

Inhaltsverzeichnis

1. Effizienzsteigerung in konventionellen Kraftwerken	9
1.1 Einführung	9
1.2 Definitionen und Symbole	12
1.2.1 Definitionen	12
1.2.2 Symbole	15
1.3 Der Kraftwerksprozess: Ein Exkurs in die Thermodynamik	16
1.3.1 Einführung.....	16
1.3.2 Der Carnot-Wirkungsgrad	17
1.3.3 Der Clausius-Rankine-Prozess	19
1.4 Effizienzsteigerungen von Kraftwerkskomponenten	20
1.4.1 Dampferzeuger	21
1.4.1.1 Dampferzeugersysteme (Groll, Schneider)	23
1.4.2 Turbinen.....	28
1.4.3 Luftvorwärmer	29
1.4.4 Elektrofilter	30
1.4.5 Wärmeverschiebesysteme	30
1.4.6 Kaltes Ende.....	30
1.4.7 Regenerative Speisewasservorwärmung	36
1.4.8 Topping	36
1.4.9 Verbundblock.....	36
1.4.10 Grubenwasseranlagen	37
1.5 Gasturbinen- und GuD-Kraftwerke.....	37
1.5.1 Der Gasturbinenprozess.....	37
1.5.2 Effizienzsteigerung durch Kopplung von Gas- und Dampfturbinenprozess....	40
1.6 Effizienzsteigerung in neuen Kraftwerkskonzepten.....	42
1.6.1 Überkritische Kraftwerke	42
1.6.2 Braunkohlenoptimierte Anlagentechnik mit Kohlevortrocknung (BoA+)	43
1.6.3 Druckaufgeladene Wirbelschichtfeuerung.....	43
1.6.4 Brennstoffzellen (Pehnt 2010)	43
1.6.5 Erreichbare CO ₂ -Emissionen zukünftiger Kraftwerkskonzepte.....	47
1.7 Kraftwerke mit Carbon Dioxide Capture and Storage (CCS)	49
1.7.1 Thermodynamische Eigenschaften von Kohlendioxid (CO ₂).....	49
1.7.2 Verfahren der CO ₂ -Abtrennung.....	50
1.7.3 Integration der CO ₂ -Abscheidung in Kraftwerksprozessen	51
1.7.3.1 CO ₂ -Abgas-Wäsche (post combustion technology)	52
1.7.3.2 Oxyfuel-Prozess mit CO ₂ -Abtrennung	55
1.7.3.3 CO ₂ -Brenngas-Wäsche (pre combustion technology)	58

1.7.4 Transport und Speicherung von CO ₂	59
1.7.5 CCS – Klima- statt Energieeffizienz?	60
1.7.6 Capture ready	62
1.7.7 Lastfolgebetrieb von Kraftwerken mit CC und post combustion technology	62
1.8 Kraftwerke und Verbundnetze in Deutschland und den Nachbarländern.....	63
1.8.1 Kraftwerke in Deutschland	64
1.8.2 Kraftwerke in den Nachbarländern Deutschlands.....	67
1.8.2.1 Polen	70
1.8.2.2 Tschechien	72
1.8.2.3 Österreich	73
1.8.2.4 Schweiz	74
1.8.2.5 Frankreich	76
1.8.2.6 Belgien, Niederlande und Luxemburg (BeNeLux).....	78
1.8.2.7 Dänemark.....	80
1.8.2.8 Schweden.....	82
2. Effizienzsteigerung durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).....	85
2.1 Einführung	85
2.1.1 Das Prinzip der KWK	87
2.1.2 Definitionen	88
2.2 KWK in Dampfkraftwerken	91
2.2.1 Gegendruckturbinen	91
2.2.2 Entnahmekondensationsturbinen.....	93
2.3 KWK mit Gasturbinen	94
2.4 Dezentrale KWK	94
2.4.1 KWK mit Verbrennungsmotoren	95
2.4.2 KWK mit Stirlingmotoren	100
2.4.3 Weitere innovative Technologien	101
2.5 Wirtschaftliche KWK.....	101
2.6 KWK mit erneuerbaren Energien.....	102
2.7 Umweltbilanzen der KWK	105
2.7.1 Primärenergie- und CO ₂ -Einsparung durch KWK	105
2.8 Allokation des Primärenergieeinsatzes bei KWK	107
2.8.1 Energetische Methode	111
2.8.2 Arbeitswertmethode.....	111
2.8.3 Exergetische Methode	111
2.8.4 Exergieverlust-Methode.....	112
2.8.5 Restwert-Methode.....	112
2.8.6 Finnische Methode	112

