



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Kunststoffberufe

Dietmar Morgner
Werner Gradl
Ulrike Rudolph

Cornelia Fritsche
Jörg Kolbinger
Albrecht Schmidt

Hartmut Fritsche
Karl-Heinz Küspert
Frank Schwarze

Tabellenbuch Kunststofftechnik

2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage

Europa-Nr.: 15020

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

Autoren:

Fritsche, Cornelia	Dipl.-Ing.- Päd., Studienrätin	Massen
Fritsche, Hartmut	Dipl.-Ing. (FH)	Massen
Gradl, Werner	Ing. BEd.	Wartberg
Kolbinger, Jörg	Dipl.-Ing. (FH), Studiendirektor	Windelsbach
Küspert, Karl-Heinz	Fachoberlehrer	Hof
Morgner, Dietmar	Dipl.-Ing.- Päd.	Chemnitz
Rudolph, Ulrike	Dipl.-Ing.	Sonneberg
Schmidt, Albrecht	Fachoberlehrer	Selbitz
Schwarze, Frank	Dipl.-Ing.- Päd., Studienrat	Sonneberg

Lektorat: Dietmar Morgner, Chemnitz

Bild- und Tabellenentwürfe: Die Autoren unter Mitwirkung der Arbeitskreise „Tabellenbuch Metall“, „Tabellenbuch für Metallbautechnik“, „Fachkunde Elektrotechnik“, „Tabellenbuch Chemietechnik“, „Fachkunde Metall“, „Fachkunde Kunststofftechnik“ und „Kunststofftechnik Arbeitsblätter“

Bildbearbeitung: Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern
Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar

Fotos: Leihgaben der Unternehmen, siehe Bildquellenverzeichnis und Bilder der Autoren.

Auszüge aus den aktuellen DIN-Normen wurden den Inhalten des Tabellenbuches zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch die vollständigen DIN-Normen.

Alle DIN-Normen können beim Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, bezogen werden.

2. Auflage 2018, korrigierter Nachdruck 2019

Druck 5 4 3 2

Alle Drucke dieser Auflage sind im Unterricht nebeneinander einsetzbar, da sie bis auf korrigierte Druckfehler und geringfügige Normänderungen **unverändert** sind.

ISBN 978-3-8085-1540-2

Alle Rechte vorbehalten. Das Tabellenbuch ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag genehmigt werden.

© 2018 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar
Umschlag: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar
Umschlagfotos: Coperion GmbH, 70469 Stuttgart
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Die Kunststoffindustrie ist und bleibt ein wesentlicher Faktor der wirtschaftlichen Entwicklung einer Volkswirtschaft. Den Einflüssen und Bedingungen der Globalisierung muss in der Wachstumsbranche **Kunststofftechnik** Rechnung getragen werden. Die Bedingungen der Aus- und Weiterbildung sind damit zwangsläufig an ständig höhere Anforderungen gebunden.

Das vorliegende Tabellenbuch ist vorrangig für die duale Ausbildung in der Kunststoffindustrie konzipiert und ergänzt die im Verlag EUROPA-Lehrmittel aufgelegte Fachbuchreihe der Kunststofftechnik.

Zielgruppen für das Tabellenbuch

- Verfahrensmechaniker für Kunststoff- und Kautschuktechnik
- Kunststofftechniker und -formgeber (für Österreich)
- Kunststoffformgeber – Metalltechnik-Werkzeugbau

Inhalt

Der Inhalt des Tabellenbuches ist acht Registern zugeordnet und orientiert sich an den verbindlichen Lehrplänen zur Lernfeld-orientierten bzw. traditionellen fachspezifischen Ausbildung. In Verbindung mit der Fachkunde Kunststofftechnik eignen sich die Inhalte des Tabellenbuches außerdem für die Meister- und Techniker Ausbildung bzw. für Studiengänge der Kunststofftechnik.

Im Inhaltsverzeichnis auf den Seiten 4 bis 8 wird eine detaillierte Themenübersicht mit den zugehörigen Seitenangaben dargestellt.

Alle im Tabellenbuch verwendeten Normen sind auf den Seiten 467 bis 469 zusammengestellt.

Mithilfe der bewährten Registereinteilung der EUROPA-Tabellenbücher ist ein rascher und unkomplizierter Zugriff auf Untergliederungspunkte innerhalb eines Sachgebietes möglich.

Register **N**: Naturwissenschaftlich-
technische Grundlagen
Register **T**: Technische Kommunikation
Register **W**: Werkstofftechnik
Register **M**: Maschinenelemente

Register **A**: Automatisierungstechnik
Register **F**: Fertigungstechnik
Register **V**: Verfahrenstechnik
Register **KF**: Kunststoffenster und
Apparatebau

Die **2. Auflage** ist um 12 lehrplanspezifische Seiten erweitert sowie durch fachpraktischen Leserhinweisen ergänzt worden.

Im Tabellenbuch sind die fertigungsspezifischen Kenngrößen der Kunststoffe durch Zahlenwerte von ... bis aufgelistet. Für Versuche bitte die „herstellerspezifischen Werte verwenden“.

Im Firmenverzeichnis sind alle Unternehmen aufgeführt, die den Autoren Unterlagen zur Verfügung gestellt haben. Mithilfe der angegebenen E-Mail-Adressen ist eine Kontaktaufnahme zur Vertiefung bestimmter Sachverhalte möglich.

Im Sachwortverzeichnis sind alle wichtigen Begriffe des Tabellenbuches in deutscher und englischer Sprache angegeben.

Für die umfangreiche und kompetente Unterstützung danken wir allen Unternehmen, die uns mit zahlreichen Bildern und Wertetabellen bei der praxisbezogenen Erarbeitung des Tabellenbuches unterstützt haben.

Das Autorenteam ist für Fehlerhinweise und konstruktive Verbesserungsvorschläge den Nutzern des neuen Tabellenbuches der Kunststofftechnik dankbar.
Kontaktieren Sie uns unter lektorat@europa-lehrmittel.de.

Inhaltsverzeichnis

1 Naturwissenschaftlich-technische Grundlagen

1.1 Technische Mathematik

Grundlagen der Mathematik	10
Potenzen, Wurzeln und Logarithmen	12
Gleichungen und Formeln	13
Prozentrechnung	14
Dreisatzrechnung	15
Interpretation von Diagrammen	16
Teilung von Längen, Bogenlänge und gestreckte Länge	18
Berechnungen im rechtwinkligen Dreieck ..	19
Winkelfunktionen	20
Sinus- und Cosinussatz	21
Flächenberechnungen	22
Volumenberechnungen	24
Berechnungen von Masse und Gewichtskraft	26
Linien- und Flächenschwerpunkte	27

1.2 Technische Physik

Physikalische Größen und Einheiten	28
Kräfte – Darstellung und Kraftkomponenten ..	31
Arten von Kräften	32
Reibung	33
Drehmoment und Hebelgesetz	34
Arbeit, Energie und Leistung	35
Gleichförmige und beschleunigte Bewegung ..	37
Geschwindigkeiten an Maschinen	38
Druck – Arten und Druckübersetzung	39
Belastungsfälle und Beanspruchungsarten ..	41

Festigkeitswerte	42
Beanspruchung auf Zug und Druck	43
Flächenpressung	43
Beanspruchung auf Knickung	44
Beanspruchung auf Abscherung	44
Beanspruchung auf Biegung und Torsion ..	45
Flächen- und Widerstandsmomente	46
Temperaturskalen und Thermische Größen ..	47
Thermische Ausdehnung, Schwindung	47
Schmelzwärme, Wärmeübertragung	48
Größen und Einheiten im Stromkreis	49
Schaltung von Widerständen	51
Elektrische Arbeit und Leistung	52
Spannungsarten und Stromstärke	53
Elektromagnetismus	54

1.3 Technische Chemie

Atom – Modelle und Begriffe	57
Periodensystem der Elemente	58
Molekül – Bindungen und Modelle	60
Chemikalien in der Kunststofftechnik	62
Organische Kohlenwasserstoffe	63
Rohstoffe für Kunststoffe	65
Grundlagen der Kunststoffchemie	66
Polymerisation	67
Polykondensation und Polyaddition	68
Bindungskräfte	69
Rohstoffliches (chemisches)	
Werkstoffrecycling	70

2 Technische Kommunikation

2.1 Geometrische Grundformen und Diagramme

Strecken, Lote und Winkel	72
Teilungen	73
Tangenten und Kreisübergänge	74
Kreise am Dreieck und Vieleckkonstruktionen	75
Ellipse, Parabel, Schraubenlinie und Evolvente	76
Bestimmung der wahren Größe von Linien und Flächen	77
Schnitte an Grundkörpern und Abwicklungen	78
Abwicklungen von Falt- und Übergangskörpern	79
Kartesisches Koordinatensystem	80
Polarkoordinaten und Flächendiagramme ..	81

