

## Inhaltsverzeichnis

**Vorwort** XI

<b>1</b>	<b>Das Umfeld der Aufstellung und Nutzung von Kompositionsregeln</b>	<b>1</b>
1.1	Kosten und Kostenreduzierung in verfahrenstechnischen Systemen	1
1.2	Strategische Orientierungen und Maßnahmeklassen der Rationalisierung	2
1.3	Funktions- und Prinzipstrukturen	6
<b>2</b>	<b>Allgemeine Kompositionsregeln</b>	<b>13</b>
2.1	Überblick und Wiederverwertungsregel	13
2.2	Regeln, die sich unmittelbar aus den Rationalisierungs-Maßnahmeklassen ableiten	15
2.2.1	Anergienutzungsregel	15
2.2.1.1	Beispiel: Wärmepumpeneinsatz (betrifft Nr. 9 und Nr. 11 nach Abb. 1.4)	16
2.2.1.2	Beispiel: Kühlung warmer Stoffe (Nr. S2 nach Abb. 1.4)	18
2.2.2	Intervallteilungsregel	20
2.2.2.1	Beispiele zur Anwendung der Intervallteilungsregel in ihrer direkten Form	22
2.2.2.2	Beispiele zur Anwendung der Intervallteilungsregel in ihrer Umkehrform	33
2.2.2.3	Zusammenfassung	38
2.2.3	Exergiekonzentrierungsregel	38
2.2.3.1	Beispiel: Wärmetrafoeinsatz bei der Klärschlamm-trocknung	38
2.2.4	Temperaturwechselungsregel	41
2.2.4.1	Beispiel: Flüssigkeitsunterkühlung in Kälteprozessen	42
2.2.4.2	Beispiel: Regenerative Speisewasservorwärmung im Dampfkraftprozess	43
2.2.5	Beimischregel	44
2.2.5.1	Beispiel: Beimischregelung in der Heizungs- und Feuerungstechnik	44
2.2.5.2	Beispiel: Kondensationswärmerückgewinnung mittels sog. „Dampf-pumpe“	45
2.2.6	Splittingsregel	46

- 2.2.6.1 Beispiel: Verdichtersatz für Wärmepumpen 47
- 2.2.6.2 Beispiel: Kapazitätsquantelung bei Pumpensystemen 48
- 2.2.6.3 Beispiel: Werkhallenbeheizung und Kaltwärmezufuhr von Wärmepumpen 48
- 2.2.7 Partnerwahlregel 49
- 2.2.7.1 Beispiel: Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung KWKK 50
- 2.2.7.2 Beispiel: Wärmerückgewinnung bei thermischen Prozessen mit stückigen Gütern 51
- 2.2.7.3 Beispiel: Anlagenkomposition nach der Pinch-Point-Methode 53
- 2.2.7.4 Beispiel: Gekoppelte Kompressions-/Absorptionskühlanlage 56
- 2.2.7.5 Beispiel: Rückgewinnung mechanischer Energie – Umkehrosmose 56
- 2.3 Regeln, die die Wahl der Arbeits- oder Hilfsstoffe betreffen 57
- 2.3.1 Zusatzstoffregel 57
- 2.3.1.1 Beispiel: Sorptionskreisprozesse 59
- 2.3.1.2 Beispiel: PLATEN-MUNTERS-Prinzip 65
- 2.3.1.3 Beispiel: Führen von Phasenwandlungsprozessen in einem Trägergas zur Potentialverschiebung – Verdunstung 65
- 2.3.1.4 Beispiel: Klimatisierung und verbesserte Wärmerückgewinnung durch Hinzunahme von Sorbentien 68
- 2.3.1.5 Beispiel: CHENG- oder STIG-Prozess (*Steam Injected Gas Turbine*) 70
- 2.3.1.6 Beispiel: Ausfrieren 71
- 2.3.1.7 Beispiel: „Schleppmittel“-Rektifikation 72
- 2.3.1.8 Beispiel: Regenerative Wärmeübertragung 72
- 2.3.1.9 Zusammenfassende Bemerkung 73
- 2.3.2 Gleichstoffregel 73
- 2.3.2.1 Beispiel: WDK-Prozess 73
- 2.3.2.2 Beispiel: Brüdenverdichtung (andere Bezeichnung: Thermo-kompression) 74
- 2.3.2.3 Beispiel: Hochtemperatur-Gasexpansion zur Effektivierung der Wieder- verdampfung von verflüssigtem Methan – Fortsetzung des Beispiels in Abschnitt 2.2.2.2.2 76
- 2.3.2.4 Beispiel: Ruths-Dampfspeicher 77
- 2.4 Regeln, die die Strukturbildung direkt betreffen 77
- 2.4.1 Überlagerungsregel 77
- 2.4.1.1 Beispiel: Lüftungs- und Heizungsanlagen – vgl. Abb. 2.34 78
- 2.4.2 Diversifizierungsregel 80
- 2.4.2.1 Beispiel: Hintereinandergeschaltete Kraftprozesse 80
- 2.4.3 Stufenbildungsregel 82
- 2.4.3.1 Beispiel: Mehrstufige Kompressionskälteanlagen 82
- 2.4.3.2 Beispiel: Arbeitsmittelgemische in der Tieftemperatur-Kältetechnik 83
- 2.4.3.3 Beispiel: Rektifikation 83
- 2.4.3.4 Beispiel: Partielle Kaskadenschaltung – Wärmepumpe mit Hilfskreis- lauf 84
- 2.4.4 Kompaktierungsregel 85
- 2.4.4.1 Beispiel: Flexibilisierung des Sorptions-BHKW 85

