

A	Naturwissenschaftliche Grundlagen	15
A1	Mechanik der festen Körper	16
1.1	Physikalische Größen und ihre Einheiten	16
1.2	Gleichförmige geradlinige Bewegung	16
1.3	Ungleichförmige geradlinige Bewegung	16
1.4	Skalare und Vektoren	17
1.5	Grundsatz der Unabhängigkeit	17
1.6	Dynamisches Grundgesetz, Krafteinheit, Gewichtskraft	17
1.7	Das Kraftmoment	17
1.8	Standfestigkeit und Kippsicherheit	18
1.9	Bewegungsgröße (Impuls), Impulserhaltung, Impulsänderung	19
1.10	Reibung	19
1.11	Arbeit und Energie	20
1.12	Mechanische Leistung	21
1.13	Mechanischer Wirkungsgrad	21
1.14	Drehleistung	21
1.15	Gleichmäßig beschleunigte oder verzögerte Drehbewegung	22
1.16	Kinetische Energie rotierender Körper	22
A2	Hydrostatische Grundgesetze	23
2.1	Hydrostatischer Druck	23
2.2	Druckkraft auf Flächen	24
A3	Strömungsgesetze	26
3.1	Definition des inkompressiblen Fluids	26
3.2	Die stationäre Strömung ohne Reibungsverluste	26
3.3	Stromlinie und Stromröhre	27
3.4	Die Kontinuitätsgleichung für inkompressible Medien	27
3.5	Kontinuitätsgleichung des kompressiblen Massenstroms	28
3.6	Die Energiegleichung nach Bernoulli	30
A4	Fluidreibung	33
4.1	Innere Reibung	33
4.2	Zähigkeit der Fluide	34
4.3	Die Strömungsformen	36
4.4	Der Strömungswiderstand	38
4.5	Druckverluste in Rohrleitungen	39
4.5.1	Berechnung des Druckverlustes in Rohrleitungen	40
4.6	Druckverluste in Rohrleitungssystemen mit Einbauten	42
A5	Grundgesetze der Thermodynamik	45
5.1	Temperatureinheiten und Temperaturskalen	45
5.2	Ausdehnung fester und flüssiger Stoffe durch Temperaturänderung	46
5.3	Volumenänderung von Gasen und Dämpfen durch Temperaturänderung	47
5.4	Allgemeine Zustandsgleichung der Gase	48
5.5	Molare (stoffmengenbezogene) Zustände und Größen	48
5.6	Wärmekapazität fester und flüssiger Stoffe	49
5.7	Brennwert und Heizwert	50
5.8	Schmelzen und Erstarren	50
5.9	Verdampfen und Kondensieren	51
A6	Der erste Hauptsatz der Thermodynamik	52
6.1	Volumenänderungsarbeit	53
6.2	Innere Energie und Enthalpie	55
6.3	Die spezifische Wärmekapazität von Gasen	56