2.2 Darstellung durch Zeichnungen mit Maßeintragungen

Zeichnungstechnische Grundlagen	82
Beschriftung von Zeichnungen	83
Normzahlen und Maßstäbe	84

Positionsnummern und Stückliste	85
Linien	86
Grundregeln der Zeichnungsdarstellung ..	87
Projektionsmethoden	88
Ansichten	90
Schnittdarstellungen in Zeichnungen	92
Maßeintragungen in Zeichnungen	94
Bemaßungsarten	96
Vereinfachungen von Zeichnungen	99

2.3 Maschinen- und Werkstückelemente

Zahnräder	100
Wälzlager	101
Dichtungen	102
Sicherungsringe und Nuten für Sicherungsringe, Federn, Keilwellen und Kerbverzahnungen	103
Werkstückkanten und Butzen an Drehteilen ..	104
Gewinde und Schraubenverbindungen	105
Gewindeausläufe und -freistiche	106
Zentrierbohrungen und Rändel	107
Freistiche	108

2.4 Fügedarstellungen, Oberflächen- und Wärmebehandlungsangaben	
Symbole für Schweiß- und Lötnähte	109
Darstellung von Schweiß- und Lötverbindungen	110
Bemaßungsbeispiele von Schweiß- und Lötverbindungen	112
Gestaltabweichungen und Rauheitskenngrößen	113
Angaben zur Oberflächenbeschaffenheit	114
Rauheitswerte von Werkstückoberflächen	115
Werkstückbeschichtungen	116
Härteangaben wärmebehandelter Werkstücke	117

2.5 Toleranzen und Passungen	
Allg. Grundlagen des ISO-Systems	118
ISO-Systeme für Grenzmaße und Passungen	119
ISO-Passungen	120
Passungsempfehlungen	124
Allgemeintoleranzen	125
Geometrische Tolerierung	126
Schwindung	128
Toleranzen für Kunststoffteile	129
Toleranzgruppen	130

3 Werkstofftechnik

3.1 Metalle	
Einteilung der Werkstoffe und Stoffwerte	132
Einteilung der Eisenwerkstoffe	134
Normbezeichnung der Stähle	135
Stahlbezeichnung durch Werkstoffnummern	137
Baustähle	138
Feinkornbaustähle, vergütete Baustähle	139
Einsatz- und Vergütungsstähle	140
Nitrier-, Feder- und Automatenstähle	141
Nichtrostende Stähle	142
Werkzeugstähle	143
Handelsformen von Stählen	144
Stabstähle – warmgewalzt	145
Stabstähle – blank	146
T-Stähle – U-Stähle	147
Winkelstähle	148
Mittelbreite und breite I-Träger	149
Hohlprofile	150
Rohre für den Maschinenbau, Präzisionsstahlrohre	151
Bleche und Bänder	152
Wärmebehandlung von Stählen	153
Eisen-Gusswerkstoffe	154
Lamellengrafit und Kugelgrafit	154
Temperguss und Stahlguss	155
Nichteisenmetalle	156
Leichtmetall-Legierungen	157
Schwermetall-Legierungen	159

3.2 Thermoplaste	
Einteilung und Überblick über die Kunststoffe	160
Zustandsdiagramme der Thermoplaste	163
ABS und ASA	165
CA und CAB	166
LCP und PA 6	167
Weitere Polyamidtypen	168
PBT und PET	169
PC und PMMA	170
Polyolefine: PE-HD, PE-LD	171
PEEK und PES – Hochleistungs-Kunststoffe	172

Polyoximethylen und Polyphthalamid	174
Polyphenylenether und Polyphenylsulfid	175
Polystyrol und Polysulfon	176
Polytetrafluorethylen und Polyvinylidenfluorid	177
Polyvinylchlorid: hart und weich	178
Styrolpolymerisate: Styrol-Acrylnitril und Styrol-Butadien	179
Polyimide: Polyamidimid und Polyetherimid	180
Normbezeichnung der Thermoplaste	181

3.3 Duroplaste	
Zustandsdiagramm der Duroplaste	182
Formaldehydharze PF und MF	183
Formaldehydharze MPF und UF	184
Ungesättigtes Polyesterharz UP und Epoxidharz EP	185
Polyurethan PUR	186
Polyimidharz PI und Silikonharz SI	187

3.4 Elastomere und Thermoplastische Elastomere	
Vulkanisation	188
Zustandsdiagramm der Elastomere	189
Klassifizierungssystem für Kautschuk	190
ACM und CSM	191
EPDM und FPM	192
CO und ECO	193
FMVQ und VMO	194
BIIR und BR	195
CIIR und CR	196
IIR und NR	197
NBR und SBR	198
TM und AU / EU	199
Thermoplastische Elastomere – TPE	200

3.5 Kunststofferkennung und Additive	
Kunststofferkennung	203
Additive	205

3.6 Verbundstoffe und Verstärkungsstoffe	
Verbundstoffe	207
Verstärkungsstoffe	208

3.7 Werkstoffprüfung

Prüfungen an metallischen Werkstoffen

Zugversuch, Zugproben	209
Kerbschlagbiegeversuch, Umlaufbiegeversuch	210
Härteprüfung nach Brinell	211
Härteprüfung nach Rockwell und Vickers ..	212
Martenshärte durch Eindringprüfung	213

Mechanische Prüfungen an Kunststoffen

Zugversuch	214
Kugeleindruckversuch, Shore Härte	215
Schlagbiegeversuch nach Charpy, Izod, Dynstat	216
Biegeeigenschaften	217

Physikalische Prüfungen an Kunststoffen

Schüttdichte, Stopfdichte, Rieselfähigkeit ..	218
Dichtebestimmung	219
Korngrößenverteilung/Siebanalyse	220

Rheologische Prüfungen an Kunststoffen

MFR/MVR Fließraten	222
VICAT-Erweichungstemperatur, Warmformbeständigkeit	223

Weitere Prüfungen an Kunststoffen

Mechanische Prüfungen	224
Physikalische und Rheologische Prüfverfahren	225
Thermische Analyseverfahren, Thermische Alterung	226
Optische Prüfverfahren, Brandverhalten ...	227
Elektrische Prüfverfahren, Schwindung	228

Prüfungen von Elastomeren

Physikalische Prüfverfahren	229
Physikalische Wechselwirkungen	230
Werkstoffveränderungen, Elektrische Eigenschaften	231
Härteprüfung nach Shore, Reiß- und Zugfestigkeit	232

4 Maschinenelemente

4.1 Gewinde

Übersicht der gängigen Gewindearten	234
Metrisches ISO-Gewinde und Feingewinde ..	235
Trapezgewinde und Sägewinde	236
Whitworth-Gewinde und Rohrgewinde	237
Gewindetoleranzen	238

4.2 Schrauben und Muttern

Schrauben – Bezeichnung, Übersicht und Festigkeitsklassen	239
Mindesteinschraubtiefen	241
Sechskantschrauben	242
Zylinderschrauben mit Innensechskant	244
Zylinderschrauben mit Schlitz	245
Linsensenkschrauben und Blechschraben	246
Stiftschrauben, Ringschrauben und Verschlusschrauben	247
Gewindestifte	248
Berechnung und Auslegung von Schraubenverbindungen	249
Muttern – Bezeichnung und Übersicht	253
Muttern – Festigkeitsklassen und Sechskantmuttern	255
Sechskantmuttern und Nutmuttern	256
Scheiben-Bezeichnung, Übersicht und flache Scheiben	257
Gewindeeinsätze für Thermoplaste	258
Schrauben für Thermoplaste	259

4.3 Senkungen

Senkungen für Zylinder und Sechskantschrauben	260
Senkungen für Senkschrauben	261

4.4 Stifte, Bolzen, Federn, Griffe, Riemen und Zahnräder

Bezeichnung und Übersicht	262
Zylinderstifte, Kegelstifte, Spannstifte	263
Schrauben-Druckfedern/Zugfedern und Tellerfedern	264
Griffe und Kugelknöpfe	268
Riemen – Übersicht	269
Zahnräder	270
Übersetzungen	271

4.5 Welle-Nabe-Verbindungen

Bezeichnungen – Passfedern und Keile	272
Metrische Kegel und Morsekegel	273

4.6 Lager und Schmierstoffe

Wälzlager – Übersicht und Eigenschaften ..	274
Wälzlager – Bezeichnung	275
Kugellager, Zylinderrollenlager	276
Kegelrollenlager und Pendelrollenlager ...	278
Nadellager und Sicherungsringe	279
Dichtringe	280
Gleitlager – Übersicht und Eigenschaften ..	281
Gleitlagerbuchsen	282
Schmieröle	283
Schmierfette und Festschmierstoffe	284