- 2.4.4.2 Beispiel: Kombinierte Kompressions-Absorptionswärmepumpe 86
- 2.4.4.3 Beispiel: Multi-effect- und Multi-lift-Überlagerung – Teil I 87
- 2.4.5 Substitutions- und Kompensationsregel 92
- 2.4.5.1 Beispiel: Kreisprozess-Elementar- und -Kombifälle 93
- 2.4.5.2 Beispiel: Multi-effect- und Multi-lift-Überlagerung – Teil II 93
- 2.4.5.3 Beispiel: Wärmerückgewinnung bei Druckluft 96
- 2.4.6 Ortsänderungsregel 97
- 2.4.6.1 Beispiel: Kalte Fernwärmeversorgung 98
- 2.5 Regeln, die das Zeitverhalten betreffen 100
- 2.5.1 Funktionsumkehrregel 100
- 2.5.1.1 Beispiel: Zeitgleiche Wärme-Kältekopplung (bei Druckluftkühlung, Trocknung, Lebensmittelmärkten) 102
- 2.5.1.2 Beispiel: Wärmeübertrager als Heizer und Kühler 103
- 2.5.1.3 Beispiel: Zeitlich alternierende Wärme-Kälte-Kopplung 103
- 2.5.1.4 Beispiel: Adsorptive Kühlung 105
- 2.5.1.5 Beispiel: Alternierend Kraft- und Arbeitsmaschine 108
- 2.5.1.6 Beispiel: Thermodiffusions-Intervalltrocknungsverfahren 108
- 2.5.1.7 Beispiel: Absorptionskälteanlagen als Wärmetransformator in verfahren-/verarbeitungs-technischen Prozessen 109
- 2.5.2 Flexibilitätsregel 110
- 2.5.2.1 Beispiel: Direktantrieb von Arbeitsmaschinen u. ä. 110
- 2.5.2.2 Beispiel: Zusatzfeuerung beim GuD-Prozess 111
- 2.5.2.3 Beispiel: Großkälteanlage zum Heizen und Kühlen in Helsinki/Finnland 111
- 2.5.2.4 Beispiel: Bypassverwendung 112
- 2.5.2.5 Beispiel: Flexible Raumklimatisierung bei Wärme-Kälte-Kopplung 114
- 2.5.3 Ausgleichsregel 115
- 2.5.3.1 Beispiel: Netzarten 115
- 2.5.3.2 Beispiel: Energiespeicherung 119
- 2.5.3.3 Beispiel: „Multifunktionales“ Fernwärmenetz 124
- 2.6 Weitere allgemeine Regeln, die sich keiner bisherigen Gruppe zwanglos zuordnen lassen 125
- 2.6.1 Zeit-und-Ort-Regel 125
- 2.6.1.1 Beispiel: Thermowechselspeicher 126
- 2.6.1.2 Beispiel: Mehrkolbenverbundtechnik 128
- 2.6.2 Ausgewogenheitsregel 129
- 2.6.2.1 Beispiel: Funktionsdifferenzierte Dieselmotorenanlage – der „Isomotor“ 130
- 2.6.2.2 Beispiel: Funktionsintegrierte Bauelemente 131
- 2.6.3 Von-Selbst-Regel 132
- 2.6.3.1 Beispiel: Passive Kühlung durch Nachtlüftung 135
- 2.6.3.2 Beispiel: Schwerkraftbedingte Von-Selbst-Lösungen 136
- 2.6.3.3 Beispiel: „Von-Selbst“-Drucklufttrocknung 138
- 2.6.4 Öffnungsregel 139
- 2.6.4.1 Beispiel: Geschlossene und offene Heizungssysteme 140

