

# GRUNDLAGEN DER KRAFT- UND WÄRMEWIRTSCHAFT

Von

**Dr.-Ing. habil. Walther PAUER**

o. Professor (em.) an der Technischen Universität Dresden

unter Mitarbeit von

**Dr.-Ing. habil. Herbert MUNSER**

o. Professor an der Sektion Energieumwandlung der Technischen  
Universität Dresden

Mit 109 Abbildungen



VERLAG THEODOR STEINKOPFF  
DRESDEN

1970

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Energiewirtschaftliche Grundbegriffe . . . . .	1
1.1. Arbeitsgebiet und Arbeitsmethoden . . . . .	1
1.2. Kostenbildung . . . . .	6
1.3. Maßnahmen zur Schaffung günstiger Betriebsbedingungen . . . . .	10
1.3.1. Beeinflussung der Benutzungsdauer . . . . .	10
1.3.2. Energietarife . . . . .	12
1.4. Beispiele von Wirtschaftlichkeitsberechnungen . . . . .	17
1.4.1. Bestimmung wirtschaftlicher Einsatzbereiche von Energieerzeugungsanlagen . . . . .	18
1.4.1.1. Vergleich von Wasserkraft- und Wärmekraftanlagen . . . . .	18
1.4.1.2. Variantenvergleich verschiedener Gasturbinenanlagen . . . . .	19
1.4.2. Ermittlung technischer Auslegungsparameter . . . . .	28
1.4.2.1. Grundelemente der Wärmetechnik . . . . .	28
1.4.2.1.1. Wirtschaftliche Bemessung von Rohrleitungen . . . . .	28
1.4.2.1.1.1. Optimierung der Strömungsverluste . . . . .	28
1.4.2.1.1.2. Optimierung der Wärmeverluste . . . . .	31
1.4.2.1.2. Wirtschaftliche Bemessung von Wärmeübertragern . . . . .	38
1.4.2.1.2.1. Wärmeübertragung im Gegenstrom . . . . .	39
1.4.2.1.2.2. Wärmeübertragung im Gleichstrom . . . . .	46
1.4.2.1.2.3. Berücksichtigung der Förderkosten . . . . .	52
1.4.2.1.2.4. Graphisches Verfahren nach Bošnjaković . . . . .	53
1.4.2.2. Dimensionierung von Gebäudeelementen . . . . .	56
1.4.2.2.1. Isolierung von Wänden . . . . .	56
1.4.2.2.2. Vergleich von Fensterausführungen . . . . .	61
2. Die Energiequellen . . . . .	67
2.1. Sonnenwärme . . . . .	67
2.2. Windkraft . . . . .	70
2.2.1. Entstehung des Windes und Verteilung der Geschwindigkeiten . . . . .	70
2.2.2. Ausnutzung des Windes . . . . .	71
2.3. Erd- und Meereswärme . . . . .	76
2.4. Wasserkraftanlagen . . . . .	77
2.4.1. Ursprung der Wasserenergie . . . . .	77
2.4.2. Flußnutzbarkeit und Werknutzbarkeit . . . . .	79
2.4.3. Wirtschaftliche Aushauleistung . . . . .	81
2.4.4. Schaffung günstiger Betriebsbedingungen . . . . .	84
2.4.5. Energiespeicherung bei Wasserkraftanlagen . . . . .	85

	Seite
2.4.6. Bedeutung der Wasserkräfte . . . . .	92
2.4.7. Überblick über kennzeichnende Wasserkraftanlagen . . . . .	94
2.4.7.1. Walchenseewerk . . . . .	94
2.4.7.2. Pumpspeicherwerk Hohenwarte II . . . . .	97
2.4.7.3. Die Wasserkräfte der Wolga . . . . .	98
2.4.7.4. Das Wasserkraftwerk Bratsk . . . . .	101
2.4.7.5. Das Wasserkraftwerk Krasnojarsk . . . . .	102
2.4.8. Ausnutzung der Gezeiten . . . . .	103
2.5. Brennstoffe . . . . .	107
2.5.1. Feste Brennstoffe . . . . .	107
2.5.1.1. Aufbau der Pflanzen und Inkohlung . . . . .	108
2.5.1.2. Kohlevorkommen . . . . .	109
2.5.1.3. Kohleförderung . . . . .	110
2.5.2. Erdöl . . . . .	112
2.5.2.1. Entstehung und Vorkommen . . . . .	112
2.5.2.2. Erdölförderung . . . . .	112
2.5.3. Erdgas . . . . .	114
2.5.4. Bedeutung der verschiedenen Brennstoffe . . . . .	115
2.5.5. Eigenschaften der Brennstoffe . . . . .	117
2.5.5.1. Elementaranalyse und Kenngrößen . . . . .	117
2.5.5.2. Heizwert . . . . .	118
2.5.5.3. Förder- und Transportkosten . . . . .	120
2.5.6. Aufbereitung der Brennstoffe . . . . .	120
2.5.6.1. Mechanische Aufbereitung der Brennstoffe . . . . .	121
2.5.6.2. Trocknung der Brennstoffe . . . . .	122
2.5.6.3. Chemische Aufbereitung der Brennstoffe . . . . .	123
2.5.6.4. Aufbereitung des Erdöls, Kohlehydrierung und Brennstoff- synthese . . . . .	125
2.5.7. Abfallbrennstoffe . . . . .	127
2.6. Kernenergie . . . . .	128
2.6.1. Physikalische Grundlagen für die Kernspaltung im Reaktor . . . . .	130
2.6.2. Umsetzung der Reaktionswärme in elektrische Energie . . . . .	132
2.6.3. Gedanken zur Entwicklung der Nutzung von Kernenergie . . . . .	137
2.6.4. Energiegewinnung aus der Verschmelzung von Atomkernen . . . . .	139
3. Wärmewirtschaftliche Entwicklung der Dampfkraftanlagen . . . . .	141
3.1. Gesichtspunkte für die Beurteilung von Wärmekraftanlagen . . . . .	142
3.1.1. Brennstoffbasis . . . . .	142
3.1.2. Wirkungsgrad und Verbrauch . . . . .	142
3.1.3. Anlagekosten . . . . .	143
3.1.4. Gewicht, Flächen- und Raumbedarf . . . . .	143
3.1.5. Grenzgröße der Einheiten . . . . .	143
3.1.6. Sinnbilder und Schaltpläne für Wärmekraftanlagen . . . . .	144

