

Inhalt

1	Einführung und Grundbegriffe	1
1.1	Energietechnik in der Menschheitsgeschichte	1
1.2	Terminologie der Energieanwendung	3
1.3	Energieverbrauch in der Volkswirtschaft	7
1.4	Rationelle Energieverwendung	11
1.5	Ganzheitliche Bewertung von Systemen	16
2	Deckung von Prozesswärmebedarf	19
2.1	Struktur und Bedeutung der Prozesswärme in der Industrie	19
2.2	Industrielle Wärmeprozesse und Verfahren	25
2.3	Betriebsverhalten wärmetechnischer Anlagen	31
2.3.1	Grundsätzlicher Aufbau und Funktionsprinzipien	31
2.3.1.1	Standanlagen	32
2.3.1.2	Durchlaufanlagen	34
2.3.2	Energetische Bilanzierung	36
2.3.3	Stationäres Betriebsverhalten in Abhängigkeit vom Lastgrad	41
2.3.4	Betriebsverhalten im instationären Zustand	45
2.3.4.1	Abkühlung einer Ofenwand	46
2.3.4.2	Verhalten bei Betriebsunterbrechung	53
2.4	Energetische Analyse von Betriebszeiträumen	56
2.4.1	Charakteristische Zeitabschnitte	57
2.4.2	Kenngrößen für die Auslastung	59
2.4.3	Bestandteile des Energieverbrauchs	60
2.4.4	Betriebstechnische Kennlinienfelder	60
3	Raumheizung und Klimatisierung	65
3.1	Bedeutung und Struktur der Raumwärme	65
3.2	Thermische Behaglichkeit	68
3.3	Wärmebedarf und Energiehaushalt von Gebäuden	72
3.3.1	Grundbegriffe	72
3.3.2	Spezifische Wärmeverluste	75
3.3.2.1	Transmission	75
3.3.2.2	Lüftung	78
3.3.3	Norm-Heizlast	79
3.3.4	Jahres-Heizwärmebedarf	80
3.4	Energieeinsparverordnung	85
3.5	Heizungsanlagen	87
3.5.1	Systematische Einteilung	87

3.5.2	Heizkessel	89
3.5.3	Wärmepumpen	97
3.5.3.1	Grundbegriffe	97
3.5.3.2	Funktionsweise	98
3.5.3.3	Energetische Effizienz	102
3.5.3.4	Wärmequellen	103
3.5.3.5	Betriebsarten und Auslegung	107
3.6	Raumluftechnische Systeme, Klimatisierung	109
3.6.1	Systeme und ihre Anwendung	109
3.6.2	Heiz- und Kühllast	113
3.6.3	Zustandsänderungen der Luft	114
3.6.4	Energieverbrauch	121
4	Beleuchtung	125
4.1	Lichttechnische Grundlagen	125
4.2	Lampen	130
4.2.1	Glühlampen	130
4.2.2	Gasentladungslampen	132
4.2.2.1	Niederdruck-Entladungslampen	133
4.2.2.2	Hochdruck Entladungslampen	138
4.3	Anforderungen an die Beleuchtung	139
5	Stationäre Antriebe	145
5.1	Stationärer Kraftbedarf	145
5.2	Fördern von Fluiden	145
5.2.1	Aufgabenstellung	147
5.2.2	Anwendungsbereiche	149
5.2.3	Arbeitsmaschinen	150
5.2.4	Betriebsverhalten von Kreislumpumpen	158
5.2.4.1	Hydraulische Förderleistung	158
5.2.4.2	Pumpenkennlinien	160
5.2.4.3	Variation der Drehzahl	165
5.2.4.4	Regulierung des Förderstroms	166
5.3	Zusammenwirken von Arbeitsmaschine und Antriebssystem ...	169
5.3.1	Allgemeine Zusammenhänge	169
5.3.2	Drehzahl und Drehmoment	171
5.3.3	Belastung der Antriebsmaschine	175
5.4	Elektrische Antriebssysteme	177
5.4.1	Allgemeine Übersicht	177
5.4.2	Drehstrom-Asynchronmotor	180
5.4.2.1	Bauarten, Wirkungsweise, Spezifikationen ...	180
5.4.2.2	Ersatzschaltbild, Stromortskurve	185

