

$$P_2 = \eta \cdot P_1$$

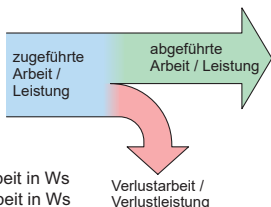
η Wirkungsgrad

W_1 zugeführte Arbeit in Js

W_2 abgeführte Arbeit in Js

P_1 zugeführte Leistung in W

P_2 abgeführte Leistung in W



Leiterwiderstand

$$10 \quad R_L = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{l}{\gamma \cdot A}$$

$$\rho = \frac{1}{\gamma}$$

$$A = \frac{\rho \cdot l}{R_L} = \frac{l}{\gamma \cdot R_L}$$

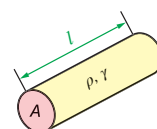
R_L Leiterwiderstand in Ω

A Leiterquerschnitt in mm^2

l Leiterlänge in m

ρ spezifischer Widerstand in $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$

γ spezifische Leitfähigkeit in $\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$



Ohmsches Gesetz

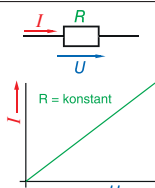
$$11 \quad I = \frac{U}{R}$$

$$U = I \cdot R \quad R = \frac{U}{I}$$

I Stromstärke in A

U Spannung in V

R Widerstand in Ω , $1 \Omega = 1 \frac{V}{A}$



Elektrischer Leitwert

$$12 \quad G = \frac{1}{R} \quad R = \frac{1}{G}$$

Leitwert = Kehrwert des Widerstandes

hoher Leitwert → geringer Widerstand

geringer Leitwert → hoher Widerstand

G Leitwert in S (Siemens), $1 S = 1 \frac{1}{\Omega} = 1 \frac{A}{V}$

R Widerstand in Ω

Temperaturabhängigkeit des Widerstandes

$$13 \quad R_2 = R_1 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta)$$

$$14 \quad \Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

$$R_1 = \frac{R_2}{1 + \alpha \cdot \Delta\theta} \quad \Delta\theta = \frac{1}{\alpha} \cdot \left(\frac{R_2}{R_1} - 1 \right)$$

R_1 Kaltwiderstand in Ω

R_2 Warmwiderstand in Ω

θ_1 Anfangstemperatur in $^{\circ}C$

θ_2 Endtemperatur in $^{\circ}C$

$\Delta\theta$ Temperaturdifferenz in $^{\circ}C$

α Temperaturbeiwert in $1/^{\circ}C$

Elektrotechnische Grundlagen

Formeln der Elektrotechnik

Gleichstromtechnik

Erster Kirchhoff'scher Satz

In einem Knotenpunkt ist die Summe aller Ströme gleich Null. Summe der zufließenden Ströme gleich Summe der abfließenden Ströme.

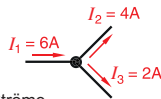
- Zufließender Strom: $I_1 = 6 \text{ A}$
- Abfließende Ströme: $I_2 = 4 \text{ A}$, $I_3 = 2 \text{ A}$

$$6 \text{ A} = 4 \text{ A} + 2 \text{ A}$$

$$6 \text{ A} - 4 \text{ A} - 2 \text{ A} = 0 \text{ (Vorzeichen beachten!)}$$

Allgemein gilt: $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$

Zufließende Ströme sind positiv, abfließende Ströme negativ.



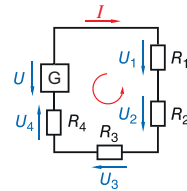
Zweiter Kirchhoff'scher Satz

In einer Netzmasche ist die Summe aller Spannungen gleich Null.

Vorzeichen beachten:

$$U - U_4 - U_3 - U_2 - U_1 = 0$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$



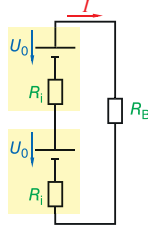
Reihenschaltung von Spannungsquellen

$$I = \frac{n \cdot U_0}{n \cdot R_i + R_B}$$

$$U_0 = I \cdot \left(R_i + \frac{R_B}{n} \right)$$

- U_0 Leerlaufspannung in V
- I Stromstärke in A
- R_i Innenwiderstand der Spannungsquelle in Ω
- R_B Belastungswiderstand in Ω
- n Anzahl der in Reihe geschalteten Spannungsquellen