5 Automatisierungstechnik

5.1 Steuern und Regeln, Grundbegriffe

Begriffe und Kenngrößen	286
-------------------------------	-----

Pneumatische und hydraulische

Schaltpläne	287
-------------------	-----

Pneumatische und hydraulische Schaltzeichen	290	Schaltzeichen	307
Pneumatische Selbsthaltung	291	Sensoren	308
Symbole und Proportionalventile	292	Elektropneumatische Steuerung	310
		Binäre Verknüpfungen	311
5.2 Grafische Darstellung und Auslegung von pneumatischen und hydraulischen Anlagen		5.5 Speicherprogrammierte Steuerungen	
Funktionsdiagramme	294	Programmiersprache und strukturierter Text	312
Pneumatische Steuerung	295	Anweisungsliste, Kontaktplan	313
Pneumatikzylinder	296	Vergleich von AWL, KOP und FBS	314
Verdichter und Druckbehälter	298	Ablaufsteuerung mit SPS	315
Hydraulikzylinder und Hydraulikpumpen	299		
Druckflüssigkeiten	300	5.6 Handhabungstechnik und Robotik	
5.3 Grafset		Koordinatensysteme und Achsen von Robotern	316
Grundstruktur und Ablaufkette	301	Aufbau von Robotern	317
Transition und Aktionen	302	Greiferarten, Nullpunkte und Kenndaten	318
Kontinuierlich und speichernd wirkende Aktionen	303		
Ablaufkette und Verzweigungen	304	5.7 Elektrotechnik	
5.4 Grafische Darstellung und Auslegung von elektropneumatischen Steuerungen		Verteilungssysteme	319
Elektropneumatischer Schaltplan	306	Gefahren und Erste Hilfe	320
		Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Ströme	322
		Schutzmaßnahmen in Betriebsstätten	325

6 Fertigungstechnik

6.1 Spanen und Biegen		Heizelementeschweißen	348
Kräfte und Leistungen: Drehen/Bohren	328	Heizwendelschweißen	349
Zeitspannungsvolumen und spezifische Schnittkraft	329	Warmgasschweißen von Rohren und Tafeln	350
Kräfte und Leistung: Fräsen	330	Warmgasschweißen: Schweißparameter	351
Drehzahldiagramm	331	6.5 Qualitätsmanagement	
Zerspanungsrichtlinien: Bohren	332	Normen der DIN EN ISO 9000-Reihe	352
Zerspanungsrichtlinien: Reiben/ Gewindebohren	333	Statistische Auswertung	354
Zerspanungsrichtlinien: Fräsen	334	Normalverteilung	355
Zerspanungsrichtlinien: Drehen	335	Statistische Qualitätskontrolle	356
Bearbeitungsrichtlinien: Thermoplaste	336	Maschinen- und Prozessfähigkeit	357
Biegeradien, Zuschnittmittlung und Rückfederung	337	AQL-Stichprobensystem	358
		AQL-Tabellen: Einfachstichprobenprüfung	359
		AQL-Tabellen: Doppelstichprobenprüfung	360
6.2 Kleben		6.6 Arbeitssicherheit und Umweltschutz	
Bindungskräfte, Fachbegriffe und Klebstoffe	339	Sicherheitszeichen: Rettung, Brandschutz	361
Gestaltung von Klebeverbindungen	340	Sicherheitszeichen: Gebotszeichen	362
Zuordnung Klebstoffe – Kunststoffe	341	Sicherheitszeichen: Warnzeichen	363
Vorbehandlung von Kunststoffen	342	Sicherheitszeichen: Verbotsschilder	364
6.3 Thermoformen		Warnzeichen für gefährliche Stoffe	365
Umformbereiche von Thermoplasten	343	Gefahrensymbole, EU-Gefahrensymbole	366
Positiv- und Negativformung	344	Gasflaschen für industriellen Einsatz	367
Spezielle Thermoformverfahren	345	Farbkennzeichnung von Gasflaschen	368
Umform- und Werkzeugtemperaturen	346	Durchflusstoff – Markierung der Rohrleitungen	369
6.4 Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen		Farbsignale für Taster und Leuchtmelder	370
Schweißbarkeit von Kunststoffen	347	Sicherheitsdatenblatt	371
		Gefahrstoffe, R-Sätze	373
		Gefahrstoffe, S-Sätze	374

7 Verfahrenstechnik

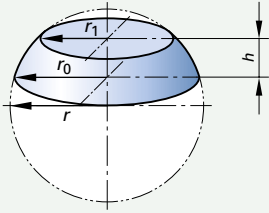
7.1 Vor- und Nachbehandlung		
Vorbehandlung.....	376	
Nachbehandlung	379	
7.2 Extrudieren		
Maschinenaufbau und Verfahrenstechnik ..	381	
Verarbeitungsparameter	385	
Verfahrensspezifische Berechnungen	386	
Fehleranalyse	390	
7.3 Blasformen		
Maschinenaufbau und Verfahrenstechnik ..	392	
Verarbeitungsparameter	394	
Verfahrensspezifische Berechnungen	395	
Fehleranalyse	396	
7.4 Spritzgießen		
Maschinenaufbau und Verfahrenstechnik ..	397	
Verarbeitungsparameter.....	405	
Verfahrensspezifische Berechnungen	414	
Fehleranalyse	416	
7.5 Pressen		
Maschinenaufbau und Verfahrenstechnik ..	417	
Verarbeitungsparameter.....	418	
Verfahrensspezifische Berechnungen	419	
Fehleranalyse	420	
7.6 Beschichten		
Maschinenaufbau und Verfahrenstechnik ..	423	
Verarbeitungsparameter und verfahrenstechnische Berechnungen ...	425	
7.7 Laminieren		
Maschinenaufbau und Verfahrenstechnik ..	427	
Verarbeitungsparameter.....	428	
Verfahrensspezifische Berechnungen.....	430	
7.8 Schäumen		
Maschinenaufbau und Verfahrenstechnik ..	431	
Verarbeitungsparameter.....	433	
Verfahrensspezifische Berechnungen.....	434	
Fehleranalyse	434	
7.9 Kalandrieren		
Maschinenaufbau und Verfahrenstechnik ..	435	
Fehleranalyse	438	
7.10 Recycling		
Recyclingarten.....	439	
Recyclingcode.....	440	

8 Kunststofffenster und Apparatebau

8.1 Fenstermaße und Ausführungsarten		
Rohbaumaße und Befestigungen.....	442	
Fensterdarstellungen.....	444	
Beanspruchungen und Anforderungen	445	
8.2 Glasarten und Beanspruchungen		
Glasdicken und Windbelastung	446	
Wärmeschutzglas.....	447	
Sicherheits- und Brandschutzgläser.....	448	
8.3 Wärme- und schalltechnisches Verhalten		
Wärmedurchgangskoeffizient	451	
Schallschutz	453	
Fugendichtstoffe und -ausführungen.....	456	
Raumlüftung.....	458	
8.4 Auskleiden von Behältnissen und Räumen		
Folienverlegung	459	
Einsatzgebiete	460	
8.5 Apparatebau		
Elemente des Apparatebaus.....	461	
Kunststoffrohre	462	
Rohrverbindungen für Rohre aus PVC-U... ..	463	
Rohrverbindungen aus PE-HD, PB und Armaturen.....	464	

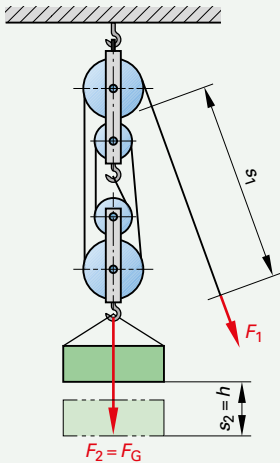
1 Naturwissenschaftlich-technische Grundlagen

1.1 Technische Mathematik



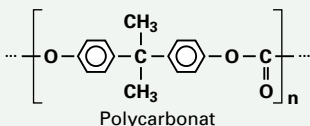
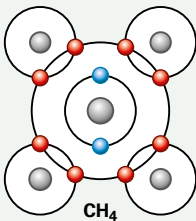
Grundlagen der Mathematik.	10
Potenzen, Wurzeln und Logarithmen.	12
Gleichungen und Formeln	13
Prozent- und Dreisatzrechnung	14
Interpretation von Diagrammen.	16
Teilung von Längen, Bogenlänge und gestreckte Länge	18
Berechnungen im rechtwinkligen Dreieck.	19
Winkelfunktionen.	20
Flächenberechnungen.	22
Volumenberechnungen.	24
Berechnungen von Masse und Gewichtskraft	26
Linien- und Flächenschwerpunkte	27

1.2 Technische Physik



Physikalische Größen und Einheiten.	28
Kräfte – Darstellung und Kraftkomponenten.	31
Arten von Kräften	32
Reibung	33
Drehmoment und Hebelgesetz.	34
Arbeit, Energie und Leistung	35
Gleichförmige und beschleunigte Bewegung.	37
Druck – Arten und Druckübersetzung	39
Belastungsfälle und Beanspruchungsarten.	41
Festigkeitswerte.	42
Beanspruchung auf Zug, Druck und Flächenpressung	43
Beanspruchung auf Knickung und Abscherung	44
Beanspruchung auf Biegung und Torsion.	45
Temperaturskalen und Thermische Größen	47
Größen und Einheiten im Stromkreis	49
Elektromagnetismus	54