2.8.7 Beispiel.....	113
2.9 Ausgewählte Berechnungen, Schätzungen und mögliche Optimierungen bei Anwendung der KWK	116
2.9.1 Überschlägige Berechnung von Wärmeübertragersäulen und effiziente Turbinen-Konfigurationen (Gerth, Schneider)	116
2.9.1.1 Netze mit großer Spreizung	116
2.9.1.2 Heizwassersäulenberechnung.....	117
2.9.1.3 Beispielrechnung.....	122
2.9.1.4 Beispiel Turbinenschaltungen	124
2.9.2 Auslegung eines begehbarer Dükers	126
2.9.3 Anwendung der Trassenspeicherung	130
2.9.3.1 Theoretische Grundlagen.....	130
2.9.4 Wärmeübertrager	142
2.9.4.1 Bestimmung der Rohrzahl eines Rohrbündelwärmeübertragers	144
2.9.4.5 Einfluss des Warmwasserverbrauches (WWV)	145
2.9.5.1 Allgemeine Abhängigkeiten des WWV	146
2.9.5.2 WWV in Jahreszeiten (Ziller, Schneider).....	148
2.9.5.3 WWV in Monaten (Ziller, Schneider).....	149
2.9.5.4 WWV in Tagen.....	151
2.9.5.5 WWV in Stunden	152
2.9.5.6 WWV in Spitzenlast.....	153
2.10 Sonstige Umweltwirkungen von KWK	157
2.11 Potenziale, Hemmnisse und gesetzliche Rahmenbedingungen	158
2.11.1 Potenziale der KWK.....	158
2.11.2 Hemmnisse	159
2.11.3 Das KWK-Gesetz.....	161
2.11.3.1 Historie.....	161
2.11.3.2 Zielgröße	164
2.11.3.3 Höhe des Zuschlags für KWK-Strom aus neuen, modernisierten oder nachgerüsteten KWK-Anlagen	165
2.11.3.4 KWKG-Umlage.....	166
2.11.4 Weitere förderliche Rahmenbedingungen.....	167
3. Wasserkraftwerke	172
3.1 Einführung	172
3.2 Definitionen	173
3.3 Typische Wasserkraftwerke	174
3.3.1 Laufwasserkraftwerke (LWK)	174
3.3.2 Speicherwasserkraftwerke (SWK)	175
3.3.3 Pumpspeicherwasserkraftwerke (PSW)	175

3.4 Turbinenarten	176
3.4.1 Francis-Turbine („Fönturbine“)	177
3.4.2 Kaplan-Turbine	178
3.4.3 Pelton-Turbine	178
3.4.4 Lawaczeck-Turbine	179
3.4.5 Ossberger-Turbine	179
3.5 Wirkungsgrad.....	180
3.6 Beispielrechnung Kraftwerksleistung	180
3.7 Netzdienstleistungen.....	181
3.8 Transformatoren	182
3.9 Schaltanlagen.....	182
3.10 Frequenz	182
3.11 Beispiele für Wasserkraftanlagen.....	182
3.11.1 Große Wasserkraftanlagen > 5 MW	182
3.11.1.1 Deutschland	183
3.11.1.2 Österreich	186
3.11.1.3 Neuseeland	189
3.11.2 Kleine Wasserkraftanlagen ≤ 5 MW	190
3.11.2.1 Deutschland	190
4. Effiziente Versorgung mit Elektrizität	196
4.1 Einführung	196
4.2 Definitionen	196
4.3 Stromversorgung in Deutschland	199
4.4 Wechselstrom vs. Gleichstrom.....	204
4.5 Freileitung vs. Erdkabel	204
4.6 Schaltanlagen.....	206
4.7 Speicher.....	207
4.7.1 Batteriespeicher	207
4.7.2 Power to Wasserstoff.....	208
4.7.3 Power to Gas	209
4.7.4 Power to Fuel	210
4.7.5 Pumpspeicherwasserkraftwerke	211
4.7.6 Druckluftspeicherkraftwerke	212
4.7.7 Weitere Speichermöglichkeiten	213
4.8 Internet der Dinge und Kommunikation 5G	213

4.9 Elektromagnetische Felder vs. Gesundheit	214
4.10 Stromkosten.....	215
Verwendete und weiterführende Literatur	217
Abkürzungen	229
Personenverzeichnis	233
Anhang.....	236
A.1 Präfixe von Einheiten	236
A.2 Basiseinheiten.....	237
A.3 Abgeleitete Einheiten	237
A.4 Allgemeingültige Einheiten	238
A.5 Einheiten und Formelzeichen	239
A.6 Umrechnung von Einheiten	241
A.7 Internationale Umrechnungen	242
A.8 Heizwerte.....	244
A.9 Spezifische Kohlenstoffdioxid-Emissionen dreier Brennstoffe.....	244
A.10 CO ₂ -Emissionen aus Feuerungsanlagen	245
A.11 h-,s-Diagramm Wasserdampf	246
A.12 Dampftafel für gesättigte Zustände	247
A.13 Dampftafel für überhitzte Zustände	248
A.14 Physikalische Konstanten.....	250
A.15 Herstellerverzeichnis Dampferzeuger.....	251
A.16 Übersetzungsliste Englisch - Deutsch der Kraftwerkstechnik	254
A.17 Lokomotiven im Kohlenbergbau	259
A.18 Beispiele Wasserkühlung	261