A7	Thermodynamische Zustandsänderungen	58
7.1	Die Isobare	58
7.2	Die Isochore	60
7.3	Die Isotherme	60
7.4	Die Isentrope bzw. Adiabate	62
7.5	Die Polytrope	62
A8	Kreisprozesse im p, V-Diagramm	64
8.1	Nutzarbeit	65
8.2	Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik	65
8.3	Der thermische Wirkungsgrad	66
8.4	Vergleichsprozesse der Wärmekraftmaschinen	67
8.4.1	Der Diesel-Prozess (Gleichdruckprozess)	67
8.4.2	Der Otto-Prozess	69
8.4.3	Der Seiliger-Prozess	69
8.4.4	Der Joule-Prozess	69
8.4.5	Der Ackeret-Keller-Prozess	69
8.4.6	Der Stirling-Prozess	70
8.4.7	Der Carnot-Prozess	70
8.4.8	Der Dampfkraftprozess	70
A9	Kreisprozesse im T, s-Diagramm	71
A10	Kreisprozesse im h, s-Diagramm	72
A11	Mollier-Diagramme	73
A12	Elektrizitätslehre	74
12.1	Gesetzmäßigkeiten im elektrischen Stromkreis	74
12.2	Gesetzmäßigkeiten bei Widerstandsschaltungen	74
12.2.1	Parallelschaltung von Widerständen	74
12.2.2	Reihenschaltung von Widerständen	75
12.3	Klemmenspannung und Innenwiderstand von Spannungserzeugern	76
12.4	Elektromagnetische Größen	76
12.5	Der sinusförmige Wechselstrom	77
12.6	Elektrische Motoren und Transformatoren	77
12.7	Stern- und Dreieckschaltung	79
A13	Kernphysik	80
13.1	Radioaktivität	80
13.2	Dosimetrie	81
13.3	Kernenergie	82
B	Energie	83
B1	Primärenergie und Sekundärenergie	83
B2	Energieträger	83
2.1	Die Steinkohleneinheit	83
2.2	Erzeugung und Verbrauch von Primärenergie	84
2.3	Energievorräte	85
2.4	Nicht erneuerbare Energieträger	85
2.5	Erneuerbare Energieträger	86
2.5.1	Begründung des Einsatzes erneuerbarer Energien	86
2.5.2	Nachwachsende Energiequellen	87

2.5.3	Wärmepumpentechnologie	89
2.5.4	Solartechnik, Sonnenkollektoren, Fotovoltaik	91
2.5.4.1	Solarzelle	92
2.5.4.2	Solarmodule	94
2.5.4.3	Fotovoltaikanlagen	95
2.5.5	Windenergieanlagen (WEA)	98
2.5.6	Brennstoffzelle	103
2.5.6.1	Funktionsprinzip der Brennstoffzellen	103
2.5.6.2	Brennstoffzellentypen	104
2.5.6.3	Brennstoffzellensysteme	105
2.5.6.4	Brennstoffaufbereitung	105
2.5.6.5	Wirkungsgrad von Brennstoffzellen	106
2.5.6.6	Anwendungen von Brennstoffzellensystemen	106
2.5.7	Wasserkraft	108
2.6	Energieeinsparung	108
2.7	Umweltproblematik	109
2.7.1	Luftverreiniger	110
2.7.2	CO ₂ -Bilanz der nachwachsenden Biomasse	110

C	Kraftmaschinen	111
----------	-----------------------	------------

C1	Arten der Kraftmaschinen	111
-----------	---------------------------------	------------

C2	Dampferzeugungsanlagen	111
-----------	-------------------------------	------------

2.1	Physik der Dampferzeugung	112
2.2	Wärme durch Verbrennung	113
2.3	Feuerungsstätten	115
2.3.1	Planrostfeuerung	115
2.3.2	Treppenrostfeuerung	115
2.3.3	Wanderrostfeuerung	115
2.3.4	Kohlenstaubfeuerung	116
2.3.5	Schmelzkammerfeuerung	116
2.3.6	Ölfeuerung	117
2.3.7	Gasfeuerung	117
2.4	Dampferzeuger	118
2.4.1	Möglichkeiten der Wärmeübertragung	118
2.4.2	Einteilung der Dampferzeuger	119
2.4.3	Wasserraumkessel	119
2.4.4	Wasserrohrkessel	120
2.5	Hilfsanlagen für die Dampferzeugung	123
2.5.1	Kesselspeisepumpe	123
2.5.2	Speisewasservorwärmer	123
2.5.3	Luftvorwärmer	123
2.5.4	Rußbläser	124
2.5.5	Überhitzer	124
2.5.6	Staubfilteranlagen	124
2.5.7	Wasseraufbereitung	125

C3	Dampfkraftmaschinen	126
-----------	----------------------------	------------

3.1	Kolbendampfmaschine	126
3.2	Dampfmotor	127
3.2.1	Dampfmotor mit Kolbenschiebersteuerung	128
3.2.2	Dampfmotor mit Ventilsteuerung	129
3.3	Dampfturbinen	131
3.3.1	Grundsätzlicher Aufbau von Dampfturbinen	131
3.3.2	Physik im Turbinenbetrieb	131