1.3 Technische Chemie

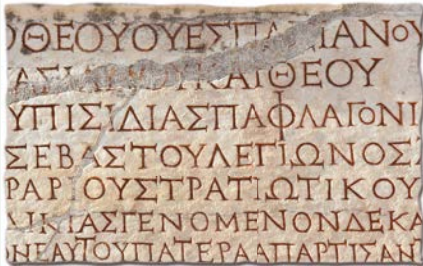


Atom – Modelle und Begriffe	57
Periodensystem der Elemente	58
Molekül – Bindungen und Modelle	60
Chemische Formeln, Reaktionsgleichungen und pH-Wert	61
Chemikalien in der Kunststofftechnik	62
Organische Kohlenwasserstoffe.	63
Rohstoffe für Kunststoffe	65
Grundlagen der Kunststoffchemie.	66
Polymerisation.	67
Polykondensation und Polyaddition	68
Bindungskräfte.	69
Rohstoffliches (chemisches) Werkstoffrecycling	70



Grundlagen der Mathematik

Griechisches Alphabet



Anwendungsbeispiele in der Mathematik

Delta Δ	Differenzzeichen
Sigma Σ	Summenzeichen
Pi π	Kreiszahl (= 3,141592...)

Anwendungsbeispiele in der Physik und Chemie

Beta β	Massenkonzentration
Eta η	Wirkungsgrad
Theta θ	Temperatur
Rho ρ	Dichte
Ksi ξ	Massenverhältnis
Psi Ψ	Volumenverhältnis

Buchstaben- name	Schreibweisen				Buchstaben- name	Schreibweisen			
	groß		klein			groß		klein	
Alpha	A	<i>A</i>	α	α	Ny	N	<i>N</i>	ν	ν
Beta	B	<i>B</i>	β	β	Ksi	Ξ	Ξ	ξ	ξ
Gamma	Γ	<i>Γ</i>	γ	γ	Omikron	O	<i>O</i>	o	o
Delta	Δ	<i>Δ</i>	δ	δ	Pi	Π	<i>Π</i>	π	π
Epsilon	E	<i>E</i>	ϵ	ϵ	Rho	P	<i>P</i>	ρ	ρ
Zeta	Z	<i>Z</i>	ζ	ζ	Sigma	Σ	<i>Σ</i>	ς σ	σ
Eta	H	<i>H</i>	η	η	Tau	T	<i>T</i>	τ	τ
Theta	Θ	<i>Θ</i>	θ ϑ	θ	Ypsilon	Υ	<i>Υ</i>	υ Υ	v
Jota	I	<i>I</i>	ι	ι	Phi	Φ	<i>Φ</i>	ϕ	ϕ
Kappa	K	<i>K</i>	κ	κ	Chi	χ	<i>χ</i>	χ	χ
Lamda	Λ	<i>Λ</i>	λ	λ	Psi	Ψ	<i>Ψ</i>	ψ	ψ
My	M	<i>M</i>	μ	μ	Omega	Ω	<i>Ω</i>	ω	ω

Römische Zahlen



Römische Grundziffern

Römisch	I	V	X	L	C	D	M
Arabisch	1	5	10	50	100	500	1000

Aus den römischen Grundziffern werden alle römischen Zahlen gebildet. Die Zeichen werden entsprechend ihrem Wert absteigend von links nach rechts geordnet. Die Ziffern I, X, C und M dürfen maximal dreimal direkt nebeneinander stehen. V, L und D dürfen nicht nebeneinander stehen. Es gibt kein Zeichen für die 0.

Römische Zahlen in Arabische Zahlen umrechnen

	Beispiele		
Römisch	$XII = X + I + I$	$IV = V - I$	$XLIX = (L - X) + (X - I)$
Arabisch	$12 = 10 + 1 + 1$	$4 = 5 - 1$	$49 = (50 - 10) + (10 - 1)$

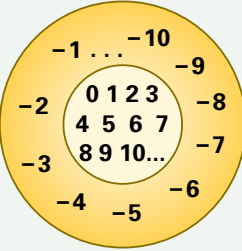
Römische Zahlen

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
XI	XII	XX	XXI	XXX	XC	CD	DCCC	IM	MMXX
11	12	20	21	30	90	400	800	999	2020



Grundlagen der Mathematik

Addition und Subtraktion



Kommutativgesetz – Vertauschen von Summanden

$$a + b + c = a + c + b$$

$$7 + 3 + 1 = 7 + 1 + 3 = 11$$

$$7 + 3 + 1 = 1 + 7 + 3 = 11$$

Assoziativgesetz – Zusammenfassen von Summanden

$$a + b + c = a + (c + b)$$

$$7 + 3 + 1 = 7 + (1 + 3) = 11$$

$$7 + 3 + 1 = 1 + (7 + 3) = 11$$

Vorzeichenregeln – Zusammenfassen von Summanden

$$(+a) + (+b) = (+a) - (-b) = a + b$$

$$(+4) + (+5) = (+4) - (-5) = 9$$

$$(+a) + (-b) = (+a) - (+b) = a - b$$

$$(+4) + (-5) = (+4) - (+5) = -1$$

$$a - (b + c - d) = (a - b - c + d)$$

$$15 - (2 + 4 - 3) = (15 - 2 - 4 + 3) = 12$$

Multiplikation und Division

X	0	1	2	3
0	0	0	0	0
1	0	1	2	3
2	0	2	4	6
3	0	3	6	9
4	0	4	8	12
5	0	5	10	15

Kommutativgesetz – Vertauschen von Faktoren

$$a \cdot b \cdot c = a \cdot c \cdot b$$

$$7 \cdot 3 \cdot 1 = 7 \cdot 1 \cdot 3 = 21$$

$$7 \cdot 3 \cdot 1 = 1 \cdot 7 \cdot 3 = 21$$

Assoziativgesetz – Zusammenfassen von Faktoren

$$a \cdot b \cdot c = a \cdot (c \cdot b)$$

$$7 \cdot 3 \cdot 1 = 7 \cdot (1 \cdot 3) = 21$$

$$7 \cdot 3 \cdot 1 = 1 \cdot (7 \cdot 3) = 21$$

Vorzeichenregeln – Zusammenfassen von Faktoren

$$(+a) \cdot (+b) = (-a) \cdot (-b) = +ab$$

$$(+4) \cdot (+5) = (-4) \cdot (-5) = 20$$

$$(+a) \cdot (-b) = (-a) \cdot (+b) = -ab$$

$$(+4) \cdot (-5) = (-4) \cdot (+5) = -20$$

Distributivgesetz – Multiplizieren mit Summen

$$a \cdot (b - c) = ab - ac$$

$$7 \cdot (3 - 1) = 7 \cdot 3 - 7 \cdot 1 = 7 \cdot 2 = 14$$

Ausklammern gleicher Faktoren

$$ab - ac = a \cdot (b - c)$$

$$7 \cdot 2 - 7 \cdot 3 = 7 \cdot (2 - 3) = 7 \cdot (-1) = -7$$

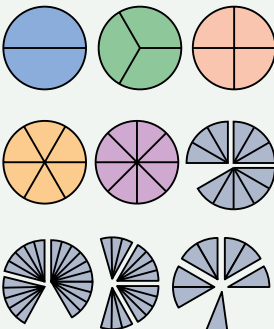
Multiplizieren von Summen

$$(a + b) \cdot (c - d) = ac - ad + bc - bd$$

$$(4 + 5) \cdot (6 - 3) = 9 \cdot 3 = 27$$

$$4 \cdot 6 - 4 \cdot 3 + 5 \cdot 6 - 5 \cdot 3 = 27$$

Rechnen mit Brüchen



Echter Bruch

Unechter Bruch

Scheinbruch

Gemischte Zahl

$$\frac{1}{3}$$

$$\frac{5}{3}$$

$$\frac{6}{1}$$

$$5\frac{1}{3}$$

Rechenoperationen

Erweitern

$$\frac{1}{3} = \frac{1 \cdot 2}{3 \cdot 2} = \frac{2}{6}$$

Kürzen

$$\frac{14}{16} = \frac{14 : 2}{16 : 2} = \frac{7}{8}$$

$$\frac{12ab}{16bc} = \frac{3a}{4c}$$

Hauptnenner bilden und addieren

$$\frac{1}{10} + \frac{3}{5} + \frac{1}{2} = \frac{1}{10} + \frac{3 \cdot 2}{5 \cdot 2} + \frac{1 \cdot 5}{2 \cdot 5} = \frac{6}{10} = 1\frac{1}{5}$$