Reihenschaltung von Spannungsquellen: Spannungserhöhung



Spannungsquellen, Leerlaufspannung

$$U_0 = U_K + U_i$$

$$U_K = U_0 - U_i$$

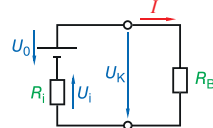
$$U_i = U_0 - U_K$$

Klemmenspannung

$$U_K = U_0 - I \cdot R_i$$

$$U_0 = U_K + I \cdot R_i$$

- U_0 Leerlaufspannung in V
- U_K Klemmenspannung in V
- U_i Spannungsfall am Innenwiderstand in V
- R_i Innenwiderstand
- I Stromstärke in A



Wärmewirkung des elektrischen Stromes

$$P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta \vartheta}{\eta \cdot \Delta t}$$

P aufzuwendende elektrische Leistung in W
 m Masse des zu erwärmenden Stoffs in kg

c spezifische Wärmekapazität in $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

$\Delta \vartheta$ Temperaturunterschied in K

η Wirkungsgrad des Erwärmungsvorganges

Δt Zeitdauer der Erwärmung in s

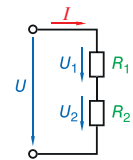
Reihenschaltung von Widerständen

In allen Widerständen fließt der gleiche Strom (kein Knotenpunkt).

$I = \text{konstant}$

$$R_g = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$



Parallelschaltung von Widerständen

An jedem Widerstand liegt die gleiche Spannung. $U = \text{konstant}$

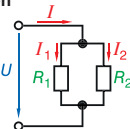
Der Gesamtstrom I teilt sich in die Teilströme I_1, I_2 auf: $I = I_1 + I_2$

n Anzahl der gleichen, parallel geschalteten Widerstände

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$R_E = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_E = \frac{R}{n}$$



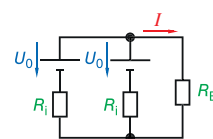
Parallelschaltung von Spannungsquellen

$$I = \frac{U_0}{\frac{R_i}{n} + R_B}$$

$$U_0 = I \cdot \left(\frac{R_i}{n} + R_B \right)$$

- U_0 Leerlaufspannung in V
- I Stromstärke in A
- R_i Innenwiderstand in Ω
- R_B Belastungswiderstand in Ω
- n Anzahl der parallel geschalteten Spannungsquellen

Parallelschaltung von Spannungsquellen: Stromerhöhung

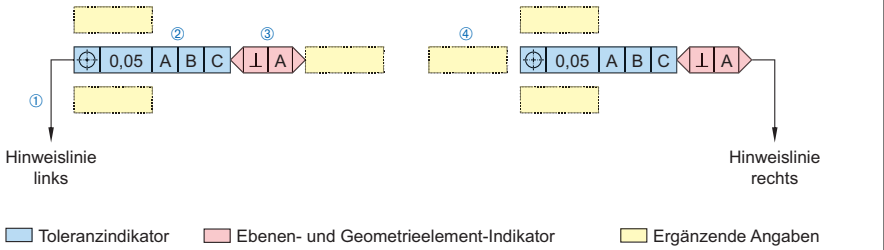


ISO GPS (Geometrische Produktspezifikation)

Aufbau des ISO-GPS-Normensystems, Elementare Grundsätze

Angaben der geometrischen Spezifikation DIN EN ISO 1101:2017-09

Die Angabe einer geometrischen Spezifikation besteht aus einem Toleranzindikator, optionalen Ebenen- und Geometrieelementangaben sowie optionalen angrenzenden Angaben.



- ① Die Hinweislinie muss mit einer Referenzlinie verbunden sein. Die Referenzlinie ist dabei am Mittelpunkt des linken oder rechten Endes des Toleranzindikators oder des (optionalen) Ebenen- und Geometrie-element-Indikators anzubringen.

② Der Toleranzindikator umfasst mindestens 2, höchstens 5 Felder.
- ③ Ebenen- und Geometrieelement-Indikator – Reihenfolge:

 1. Schnittebene
 2. Orientierungsebene oder Richtungselement
 3. Kollektionsebene

④ Ergänzende Angaben können in folgender Reihenfolge, oben oder unten angebracht werden, wobei die obere Lage zu bevorzugen ist.