3.3.3	Turbinenbauarten nach DIN 4304	136
3.3.4	Häufig ausgeführte Arbeitsverfahren	138
3.3.5	Radialdampfturbine	142
3.3.6	Werkstoffe im Dampfturbinenbau	143
3.3.7	Sicherheits- und Regeleinrichtungen im Turbinenbau	143
C4	Dampfkraftanlagen	145
4.1	Konventionelle Dampfkraftwerke	145
4.2	Nukleare Dampfkraftwerke	146
4.2.1	Kernenergie und kontrollierte Kernspaltung	147
4.2.2	Kernreaktoren	149
4.2.3	Reaktorsicherheit	151
4.2.4	Entsorgung	151
4.3	Gas- und Dampfturbinenanlagen	152
4.4	Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	153
C5	Wasserkraftmaschinen	155
5.1	Wasserräder	155
5.2	Wasserturbinen	157
5.2.1	Geschwindigkeitsdreiecke	157
5.2.2	Euler'sche Turbinengleichung und Turbinenarten	158
5.2.3	Die Peltonturbine (Freistrahlturbine)	159
5.2.4	Die Francisturbine (Spiralturbine)	160
5.2.5	Die Kaplan-turbine (Propellerturbine)	161
5.2.6	Pumpenturbinen	164
C6	Wasserkraftwerke	164
6.1	Laufwasserkraftwerke	165
6.2	Speicherkraftwerke	165
6.3	Gezeitenkraftwerke	166
6.4	Kraftwerksverbund	167
C7	Verbrennungskraftmaschinen	168
7.1	Übersicht und grundsätzliche Unterschiede	168
7.2	Gasturbinen und Strahltriebwerke	169
7.3	Verbrennungsmotoren	171
7.3.1	Hubkolbenmotoren nach DIN 1940, DIN ISO 3046	172
7.3.2	Viertakt-Ottomotor	173
7.3.3	Steuerung des Viertakt-Motors	177
7.3.4	Zweitakt-Ottomotor	179
7.3.5	Vergaseranlagen und Benzineinspritzanlagen des Ottomotors	181
7.3.6	Zündung beim Ottomotor	184
7.3.7	Viertakt-Dieselmotor	185
7.3.8	Gemischbildung beim Dieselmotor	186
7.3.9	Zweitakt-Dieselmotor	188
7.3.10	Kraftstoffdirekteinspritzung bei Dieselmotoren	188
7.3.11	Kreiskolbenmotor	191
7.3.12	Aufladung	192
7.3.13	Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren	194
C8	Elektrische Maschinen und Anlagen	197
8.1	Grundlagen der Spannungserzeugung	198
8.1.1	Entstehung einer Wechselspannung	198
8.1.2	Entstehung des Drehstromes	200
8.2	Elektromotoren	201
8.2.1	Gleichstrommotoren	203

8.2.1.1	Gleichstrommotoren in Sonderbauformen	205
8.2.2	Drehstrommotoren	207
8.2.2.1	Wechselstrommotoren besonderer Bauart	213
8.3	Transformatoren	214
8.4	Schutzmaßnahmen	215

D	Arbeitsmaschinen	217
----------	-------------------------	------------

D1	Pumpen	217
-----------	---------------	------------

1.1	Strömungsgesetze	217
1.2	Pumpeneinsatzbereiche und Leistungsgrenzen	218
1.3	Berechnung der Anlagen-Förderhöhe und der Pumpenleistung	219
1.4	Pumpen- und Anlagenkennlinien	220
1.5	Kreiselpumpen	220
1.5.1	Arbeitsprinzip von Kreiselpumpen	220
1.5.2	Die Saugwirkung	222
1.5.3	Kavitation und Selbstansaugung	222
1.5.4	Bauarten von Kreiselpumpen	223
1.6	Verdrängerpumpen	226
1.6.1	Kolbenpumpen	226
1.6.2	Membranpumpen	229
1.6.3	Umlaufverdrängerpumpen	229
1.7	Vergleich zwischen Kolben- und Kreiselpumpen	232
1.8	Weitere Pumpenarten	233