Multiplizieren

$$\frac{3}{10} \cdot \frac{2}{10} = \frac{3 \cdot 2}{10 \cdot 10} = \frac{6}{100}$$

$$\frac{3}{4} \cdot \frac{9}{8} = \frac{3 \cdot 9}{4 \cdot 8} = \frac{27}{32}$$

Dividieren

$$\frac{3}{10} : \frac{2}{10} = \frac{3 \cdot 1}{10 \cdot 2} = \frac{3}{20}$$

$$\frac{3}{4} : \frac{9}{8} = \frac{3 \cdot 8}{4 \cdot 9} = \frac{24}{36} = \frac{2}{3}$$



Potenzen, Wurzeln und Logarithmen

Potenzen

$$2^6 = 64$$

- 2 Grundzahl (Basis)
- 6 Exponent
- 64 Potenzwert

Potenzierung		Beispiele	
$a^n = c$	$a^n = a \cdot a \cdot a \cdot \dots \cdot a$	$2^3 = 8$	$2^3 = 2 \cdot 2 \cdot 2$
Basis a , Exponent n , Potenzwert c		Sprechweise: 2 hoch 3	
Sonderfälle		Beispiele	
$a^0 = 1$	$1^n = 1$	$572^0 = 1$	$1^{47} = 1$
$a^1 = a$	$0^n = 0$	$602^1 = 602$	$0^{89} = 0$
Produkt von Potenzen		Beispiel	
$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$	$(a^m)^n = a^{m \cdot n}$	$3^2 \cdot 3^3 = 3^{2+3} = 3^5 = 243$	
$a^n \cdot b^n = (ab)^n$		$2^2 \cdot 4^2 = (2 \cdot 4)^2 = 8^2 = 64$	
Quotient von Potenzen ($b \neq 0$)		Beispiel	
$a^m : b^n = a^{m-n}$	$a^m : b^m = (a : b)^m$	$4^2 : 2^2 = (4 : 2)^2 = 2^2 = 4$	
Summe und Differenz von Potenzen		Beispiel	
$xa^n + ya^n - za^n = (x + y - z) a^n$		$3a^3 + 2a^3 - a^3 = (3 + 2 - 1) a^3 = 4a^3$	

Wurzeln

$$6\sqrt[6]{64} = 2$$

- 6 Wurzelexponent
- 64 Radikand
- 2 Wurzelwert

Radizierung			Beispiele	
$\sqrt[n]{a} = c$	$(\sqrt[n]{a})^n = a$	$\sqrt[n]{a} = \sqrt[n]{a}$	$\sqrt[5]{3125} = 5$	$\sqrt[3]{8} = 2$
Radikand a , Wurzelexponent n , Wurzelwert c			Sprechweise für $\sqrt[5]{3125}$: 5. Wurzel von 3125	
Sonderfälle				
$\sqrt[0]{a} = 0$	$\sqrt[n]{a} = \frac{1}{\sqrt[n]{a}}$	$\sqrt[n]{a^m} = \sqrt[n]{a^m}$	$\sqrt[n]{a} = \frac{1}{\sqrt[n]{a}}$	$\sqrt[n]{a} = \text{nicht definiert}$
$\sqrt[n]{-a} = -c$	$\sqrt[n]{-a} = \text{nicht definiert}$	$a = \pm \sqrt[n]{b}$, dann $a_1 = +\sqrt[n]{b}$ $a_2 = -\sqrt[n]{b}$		
Wurzeln mit Bruchpotenzen			Beispiel	
$\sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}}$	$(\sqrt[n]{a})^m = \sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}}$	$(\sqrt[3]{27})^2 = \sqrt[3]{27^2} = 27^{\frac{2}{3}} = 9$		
$\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[m \cdot n]{a} = \sqrt[n]{\sqrt[m]{a}} = a^{\frac{1}{m \cdot n}}$			$\sqrt[3]{\sqrt[5]{512}} = \sqrt[3 \cdot 5]{512} = \sqrt[15]{512} = 512^{\frac{1}{15}} = 2$	
Produkt von Wurzeln			Beispiel	
$\sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a \cdot b}$			$\sqrt[5]{625} \cdot \sqrt[5]{5} = \sqrt[5]{625 \cdot 5} = \sqrt[5]{3125} = 5$	
Quotient von Wurzeln ($b \neq 0$)			Beispiel	
$\sqrt[n]{a} : \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}}$			$\sqrt[3]{16} : \sqrt[3]{2} = \sqrt[3]{\frac{16}{2}} = \sqrt[3]{8} = 2$	

Logarithmen

$$\log_2 64 = 6$$

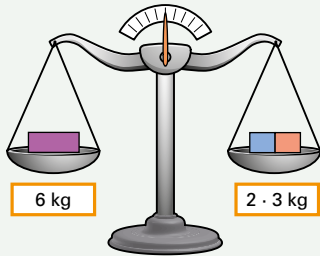
- \log_2 Basis 2
- 64 Logarithmand (Numerus)
- 6 Logarithmuswert

Logarithmierung		Beispiel	
$\log_n a = c$, wenn $n^c = 1$ für $n > 0$ und $a > 0$		$\log_2 16 = 4$	
Logarithmand a , Basis n , Logarithmuswert c		Sprechweise für $\log_2 16 = 4$ 4 ist der Logarithmus von 16 zur Basis 2	
Dekadischer Logarithmus $\lg a$		Natürlicher Logarithmus $\ln a$	
$\lg a = \log_{10} a$	$\lg 1 = 0$	$\lg 10 = 1$	$\ln a = \log_e a$ mit $e = 2,7182\dots$
$\ln 1 = 0$			
Logarithmengesetze, für Basen $n > 0$			
$\log(ab) = \log a + \log b$	$\log(a:b) = \log a - \log b$		$\log(a^m) = m \log a$



Gleichungen und Formeln

Arbeiten mit Gleichungen



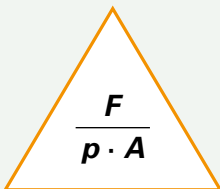
Eine Gleichung setzt zwei Terme gleich.

linke Formelseite	Gleichheitszeichen	rechte Formelseite
10	=	$2x + 4$

Regeln für das äquivalente Umstellen von Gleichungen

$10 = 2x + 4$	Seiten gegeneinander vertauschen	$2x + 4 = 10$
$21 = 5x + 9$	gleichen Wert addieren, z. B. 3	$24 = 5x + 12$
$48 = 7x + 8$	gleichen Wert subtrahieren, z. B. 3	$45 = 7x + 5$
$100x = 20$	gleichen Wert multiplizieren, z. B. 2	$200x = 40$
$32x = 40$	gleichen Wert dividieren, z. B. 8	$4x = 5$
$\frac{3}{x} = \frac{5}{7}$	auf beiden Seiten Kehrwert bilden	$\frac{x}{3} = \frac{7}{5}$
$x = 9$	auf beiden Seiten quadrieren	$x^2 = 81$
$x^2 = 19$	auf beiden Seiten Wurzel ziehen	$x = \pm \sqrt{19}$
$e^x = 4$	auf beiden Seiten logarithmieren	$x = \ln 4$

Formeln umstellen



Grundsätze

Formeln sind Gleichungen, die vorwiegend Formelzeichen, z. B. p , F und A enthalten.

$$p = \frac{F}{A}$$

Beispiele für Formelzeichen:

Formelzeichen und physikalische Größe

p	Druck
F	Kraft
A	Fläche

Umstellen und Auflösen von Formeln

Veränderung auf der linken Seite = Veränderung auf der rechten Seite

Formeln werden umgestellt, damit die gesuchte Größe allein auf der linken Seite der Gleichung steht. Dabei darf sich der Wert der linken und rechten Formelseite nicht ändern.

Beispiel: Auflösen nach F

Ausgangslage	Seiten vertauschen	mit A multipliziert	Lösung
$p = \frac{F}{A}$	$\frac{F}{A} = p$	$\frac{F}{A} \cdot A = p \cdot A$	$F = p \cdot A$



Prozentrechnung

Grundwert, Prozentwert und Prozentsatz

N

%

Grundwert G	Prozentwert W	Prozentsatz p	Beispiel
$G = \frac{W \cdot 100 \%}{p}$	$W = \frac{G \cdot p}{100 \%}$	$p = \frac{W \cdot 100 \%}{G}$	Von 800 Spritzgussteilen weisen 12 einen Fehler auf.
Das Ganze gibt den Grundwert G an, z. B. Gesamtmenge 800 Stück Spritzgussteile.	Prozentwert W , gibt an, wie groß der Anteil ist, z. B. Fehlermenge 12 Stück.	Prozentsatz p gibt an, welcher Anteil vom Ganzen zu bilden ist, z. B. 1,5 % fehlerhafte Spritzgussteile	Wie viel Prozent der Teile sind fehlerhaft? Lösung: $p = \frac{12 \text{ Stück} \cdot 100 \%}{800 \text{ Stück}}$ $p = 1,5 \%$

Prozent : 1 % = 1/100 = 0,01

erhöhter Grundwert

Beispiel

$$G_{\max} = G + W$$

$$G = \frac{G_{\max} \cdot 100 \%}{100 \% + p}$$

3 % Lohnerhöhung und 13,00 € neuer Stundenlohn. Errechnen Sie den vorherigen Stundenlohn.