 1. Angabe der Anzahl
 2. Maßtoleranzen
 3. „Zwischen“-Angaben
 4. „UF“ mit Anzahl
 5. „ACS“
 6. Sonstige

Modifikatoren für Toleranzzone, Geometrieelement und Merkmal – Verwendung im Toleranzindikator

Toleranzzone					Toleriertes Geometrieelement				Merkmal			
Form	Weite und Ausdehnung	Kobination	Spezifizierter Versatz	Nebenbedingungen	Filter		Assoziiertes toleriertes Geometrieelement	Abgeleitetes Geometrieelement	Assoziation	Parameter	Materialbedingung	Zustand
					Typ	Indizes						
Ø	0,03	CZ	UZ+0,2	OZ	G	0,8	Ⓒ	Ⓐ	C, CE, CI	P	Ⓜ	ⓕ
SØ	0,02-0,01	SZ	UZ-0,3	VA	S	-250	Ⓖ	Ⓟ	G, GE, GI	V	Ⓛ	
	0,15/60		UZ+0,1;-0,2	X	SW	0,8-250	Ⓝ		X	T	Ⓡ	
	0,15/70x70		UZ+0,2;-0,3		CW	500	Ⓣ			Q		
	0,3/Ø5		UZ-0,2;-0,3		etc.	-15	ⓧ					
	0,2/70x30°					500-15						
	0,3/10x30°					etc.						
1a	1b	2	3	4	5a	5b	6	7	8	9	10	11

1a

1b

2

3

4

5a

5b

6

7

8

9

10

11

160

ISO GPS (Geometrische Produktspezifikation)

Hüllbedingung, Taylor'scher Prüfgrundsatz

Hüllbedingung $\textcircled{E}$

DIN EN ISO 14405-1

Das weltweite gültige Symbol $\textcircled{E}$, E = envelope, aus dem englischen = Hülle, ist das Kennzeichen für die Hüllbedingung (früher auch: Hüllprinzip) und ist für die Sicherstellung der Montierbarkeit zweier Komponenten erforderlich. Soll eine zwanglose Montierbarkeit im Sinne einer Spielpassung gewährleistet werden, dann darf die größte Ausdehnung des Werkstücks, das Maximal-Material-Maß (MMS = Höchstmaß bei einer Welle, Mindestmaß bei einer Bohrung) nicht überschreiten.

Mögliche Zeichnungsangaben für die Hüllbedingung

Modifikator $\textcircled{E}$, Welle	Kombination aus $\textcircled{LP}$ und $\textcircled{GN}$	Modifikator $\textcircled{E}$, Bohrung	Kombination aus $\textcircled{LP}$ und $\textcircled{GX}$

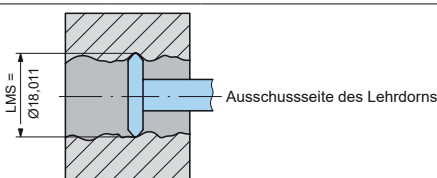
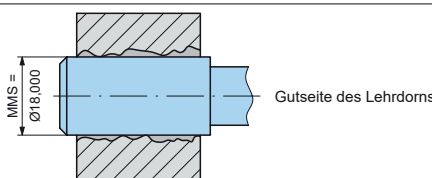
Taylor'scher Prüfgrundsatz

Der **Prüfgrundsatz** von William Taylor besagt, dass die **Gutprüfung** eine Lehrenprüfung ist (sog. Paarungsprüfung mit der Gutseite der Lehre), die über das gesamte Geometrieelement geht und somit die Gesamtwirkung beurteilt. Die **Ausschussprüfung** hingegen wird durch eine Zweipunktprüfung (Ausschussseite bzw. Bügelmessschraube oder Innenmikrometer) beurteilt.

Lehren von Bohrungen

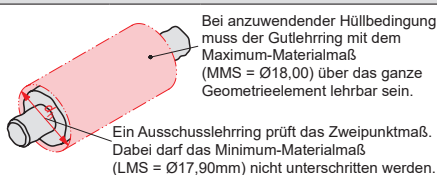
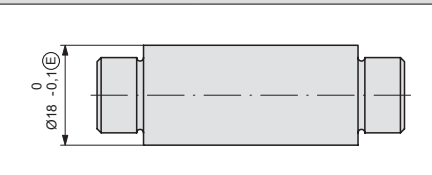
Die Gutseite mit MMS (Maximum Material Size = Maximum Material Größenmaß) umfasst das gesamte Geometrieelement und prüft die "Hülle". Hier $\textcircled{E}$ Ø18H7 $\textcircled{E}$

Die Ausschussseite mit LMS (Least Material Size = Minimum Material Größenmaß) prüft das Zweipunktmaß. Hier $\textcircled{E}$ Ø18H7 $\textcircled{E}$



Ein Prüfmittel, mit dem die Lehrenprüfung von **Bohrungen** auf Basis des Taylorschen Prüfgrundsatzes erfolgen kann, ist der **Grenzlehrdorn**.