D2	Verdichter	235
-----------	-------------------	------------

2.1	Verdichterbezeichnungen	235
2.2	Hubkolbenverdichter	236
2.3	Thermodynamik der Verdichtung	238
2.4	Drehkolbenverdichter	241
2.5	Turboverdichter	242
2.6	Nutzung von Verdichtern in der Industrie	244

D3	Kälteanlagen und Wärmepumpen	245
-----------	-------------------------------------	------------

3.1	Verfahren der Kälteerzeugung	245
3.1.1	Linkslaufende Kreisprozesse mit Dämpfen	246
3.2	Kältemittel	250
3.2.1	Erwünschte Eigenschaften von Kältemitteln	250
3.2.2	Thermodynamische Daten von Kältemitteln	251
3.2.3	Umweltdaten der Kältemittel	252

D4	Fördermittel und Fördereinrichtungen	253
-----------	---	------------

4.1	Fördertechnik als Element der Logistik	253
4.2	Einteilung der Fördermittel und der Fördergüter	253
4.3	Unstetigförderer	254
4.3.1	Schienengebundene Flurfördermittel	255
4.3.2	Schienenfreie Flurfördermittel	255
4.3.3	Hebezeuge	257
4.3.4	Hängebahnen	258
4.3.5	Krane	258
4.4	Stetigförderer	266
4.4.1	Stetigförderer für Schüttgut	267
4.4.2	Stetigförderer für Schütt- und Stückgut	270
4.4.3	Stetigförderer für Stückgut	273
4.5	Beispiel einer Förderanlage mit Unstetigförderern	275
4.6	Beispiel einer Förderanlage mit Stetigförderern	275

4.7	Wichtige Bauelemente und Bauteilgruppen in der Fördertechnik	277
4.7.1	Seile	277
4.7.2	Seilbefestigungen und Seilverbindungen	278
4.7.3	Ketten	279
4.7.4	Rollen und Flaschenzüge	281
4.7.5	Seiltrommeln und Treibscheiben	281
4.7.6	Lastaufnahmemittel	282
4.7.7	Laufräder	283
4.7.8	Bremsen	283
4.8	Unfallverhütung in der Fördertechnik	284

D5	Werkzeugmaschinen	285
-----------	--------------------------	------------

5.1	Einteilung der Werkzeugmaschinen nach den Fertigungsverfahren	286
5.2	Automatisierung von Werkzeugmaschinen	287
5.2.1	Technische Merkmale automatisierter Werkzeugmaschinen	287
5.2.2	Steuern und Regeln von CNC-Werkzeugmaschinen	290
5.2.3	Automatisierung und Flexibilität	293
5.3	Umformende Maschinen und Anlagen	295
5.3.1	Fertigungsmaschinen zur Gießformherstellung	295
5.3.2	Druckgießmaschinen	296
5.3.3	Stranggießanlage	297
5.3.4	Fertigungsanlagen zum Sintern	298
5.4	Umformende Werkzeugmaschinen	299
5.4.1	Pressen	300
5.4.2	Walzmaschinen	301
5.4.3	Biegemaschinen	301
5.4.4	Ziehmaschinen	301
5.5	Trennende Werkzeugmaschinen	302
5.5.1	Bohrmaschinen	302
5.5.2	Drehmaschinen	303
5.5.3	Fräsmaschinen	305
5.5.4	Schleifmaschinen	307
5.5.5	Zerteilende Maschinen	308
5.5.6	Abtragende Maschinen	308
5.5.7	Einzweckmaschinen	309
5.6	Fügende Werkzeugmaschinen und Anlagen	309
5.6.1	Anlagen zum Schmelzschweißen	310
5.6.2	Werkzeugmaschinen zum Pressschweißen	310
5.7	Werkzeug- und Werkstücksysteme an trennenden Werkzeugmaschinen	311

Lösungshinweise	313
-----------------------	-----

Sachwortverzeichnis	337
---------------------------	-----

Bildquellenverzeichnis	347
------------------------------	-----