Lösung:

$$G = \frac{13,00 \text{ €} \cdot 100 \%}{100 \% + 3 \%} = 12,62 \text{ €}$$

verminderter Grundwert

Beispiel

$$G_{\min} = G - W$$

$$G = \frac{G_{\min} \cdot 100 \%}{100 \% - p}$$

5 % Granulateinsparung und 95 t neuer Verbrauch. Errechnen Sie den vorherigen Granulatverbrauch.

Lösung:

$$G = \frac{95 \text{ t} \cdot 100 \%}{100 \% - 5 \%} = 100 \text{ t}$$

Zinsrechnen

Kapital K	Zinsen Z	Beispiel
$K = \frac{Z \cdot 100 \%}{p \cdot t}$	$Z = \frac{K \cdot p \cdot t}{100 \%}$	Eine Firma erhält einen Kredit über 30.000 € mit einem Zinssatz von 8,5 %. Wie hoch sind die Zinsen?
Zinssatz p	Laufzeit t	Lösung: $Z = \frac{30.000 \text{ €} \cdot 8,5 \%}{100 \%}$ $Z = 2.550 \text{ €}$
$p = \frac{Z \cdot 100 \%}{K \cdot t}$	$t = \frac{Z \cdot 100 \%}{K \cdot p}$	
Zinseszinsrechnen K_n		Beispiel
$K_n = K \cdot \left(1 + \frac{p}{100 \%}\right)^n$		Max legt 3.000 € festverzinslich mit 2,0 % an. Wie hoch ist sein Kapital nach drei Jahren?
Kapital nach n Jahren. Die Zinsen werden dem Kapital zugerechnet und mitverzinst.		Lösung: $K_3 = 3.000 \text{ €} \cdot \left(1 + \frac{2,0 \%}{100 \%}\right)^3$ $K_3 = 3.183,62 \text{ €}$
[K] = €; [Z] = €; [p] = %/Jahr; [t] = Jahr; 1 Zinsjahr = 360 Tage; 1 Zinsmonat = 30 Tage		





Dreisatzrechnung

Direkt proportionaler Dreisatz

Beispiel:

Für einen 3D-Drucker wird ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol) zum Drucken benötigt. 8,5 kg ABS kosten 229,08 €. Wie viel kosten 5 kg ABS?

Satzfolge	Grafische Darstellung	Lösungsvorschlag
1. Aussagesatz $x \Rightarrow y$		1. 8,5 kg ABS kosten 229,08 €
2. Einheitssatz $1 \Rightarrow \frac{y}{x}$		2. 1 kg ABS kosten $\frac{229,08 \text{ €}}{8,5} = 26,95 \text{ €}$
3. Schlussatz $x_1 \Rightarrow \frac{x_1}{x}$		3. 5 kg ABS kosten $\frac{229,08 \text{ €} \cdot 5}{8,5} = 134,75 \text{ €}$

Indirekt proportionaler Dreisatz

Beispiel:

Drei Spritzgießmaschinen fertigen 1080 Formteile in 3,33 Stunden. Wie lange dauert das Herstellen derselben Formteilmenge mit 5 Spritzgießmaschinen?

Satzfolge	grafische Darstellung	Lösungsvorschlag
1. Aussagesatz $x \Rightarrow y$		1. 3 Spritzgießmaschinen benötigen 3,33 h
2. Einheitssatz $1 \Rightarrow x \cdot y$		2. eine Spritzgießmaschine benötigt $3 \cdot 3,33 \text{ h}$
3. Schlussatz $x_1 \Rightarrow \frac{y \cdot x}{x_1}$		3. 5 Spritzgießmaschinen benötigen $\frac{3 \cdot 3,33 \text{ h}}{5} = 2 \text{ h}$

Zusammengesetzter oder doppelter Dreisatz

Beispiel:

Vier Facharbeiter stellen bei 6-stündiger Arbeitszeit 800 Kunststoffteile pro Tag her. Wie viele Kunststoffteile werden hergestellt, wenn 5 Facharbeiter bei einer 8-stündigen Arbeitszeit daran arbeiten?

Satzfolge	Lösungsvorschlag	
1. Dreisatz	4 Facharbeiter produzieren in 6 h	800 Stück
	1 Facharbeiter produziert in 6 h	$\frac{800 \text{ Stück}}{4} = 200 \text{ Stück}$
	5 Facharbeiter produzieren in 6 h	$\frac{800 \text{ Stück} \cdot 5}{4} = 1000 \text{ Stück}$
2. Dreisatz	5 Facharbeiter produzieren in 1 h	$\frac{800 \text{ Stück} \cdot 5}{4 \cdot 6} = 166,7 \text{ Stück}$
	5 Facharbeiter produzieren in 8 h	$\frac{800 \text{ Stück} \cdot 5 \cdot 8}{4 \cdot 6} = 1333 \text{ Stück}$

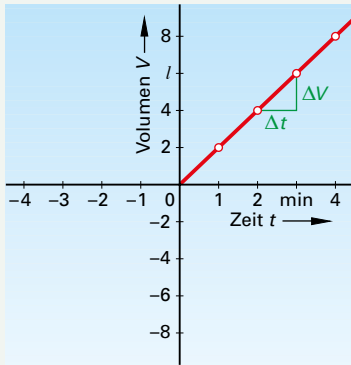


Interpretation von Diagrammen

Funktionen und x-y-Diagramme

Funktionen und Wertetabellen

Kartesisches Koordinatensystem



Empirische Funktion

Die empirische Funktion ist eine Erfahrungsfunktion. Die Wertetabelle ergibt sich aus einem Messversuch.

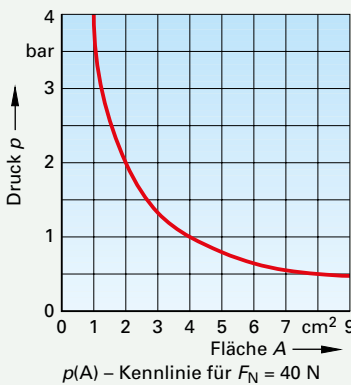
Beispiel:

Beim Spritzgießen ist das Volumen V der Formmasse eine Funktion der Zeit t . Beim Experiment wird zur jeden vollen Minute die verarbeitete Volumenmenge der Formmasse ermittelt. Wie groß ist der Volumenstrom Q ?

Steigung für $Q = \Delta V / \Delta t = 2 \text{ l/min} = 2 \text{ dm}^3/\text{min}$

Zeit t in min	Volumen V in l
1	2
2	4
3	6
4	8

Wertetabelle $V = f(t)$ gleichbedeutend $V(t)$; man sagt: V ist eine Funktion von t .



Analytische Funktion

Die analytische Funktion ist eine berechenbare Funktion. Die Wertetabelle ergibt sich aus Rechenwerten mit einer Formel als Funktionsgleichung.

Beispiel:

Gegeben ist die Funktionsgleichung $p = F_N/A$ für die konstante Normalkraft $F_N = 40 \text{ N}$, die Flächen A und ein Diagramm $p = f(A)$.

Lösung:

$$p_1 = 40 \text{ N} / 1 \text{ cm}^2 = 4 \text{ bar}; p_2 = 40 \text{ N} / 2 \text{ cm}^2 = 2 \text{ bar}$$

$$p_3 = 40 \text{ N} / 3 \text{ cm}^2 = 1,33 \text{ bar}; p_4 = 40 \text{ N} / 4 \text{ cm}^2 = 1 \text{ bar}$$

$$p_5 = 40 \text{ N} / 5 \text{ cm}^2 = 0,8 \text{ bar}$$

Wertetabelle $p(A)$

A in cm^2	1	2	3	4	5
p in bar	4	2	1,33	1	0,8

Interpolieren

Interpolation ist das Bestimmen von Zwischenwerten zwischen zwei aufeinander folgenden Funktionswerten bzw. Tabellenwerten aufgrund der bekannten Zahlenwerte der Funktion bzw. der Tabelle.

Stoffwerte von Wasser bei $p = 1 \text{ bar}$

ϑ in $^\circ\text{C}$	ρ in kg/m^3
30	995,8
40	992,3
50	988,1
60	983,2
70	977,7

Lineare Interpolation

Zwischenwerte y

$$y(x) = y_0 + \frac{(y_1 - y_0)}{(x_1 - x_0)} \cdot (x - x_0)$$

$$y = y_0 + (y_1 - y_0) \cdot t$$

Wie groß ist die Dichte des Wassers bei 45°C ?