Lehren von Außenmaßen

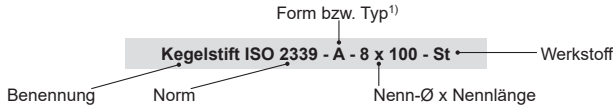


Ein Prüfmittel, mit dem die Lehrenprüfung von **Wellen** auf Basis des Taylorschen Prüfgrundsatzes erfolgen kann, ist die **Grenzradenlehre** und der **Grenzlehring**. Da der Lehring nur jeweils ein Maß prüfen kann, benötigen wir zwei, einen Gut- und einen Ausschusslehring.

Stifte und Bolzen

Übersicht

Bezeichnungsbeispiel:



Stifte mit DIN-EN-Hauptnummern werden mit ISO-Nummern bezeichnet.
ISO-Nummer = DIN-EN-Nummer - 20000; Beispiel: DIN EN 22339 = ISO2339

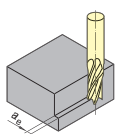
¹⁾ falls vorhanden

z. B. St = Stahl
Nichtrostende Stähle:
A 1 = austenitisch
C 1 = martensitisch

Bezeichnung Normbereich von ... bis	Bild	Norm	Bezeichnung Normbereich von ... bis	Bild	Norm
Zylinderstifte, Kegelstifte, Spannstifte					
Zylinderstift, ungehärtet $d = 1 \dots 50 \text{ mm}$ $l = 2 \dots 250 \text{ mm}$		DIN EN ISO 2338	Kegelstift, $d_1 = 0,6 \dots 50 \text{ mm}$ $l = 2 \dots 200$ Typ A: Geschliffen Typ B: Gedreht		ISO 2339
Zylinderstift, gehärtet $d = 0,8 \dots 20 \text{ mm}$ $l = 2 \dots 100 \text{ mm}$		DIN EN ISO 8734	Spannstift (Spannhülse), geschlitzt $d_1 = 1 \dots 50 \text{ mm}$ $l = 4 \dots 200 \text{ mm}$		DIN EN ISO 8752 DIN EN ISO 13337
Kerbstifte					
Zylinderstift, mit Fase $d_1 = 1,5 \dots 25 \text{ mm}$ $l = 8 \dots 200 \text{ mm}$		DIN EN ISO 8740	Knebelkerbstift $d_1 = 1,5 \dots 25 \text{ mm}$ $l = 8 \dots 200 \text{ mm}$		DIN EN ISO 8744
Steckkerbstift $d_1 = 1,5 \dots 25 \text{ mm}$ $l = 8 \dots 200 \text{ mm}$		DIN EN ISO 8741	Passkerbstift $d_1 = 1,2 \dots 25 \text{ mm}$ $l = 8 \dots 200 \text{ mm}$		DIN EN ISO 8745
Knebelkerbstift, 1/3 der Länge gekerbt $d_1 = 1,2 \dots 25 \text{ mm}$ $l = 8 \dots 200 \text{ mm}$		DIN EN ISO 8742	Knebelkerbstift mit langen Kerben $d_1 = 1,2 \dots 25 \text{ mm}$ $l = 8 \dots 200 \text{ mm}$		DIN EN ISO 8743
Kerbnägel					
Halbrundkerb- nagel $d_1 = 1,4 \dots 25 \text{ mm}$ $l = 3 \dots 40 \text{ mm}$		DIN EN ISO 8746	Senkkerbnagel $d_1 = 1,4 \dots 25 \text{ mm}$ $l = 3 \dots 40 \text{ mm}$		DIN EN ISO 8747
Bolzen					
Bolzen ohne Kopf, Form A ohne, Form B mit Splint- loch $d = 3 \dots 100 \text{ mm}$ $l = 6 \dots 200 \text{ mm}$		DIN EN 22340	Bolzen mit Kopf, Form A ohne, Form B mit Splintloch $d = 3 \dots 100 \text{ mm}$ $l = 6 \dots 200 \text{ mm}$		DIN EN 22341