5.4.2.3	Drehzahl und Schlupf	187
5.4.2.4	Leistungen	188
5.4.2.5	Drehmoment	189
5.4.2.6	Anlaufen und Bremsen	192
5.4.2.7	Verhalten im stationären Betrieb	197
5.4.2.8	Dimensionierung des Motors	199
5.4.2.9	Drehzahlstellung	203
5.4.3	Drehstrom-Synchronmotor	207
5.4.4	Frequenzumrichter	211
5.4.5	Gleichstrommotor	215
5.4.6	Kleinmotoren	219
5.4.6.1	Universalmotor	219
5.4.6.2	Kondensatormotor	222
5.4.6.3	Permanentmagnet-Synchronmotor	225
5.4.6.4	Spaltpolmotor	227
6	Energieanwendung im Verkehr (Transportwesen)	231
6.1	Verkehrsaufkommen und Energieverbrauch	231
6.1.1	Entwicklung der Verkehrsleistung	231
6.1.2	Entwicklung des Endenergieverbrauchs	233
6.2	Physik der Fortbewegung	235
6.2.1	Fortbewegung zu Lande	235
6.2.1.1	Straßenverkehr	235
6.2.1.2	Schienenverkehr	238
6.2.2	Fortbewegung zu Wasser	239
6.2.3	Fliegen	239
6.2.4	Bewegungswiderstand, Antriebsleistung und Transportleistung verschiedener Verkehrsmittel	241
6.3	Technik der Antriebe	243
6.3.1	Straßenfahrzeuge mit Verbrennungsmotor	243
6.3.1.1	Energieflüsse im Otto- und im Dieselmotor ..	243
6.3.1.2	Unkonventionelle Kraftstoffe	247
6.3.2	Straßenfahrzeuge mit Elektromotor	258
6.3.2.1	Antriebsmaschinen	258
6.3.2.2	Batteriespeicher	259
6.3.2.3	Energieverbrauch	261
6.3.2.4	Hybridantriebe	261
6.3.2.5	Brennstoffzellen	265
6.3.3	Schientriebfahrzeuge	268
6.3.3.1	Diesel-Antrieb	268
6.3.3.2	Elektroantrieb	269
6.3.3.3	Vergleich verschiedener Antriebe	270

6.3.3.4	Magnetschwebe-Technik	272
6.3.4	Flugzeuge	275
6.4	Vergleich verschiedener Verkehrssysteme	277
6.4.1	Energieverbrauch	277
6.4.2	Schadstoff-Emissionen	280
6.4.3	Lärm	286
6.4.4	Sonstige Faktoren	287
7	Gewinnen und Verarbeiten von Daten	291
7.1	Datenerfassung	292
7.1.1	Messkonzept	292
7.1.1.1	Messgröße	292
7.1.1.2	Messprinzip und Messmethode	293
7.1.1.3	Messort	294
7.1.1.4	Planungsgrundsätze	295
7.1.2	Messeinrichtung	296
7.1.2.1	Messgrößenerfassung	296
7.1.2.2	Signal- und Messwertverarbeitung	297
7.1.2.3	Messdaten-Ausgabe	298
7.1.3	Genauigkeit von Messungen	299
7.1.3.1	Arten von Messabweichungen	299
7.1.3.2	Fehlergrenzen	301
7.1.3.3	Messunsicherheit	302
7.2	Datengliederung, -verarbeitung und -auswertung	302
7.2.1	Dokumentation von Daten	303
7.2.2	Bildung von Verhältniszahlen	303
7.2.3	Bildung von Mittelwerten	305
7.2.4	Häufigkeitsverteilung und Standardabweichung	308
7.2.5	Zusammenhänge zwischen Stichprobe und Grundgesamtheit	311
7.2.6	Der t -Test (Student-Test)	314
7.2.7	Regressionsrechnung	318
7.3	Anwendung für die energietechnische und -wirtschaftliche Praxis	321
7.3.1	Statistische Erhebungen	322
7.3.2	Grafische Darstellungen	323
7.3.2.1	Punktdiagramme	323
7.3.2.2	Liniendiagramme	324
7.3.2.3	Flächendiagramme	324
7.3.2.4	Säulen- und Balkendiagramme	324
7.3.2.5	Kreis- und Ringdiagramme	324
7.3.2.6	Flussbilder (Sankey-Diagramme)	325

7.3.2.7	Maßstabswahl	325
7.3.3	Energieverbrauchsgleichungen	326
Anhang: Übungsaufgaben		335
1	Stationäre Betriebskennlinien (zu Kap. 2)	335
1.1	Erdgasbeheizter Schmiedeoofen	335
1.2	Vergleich von zwei Spänetrocknern	337
2	Instationäre Betriebskennlinien (zu Kap. 2)	340
3	Heizwärmebedarf von Gebäuden (zu Kap. 3)	345
4	Luft-Wasser-Wärmepumpe (zu Kap. 3)	354
5	Klimaanlage (zu Kap. 3)	360
6	Berechnung einer Beleuchtungsanlage (zu Kap. 4)	366
7	Betriebsverhalten einer Pumpe (zu Kap. 5)	369
8	Analyse eines Drehstrom-Asynchronmotors (zu Kap. 5)	376
9	Energetisches Betriebsverhalten eines PKW (zu Kap. 6)	388
10	Analyse einer Zeitreihe (zu Kap. 7)	396
11	Mittelwertbildung von Beziehungsgrößen (zu Kap. 7)	401
12	Analyse einer Stichprobe (zu Kap. 7)	402
12.1	Häufigkeitsverteilung	403
12.2	Zugehörigkeit von Stichprobe und Grundgesamtheit ...	405
12.3	Vergleich zweier Teilstichproben	405
12.4	Vertrauensbereiche für den Mittelwert zugehöriger Grundgesamtheiten	406
12.5	Erwartungsbereich der Einzelwerte	407
Literatur		409
Sachverzeichnis		413