Lösung:

$t = 0,5$, bei dem Intervall $h = 10$

(40°C bis 45°C sind es 5 Teilschritte, also $50\% = 0,5$)

$$y = y_0 + (y_1 - y_0) \cdot t$$

$$y = 992,3 \text{ kg/m}^3 + (988,1 \text{ kg/m}^3 - 992,3 \text{ kg/m}^3) \cdot 0,5$$

$$y = \rho_{45} = 990,2 \text{ kg/m}^3$$

Intervall h

$$h = x_1 - x_0$$

Teilschritte t (festlegen)

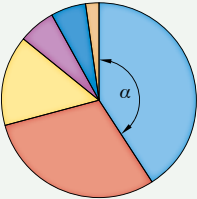






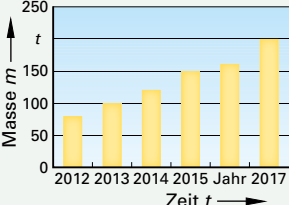
z. B. $h = 10$

1 Teilschritt = 10%

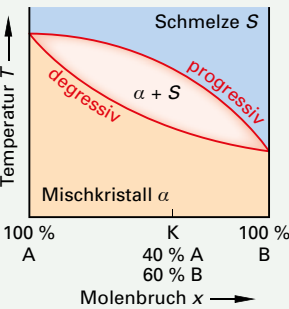
$$t = 0,1$$

Interpretation von Diagrammen

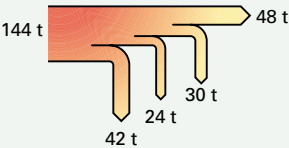
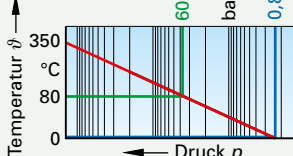
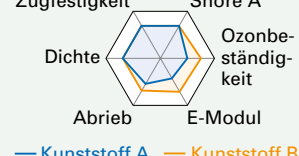
Flächendiagramm

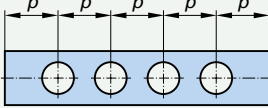
Darstellung	Kreisdiagramm	Beispiel
<p>Pkw-Reifenbestandteile</p>  <p> a)  a) b)  b) c)  c) d)  d) e)  e) f)  f) </p>	<p>Mit einem Kreisdiagramm werden prozentuale Mengen abgebildet.</p> <p>Anwendung: Gesamtübersicht, Größenverhältnisse veranschaulichen, Momentaufnahmen, Gesamtdarstellung und deren Zusammensetzung</p> <p>Winkelberechnung</p> <div style="border: 1px solid orange; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $\alpha = \frac{360^\circ \cdot \text{Teilwert}}{\text{Gesamtwert}}$ </div>	<p>Ein Pkw-Reifen setzt sich aus verschiedenen Bestandteilen zusammen.</p> <p>a) 41 % Kautschuk b) 30 % Füllstoffe c) 15 % Festigkeitsträger d) 6 % Weichmacher e) 6 % Vulkanisationsmittel f) 2 % Sonstige Stoffe</p> <p>Winkel α des Kautschukanteils berechnen</p> <p>Lösung: $\alpha = 360^\circ \cdot 0,41 / 1 = 147,6^\circ$</p>
Darstellung	Säulendiagramm	Beispiel
<p>Entwicklung der Produktionsmenge</p> 	<p>Ein Säulendiagramm eignet sich zur Darstellung von Daten in Form nebeneinander gesetzter Säulen. Zusammenhänge und Auswirkungen einzelner Faktoren lassen sich gut mit mehreren Datenreihen in einem Diagramm darstellen.</p> <p>Anwendung: Zeitreihenvergleich, Trendanalyse, Größenvergleiche, Momentaufnahmen, Gegenüberstellung, Rangfolgendarstellung</p>	<p>Seit Jahren produziert die Firma NewPlasto den Kunststoff PVC. Die Übersicht verdeutlicht die Entwicklung der Produktionsmenge über einen bestimmten Zeitraum.</p> <p>Für diesen Zeitraum liegt diese Datenreihe vor.</p> <p>a) 2012: 80 t; b) 2013: 100 t c) 2014: 120 t; d) 2015: 150 t e) 2016: 155 t; f) 2017: 200 t</p>

Zustandsdiagramm

Darstellung	Zweistoffsystem – Diagramm	Beispiel
	<p>Im Zweistoffsystem ist es üblich, den Zustand einer Legierung in Abhängigkeit von Temperatur und Konzentration (Masseprozent-Anteile der Komponenten) darzustellen.</p> <p>Die Darstellung von Zustandsdiagrammen beschränkt sich meist auf die Zusammenhänge zwischen zwei Variablen, wobei die dritte Variable konstant gehalten wird.</p> <p>Der Molenbruch x kennzeichnet die Zusammensetzung des Systems einer Komponente.</p>	<p>Eine Legierung (Zweistoffsystem), bestehend aus Metall A (40 %) und Metall B (60 %).</p> <p>Degressives Temperaturverhalten: Die Temperatur steigt somit unterproportional an, d. h. sie erhöht sich immer langsamer.</p> <p>Progressives Temperaturverhalten: Die Temperatur steigt somit überproportional an, d. h. sie erhöht sich immer schneller.</p>

Sonderformen-Diagramme

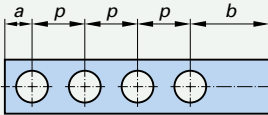
Sankey-Diagramm	Nomogramm	Netzdiagramm/Radardiagramm
		

**Teilung von Längen, Bogenlänge und gestreckte Länge****Teilung bzw. Trennung von Längen**gleicher Randabstand
Teilung $p = \text{Randabstand}$ **Teilung:**

$$p = \frac{l}{n+1}$$

 l Gesamtlänge in mm
 n Anzahl der Bohrungen
 p Teilung in mm**Beispiel:** $l = 210 \text{ mm}; n = 6; p = ?$

$$p = \frac{l}{n+1} = \frac{210 \text{ mm}}{6+1} = 30 \text{ mm}$$

ungleicher Randabstand
Teilung $p \neq \text{Randabstand}$ **Teilung:**

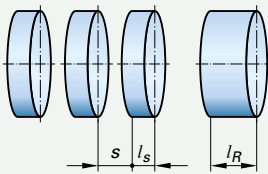
$$p = \frac{l - (a + b)}{n - 1}$$

 l Gesamtlänge in mm
 n Anzahl der Bohrungen
 p Teilung in mm
 a, b Randabstände in mm**Beispiel:** $l = 3000 \text{ mm}; n = 31; a = 90 \text{ mm}; b = 60 \text{ mm}; p = ?$

$$p = \frac{l - (a + b)}{n - 1} = \frac{3000 \text{ mm} - 150 \text{ mm}}{31 - 1}$$

$$p = 95 \text{ mm}$$

Trennung von Teilstücken

**Anzahl der Teilstücke z :**

$$z = \frac{l}{l_s + s}$$

 l Gesamtlänge in mm
 l_s Teillänge in mm
 s Schnittbreite in mm**Beispiel:** $l = 4500 \text{ mm}; l_s = 224 \text{ mm}; s = 1,3 \text{ mm}; z = ?; l_R = ?$

$$z = \frac{l}{l_s + s} = \frac{4500 \text{ mm}}{224 \text{ mm} + 1,3 \text{ mm}} = 19,97$$

$$z = 19 \text{ Teile}$$

$$l_R = l - z \cdot (l_s + s) =$$

$$= 4500 \text{ mm} - 19 \cdot (224 \text{ mm} + 1,3 \text{ mm})$$

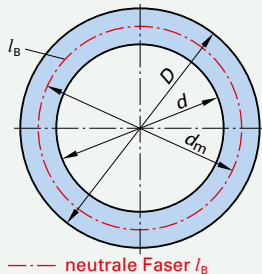
$$l_R = 219,3 \text{ mm}$$

Restlänge l_R in mm:

$$l_R = l - z \cdot (l_s + s)$$

Bogenlänge bei gebogenen Werkstücken, gestreckte Länge der neutralen Faser

Vollkreisbogen (Ring)

**Bogenlänge l_B in mm**

$$l_B = d_m \cdot \pi$$

bei symmetrischen Querschnitten (Rohr, Viereck) gilt:

$$d_m = \frac{D + d}{2}$$

 d_m mittl. Durchmesser in mm

bei nicht symmetrischen Querschnitten siehe Register 3

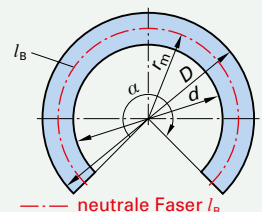
Beispiel: $d = 85 \text{ mm}; D = 95 \text{ mm}; l_B = ?$

$$d_m = \frac{D + d}{2} = \frac{95 \text{ mm} + 85 \text{ mm}}{2} = 90 \text{ mm}$$

$$l_B = d_m \cdot \pi = 90 \text{ mm} \cdot \pi = 282,74 \text{ mm}$$

Will man die äußere Bogenlänge berechnen, ersetzt man d_m durch D , bei der inneren Bogenlänge nimmt man d statt d_m .