## VIII | Inhaltsverzeichnis

- 2.6.4.2 Beispiel: Hochtemperaturbrennwertnutzung 141
- 2.6.4.3 Beispiel: Offene Geschlossenheit 144
- 2.6.4.4 Beispiel: Gasturbine – Schließen bisher offener Systeme 145
- 2.6.5 WEPOL-Regel 146
- 2.6.5.1 Beispiel: Katalyse 148
- 2.6.5.2 Beispiel: Schutzgasmoduliertes Schweißen 148
- 2.6.6 Prioritätsregel 150
- 2.6.6.1 Beispiel: Integrierte Energieversorgung eines Krankenhauskomplexes 150
  
- 3 Spezielle Kompositionsregeln für ausgewählte Prozesse 153**
- 3.1 Überblick 153
- 3.2 Kreisprozesse 155
- 3.3 Wärmeübertragung (bzw. Wärmeübertrager) 157
- 3.3.1 Beispiel zu Regel WÜ 11: Wärmerückgewinnung aus Schlachtbetrieb-Abwasser 160
- 3.4 Verdampfung 161
- 3.4.1 Beispiel: Wasserentsalzung 167
- 3.5 Kristallisation 168
- 3.6 Trocknung 170
- 3.6.1 Beispiel zu den TR-Regeln: Trocknung eines organischen Breis zu Pulver 173
- 3.7 Sorption 175
- 3.8 Extraktion und Destillation/Rektifikation 180
- 3.9 Chemische Reaktionstechnik 182
- 3.9.1 Beispiel: Verknüpfung exo- und endothermer Reaktionen 184
  
- 4 Nutzung der Regeln für Anlagenanalysen 187**
- 4.1 Beispiel: Perpetuum mobile II. Art 188
  
- 5 Komplexe Beispiele 191**
- 5.1 Offene Kaltluftmaschine 191
- 5.2 Energetische Verbesserung der Trinkwassergewinnung aus feuchter Luft 193
- 5.3 Energierückgewinnung aus Trocknerabluft mit Kondensationswärmenutzung 195
- 5.4 Integrierte thermische Solarenergienutzung 201
- 5.5 Energieautarke Verarbeitungstechnik in landwirtschaftlichen Kooperativen 208
- 5.5.1 Kooperativen auf einer energetischen Basis ohne Biobrennstoffe 208
- 5.5.2 Kooperativen auf einer energetischen Basis mit Biobrennstoffen 213
- 5.6 Druckzellenmotor 216
  
- 6 Ausblick 221**

Literaturverzeichnis 223

Anhang 1: Übersicht über die allgemeinen Kompositionsregeln 231

Anhang 2: Verzeichnis der Einzelbeispiele in den Kapiteln 2 bis 4 237

Stichwortverzeichnis 241