	Seite
3.2. Entwicklung der Dampfkraftanlagen . . . . .	147
3.2.1. Kolbendampfmaschine . . . . .	147
3.2.2. Dampfturbine . . . . .	148
3.2.3. Umgestaltung von Dampfkessel und Feuerung . . . . .	149
3.3. Die wärmetechnische Entwicklung der Wasserdampfkreisprozesse . . . . .	152
3.3.1. Clausius-Rankine-Prozeß . . . . .	152
3.3.2. Regenerative Speisewasservorwärmung . . . . .	153
3.3.3. Zwischenüberhitzung . . . . .	168
3.3.4. Luftvorwärmung . . . . .	177
3.4. Gesamtanordnung des Kraftwerks . . . . .	178
4. Koppelprozesse . . . . .	182
4.1. Thermodynamische Bewertung wärmetechnischer Prozesse . . . . .	182
4.2. Gesichtspunkte für die Abwärmeausnutzung . . . . .	184
4.3. Getrennte Versorgung der Kraft- und Wärmeverbraucher . . . . .	187
4.4. Maschinensysteme der Kraft-Wärme-Kopplung . . . . .	188
4.4.1. Kondensationsmaschine mit Abwärmeverwertung . . . . .	188
4.4.2. Gegendruckmaschine . . . . .	190
4.4.3. Verbundene Gegendruckmaschine . . . . .	194
4.4.4. Entnahmemaschine . . . . .	196
4.4.5. Zweidruckturbine . . . . .	209
4.4.6. Zahlenbeispiele für Abschnitte 4.4.1. bis 4.4.4. . . . .	211
4.5. Wärmepumpe . . . . .	212
4.5.1. Allgemeine Grundlagen . . . . .	212
4.5.2. Kopplung von Gegendruckmaschine und Wärmepumpe . . . . .	214
4.5.3. Ausnutzung der Kondensatorwärme einer Kältemaschine zur Warmwassererzeugung . . . . .	216
4.6. Gesichtspunkte für die Wahl der Schaltungen . . . . .	221
4.6.1. Allgemeine Beurteilung . . . . .	221
4.6.2. Berücksichtigung der Anlagekosten . . . . .	229
4.7. Kostenaufteilung bei Koppelprozessen . . . . .	235
5. Energiespeicherung . . . . .	241
5.1. Grundbegriffe . . . . .	242
5.2. Veränderlichkeit der Stoff- und Energieströme . . . . .	244
5.3. Überblick über verschiedene Speichersysteme . . . . .	245
5.3.1. Lagenspeicher . . . . .	246
5.3.2. Speicherung kinetischer Energie . . . . .	246
5.3.3. Spannungsspeicher . . . . .	250
5.3.4. Brennstoffspeicher . . . . .	251
5.4. Speicherung im Rahmen von Dampfkraftanlagen . . . . .	253
5.4.1. Heißwasser-Gleichdruckspeicher . . . . .	254
5.4.2. Gefällespeicher . . . . .	262
5.4.3. Abkühlungsverluste von Wärmespeichern . . . . .	276

	Seite
5.5. Elektrochemische Speicherung . . . . .	292
5.6. Speicherung als Begleiterscheinung . . . . .	285
5.7. Regeneratoren . . . . .	287
5.7.1. Wirkungsweise . . . . .	287
5.7.2. Anwendungsgebiete . . . . .	287
5.7.3. Berechnung der Regeneratoren . . . . .	288
6. Wirtschaftliche Dampfverwendung . . . . .	290
6.1. Verdampfen von Lösungen . . . . .	291
6.1.1. Einkörperverdampfer mit absatzweisem Betrieb . . . . .	292
6.1.2. Stetig arbeitender Einkörperverdampfer . . . . .	293
6.1.3. Mehrkörperverdampfer . . . . .	295
6.2. Bestimmung der wirtschaftlichen Verdampferzahl . . . . .	299
6.3. Verdampfen mittels Wärmepumpe . . . . .	303
6.3.1. Saftvorwärmung durch Brüden . . . . .	303
6.3.2. Saftvorwärmung durch Kondensat . . . . .	306
6.4. Trocknung . . . . .	309
6.4.1. Wärmebilanz des Trockners . . . . .	310
6.4.2. Maßnahmen zur Senkung des Wärmeverbrauchs . . . . .	312
6.4.3. Trocknung mit Wärmepumpe . . . . .	314
Namen- und Sachverzeichnis . . . . .	316