Maschinen-
elemente

414

Trennen							
Fräsen							
Bezeichnung von Werkzeugen mit Wendeschneidplatten					DIN ISO 11529-2		
8	Lage der Sitze für Wendeschneidplatten		A	B	C	D	
		Orthogonal-Spanwinkel γ	0° oder positiv	0° oder positiv	negativ	negativ	
		Schneiden-Neigungswinkel λ_s	0° oder positiv	negativ	0° oder positiv	negativ	
9	Schneiden-zahl	Anzahl der wirksamen Schneiden (für die Berechnung des Vorschubs je Zahn). Bei einsteiliger Zahl wird eine Null vorangestellt.					
10	Form des Schaftes	A glatter Zylinderschaft	B Zylinderschaft mit seitlicher Mitnahmefläche		C Zylinderschaft mit geneigter Spannfläche		
		D Zylinderschaft mit Gewinde	E Morsekegelschaft Form A		F Morsekegelschaft mit Mitnehmer		
		G Steilkegelschaft	H Steilkegelschaft, automatischer Werkzeugwechsel		J kegelförmiger Schaft mit Gewinde		
		K Zylinderschaft mit seitlicher Mitnahme, Gewinde	L Zylinderschaft mit seitlicher Mitnahme, Spannfläche		M Steilkegelschaft, verkürzt		
		N Kegel-Hohlschaft A	Q Kegel-Hohlschaft C		X andere Formen		
	Form der Bohrung	P Bohrung Form A ISO 6462	S Bohrung Form B ISO 6462		T Bohrung Form V ISO 6462		
		U Bohrung Form C ISO 6462	V Bohrung mit Mitnehmernut ISO 240		Y andere Formen		
11	Größe des Schafts bzw. Bohrung	Fräswerkzeuge mit Bohrung = Nenndurchmesser der Bohrung in mm Fräswerkzeuge mit Zylinderschaft = Nenndurchmesser in mm Fräswerkzeuge mit Morsekegel = Nummer des Morsekegels Fräswerkzeuge mit Steilkegelschäfte = Nummer des Schafts Fräswerkzeuge mit HSK = Nenndurchmesser in mm					
Richtwerte für Winkel am Werkzeug in °							
		HSS			HM		
		α	γ	λ_s	α	γ	λ_s
Fräsen	Walzenstirnfräser				Die Winkel sind die Summe aus den Winkeln der Plattenform und den Winkeln der Plattenaufnahmefläche im Werkzeugträger; häufige Werte: $\alpha_0 = 11 - 15^\circ$, $\gamma_0 = 10^\circ$ λ_s = keine Angabe		
	Bau, Vergütungsstahl	6	12	40			
	Gusseisen	6	12	40			
	Al, Al-Legierung	8	25	50			
	Cu, Cu-Legierung	6	15	45			
	Duroplaste	≤ 15	15 ... 25				
	Thermoplaste	2 ... 10	1 ... 10				
	Scheiben-, Schaftfräser				Abhängigkeit von Plattenform und Plattenaufnahmeflächen; häufige Werte: Scheibenfräser: $\alpha_0 = 11^\circ$, $\gamma_0 = 0^\circ$ $\lambda_s = 3 \dots 5^\circ$ Schaftfräser: $\alpha_0 = 11^\circ$, $\gamma_0 = -14 \dots 0^\circ$ $\lambda_s = -5 \dots 5^\circ$		
	Stahl, Gusseisen	6	12	15			
	Al, Al-Legierung < 10 % Si	8	25	30			
	> 10 % Si	10	25	40			
	Cu, Cu-Legierung	6	15	20			
Fräskopf							
Stahl, Gusseisen	7	12	15	8 ... 12	5 ... 10	- 8	
Al, Al-Legierung				8 ... 12	12 ... 20	+ 4 ... - 4	
Hartfräsen mit beschichteten Vollhartmetall-(VHM-)Werkzeugen							
	Werkstoff gehärteter Stahl HRC	Schnittgeschwindigkeit v_c m/min	Arbeits-eingriff a_{pmax} mm	Schnitt-tiefe a_{pmax} mm	Vorschub je Zahn f_z in mm bei Fräserdurchmesser d in mm		
					2 ... 8	> 8 ... 12	> 12 ... 20
	bis 35	80 ... 90	0,05	1,5	0,04	0,05	0,06
	36 ... 45	60 ... 70	0,05	1,5	0,08	0,1	0,12
	46 ... 54	50 ... 60	0,05	1,5	0,04	0,05	0,06