Teilkreisbogen

**Bogenlänge l_B in mm**

$$l_B = \frac{d_m \cdot \pi \cdot \alpha}{360^\circ}$$

$$l_B = \frac{r_m \cdot \pi \cdot \alpha}{180^\circ}$$

 r_m mittlerer Radius in mm α Mittelpunktswinkel in $^\circ$ **Beispiel:** $d = 85 \text{ mm}; D = 95 \text{ mm}; \alpha = 310^\circ; l_B = ?$

$$d_m = \frac{D + d}{2} = \frac{95 \text{ mm} + 85 \text{ mm}}{2} = 90 \text{ mm}$$

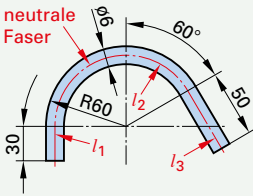
$$r_m = \frac{d_m}{2} = \frac{90 \text{ mm}}{2} = 45 \text{ mm}$$

$$l_B = \frac{d_m \cdot \pi \cdot \alpha}{360^\circ} = \frac{90 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 310^\circ}{360^\circ}$$

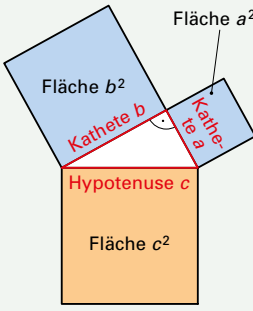
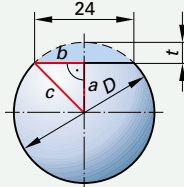
$$l_B = 243,47 \text{ mm}$$

Gestreckte Länge und Berechnungen im rechtwinkligen Dreieck

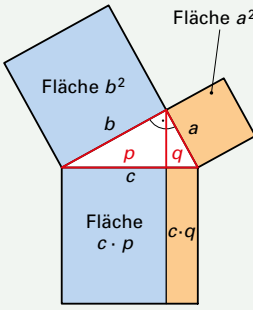
Gestreckte Länge bei zusammengesetzten Längen

<p>zusammengesetzte Länge</p> 	<p>Die Gesamtlänge L der neutralen Faser wird in Teillängen $l_1, l_2, l_3 \dots$ zerlegt:</p> <div style="border: 1px solid orange; padding: 5px; margin: 5px;">$L = l_1 + l_2 + l_3 + \dots$</div> <div style="border: 1px solid orange; padding: 5px; margin: 5px;">$r_m = R - \frac{s}{2}$</div> <p>s Materialstärke bzw. Durchmesser des Stabes</p>	<p>Beispiel:</p> <p>Berechnung der gestreckten Länge L des Hakens</p> <p>$l_1 = 30 \text{ mm}; l_3 = 50 \text{ mm}$</p> <p>$r_m = R - \frac{s}{2} = 60 \text{ mm} - \frac{6 \text{ mm}}{2} = 57 \text{ mm}$</p> <p>$l_2 = \frac{r_m \cdot \pi \cdot \alpha}{180^\circ} = \frac{57 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 150^\circ}{180^\circ} = 149 \text{ mm}$</p> <p>$L = l_1 + l_2 + l_3 = 30 \text{ mm} + 149 \text{ mm} + 50 \text{ mm}$</p> <p>$L = 229 \text{ mm}$</p>
--	--	--

Der Satz des Pythagoras

 	<p>Die Fläche des Quadrates über der Hypotenuse c ist gleich der Summe der beiden Quadrate über den Katheten a und b.</p> <div style="border: 1px solid orange; padding: 5px; margin: 5px;">$c^2 = a^2 + b^2$</div> <p>Länge der Hypotenuse:</p> <div style="border: 1px solid orange; padding: 5px; margin: 5px;">$c = \sqrt{a^2 + b^2}$</div> <p>Länge der Katheten:</p> <div style="border: 1px solid orange; padding: 5px; margin: 5px;">$a = \sqrt{c^2 - b^2}$</div> <div style="border: 1px solid orange; padding: 5px; margin: 5px;">$b = \sqrt{c^2 - a^2}$</div>	<p>Beispiel 1:</p> <p>$b = 24 \text{ mm}; c = 30 \text{ mm}; a = ?$</p> <p>$a = \sqrt{c^2 - b^2} = \sqrt{(30 \text{ mm})^2 - (24 \text{ mm})^2} = 18 \text{ mm}$</p> <p>Beispiel 2:</p> <p>Eine Kugel mit $D = 130 \text{ mm}$ soll so abgeflacht werden, dass die Abflachung 24 mm breit ist. Gesucht ist die Tiefe der Abflachung t.</p> <p>Im roten Dreieck gilt:</p> <p>$c = r = D/2 = 65 \text{ mm}; b = \frac{24}{2} \text{ mm} = 12 \text{ mm}$</p> <p>$a = \sqrt{c^2 - b^2} = \sqrt{(65 \text{ mm})^2 - (12 \text{ mm})^2} = 63,9 \text{ mm}$</p> <p>$t = \frac{D}{2} - a = \frac{130 \text{ mm}}{2} - 63,9 = 1,1 \text{ mm}$</p>
--	---	---

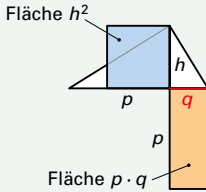
Der Lehrsatz des Euklid (Kathetensatz)

	<p>Die Fläche des Quadrates über einer Kathete ist gleich der Rechteckfläche aus Hypotenuse und Hypotenusenabschnitt.</p> <div style="border: 1px solid orange; padding: 5px; margin: 5px;">$a^2 = c \cdot p$</div> <div style="border: 1px solid orange; padding: 5px; margin: 5px;">$b^2 = c \cdot q$</div> <p>a, b Katheten p, q Hypotenusenabschnitte c Hypotenuse</p>	<p>Beispiel:</p> <p>Ein Quadrat mit der Seitenlänge $a = 15 \text{ mm}$ soll in ein flächengleiches Rechteck mit der Länge $l = 40 \text{ mm}$ verwandelt werden. Wie groß ist die Breite b des Rechteckes?</p> <p>$l = c \quad b = q$</p> <p>$a^2 = c \cdot q \Rightarrow$</p> <p>$q = \frac{a^2}{c} = \frac{(15 \text{ mm})^2}{40 \text{ mm}} = 5,6 \text{ mm}$</p>
--	--	--



Winkelfunktionen

Der Höhensatz



Die Fläche des Quadrates über der Höhe h ist gleich der Rechteckfläche aus den Hypotenusenabschnitten p und q .

$$h^2 = p \cdot q$$

h Höhe des Dreiecks
 p, q Hypotenusenabschnitte

Beispiel:

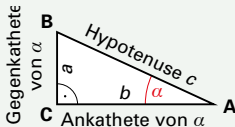
Berechnen Sie die Höhe eines rechtwinkligen Dreiecks mit den Hypotenusenabschnitten $p = 90 \text{ mm}$ und $q = 25 \text{ mm}$!

$$h^2 = p \cdot q$$

$$h = \sqrt{p \cdot q} = \sqrt{(90 \text{ mm}) \cdot (25 \text{ mm})} = \sqrt{2250 \text{ mm}^2}$$

$$h = 47,4 \text{ mm}$$

Bezeichnungen im rechtwinkligen Dreieck und Winkelfunktionen



$$\text{Sinus} = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$$

Umkehrung: \arcsin bzw. \sin^{-1}

$$\text{Kosinus} = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$$

Umkehrung: \arccos bzw. \cos^{-1}

$$\text{Tangens} = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$$

Umkehrung: \arctan bzw. \tan^{-1}

$$\text{Kotangens} = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Gegenkathete}}$$

Umkehrung: arc cot bzw. \cot^{-1} ohne Einheit!

Beispiel:

$$\alpha = 30^\circ; b = 30 \text{ mm}$$

Ges. β ; a ; c

b ist Ankathete zu α und Gegenkathete zu β

$$\cos \alpha = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{b}{c} \Rightarrow$$

$$c = \frac{b}{\cos \alpha} = \frac{30 \text{ mm}}{\cos 30^\circ} = 34,6 \text{ mm}$$

$$\sin \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{a}{c} \Rightarrow$$

$$a = \sin \alpha \cdot c = \sin 30^\circ \cdot 34,6 \text{ mm} = 17,3 \text{ mm}$$

$$\tan \beta = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}} = \frac{b}{a} = \frac{30 \text{ mm}}{17,3 \text{ mm}} = 1,73$$

$$\Rightarrow \beta = \arctan 1,73 = 60,0^\circ$$

(Taschenrechner: \tan^{-1} oder shift tan)

Winkelfunktionswerte für spezielle Winkel

Funktion	0°	30°	45°	60°	90°	120°	180°	270°	360°
sin	0	0,5	0,707	0,866	+1	0,866	0	-1	0
cos	+1	0,866	0,707	0,5	0	-0,5	-1	0	+1
tan	0	0,57	1	1,73	∞	-1,73	0	∞	0
cot	∞	1,73	1	0,57	0	-0,57	∞	0	∞

Grafische Darstellung der Winkelfunktionswerte

