

# Inhalt

<b>Inhalt .....</b>	<b>VII</b>
<b>Verwendete Kurzzeichen .....</b>	<b>XIII</b>
Formelzeichen .....	XIII
Einheiten .....	XV
Vorzeichen der Einheiten .....	XVI
Chemische Zeichen .....	XVII
Abkürzungen .....	XVII
<b>1 Energieeffizienz – Herausforderung an Fabriken des 21. Jahrhunderts .....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation .....	1
1.2 Externe Treiber .....	3
1.2.1 Wirkungsgefüge Fabrik, Umwelt, Gesellschaft .....	3
1.2.2 Energiepreise .....	6
1.2.3 Energienachfrage .....	10
1.2.4 Energiereserven und Versorgungssicherheit .....	11
1.2.5 Energie und Umweltbelastungen .....	13
1.2.6 Energie und Politik .....	17
1.3 Interne Treiber .....	21
1.4 Status quo in Industrie und Wissenschaft .....	22
1.4.1 Energieverbrauch und Einsparpotenziale .....	22
1.4.2 Energiekompetenzen in der Industrie .....	24
1.4.3 Energieberatung .....	29
1.4.4 Energieeffizienz in den Betriebswissenschaften .....	29
1.5 Zusammenfassung .....	30
Literatur .....	32
<b>2 Beschreibungsmodelle der Fabrik .....</b>	<b>35</b>
2.1 Definition und Bedarf an Fabrikmodellen .....	35
2.2 Die Fabrik als System .....	35
2.2.1 Systemtheoretische Grundlagen .....	35
2.2.2 Definition der Fabrik als System .....	37
2.2.3 Hierarchische Ordnung der Fabrik .....	41
2.2.4 Periphere Ordnung der Fabrik .....	43
2.3 Die Fabrik in der Lieferkette .....	47
2.4 Die Fabrik – Station im Produktlebensweg .....	50
2.5 Der Fabriklebenszyklus .....	53
2.6 Führungs- und Zielsystem .....	57

## VIII Inhalt

2.7 Zusammenfassung .....	64
Literatur .....	65
<b>3 Energetische Grundlagen .....</b>	<b>67</b>
3.1 Physikalische Grundzusammenhänge .....	67
3.2 Energieumwandlungskette .....	72
3.3 Grundlagen ausgewählter Formen der Energie und Arbeit .....	77
3.3.1 Mechanische Energie und mechanische Arbeit .....	77
3.3.2 Thermische Energie und Wärme .....	79
3.3.3 Elektrische Energie und elektrische Arbeit .....	83
3.4 Energiewirtschaftliche Grundlagen .....	89
3.4.1 Elektrizitätswirtschaft .....	89
3.4.1.1 Struktur der Elektrizitätswirtschaft .....	89
3.4.1.2 Energiewirtschaftliche Verträge und Tarife .....	92
3.4.1.3 Netzqualität .....	97
3.4.2 Gaswirtschaft .....	101
3.5 Zusammenfassung .....	105
Literatur .....	108
<b>4 Planung energieeffizienter Fabriken .....</b>	<b>109</b>
4.1 Methodische Grundlagen der Fabrikplanung .....	109
4.1.1 Begriff und Abgrenzung .....	109
4.1.2 Vorgehensweise der Fabrikplanung .....	110
4.1.2.1 Planungsphasen .....	110
4.1.2.2 Planungsaktivitäten .....	111
4.1.2.3 Planungsschritte .....	113
4.1.3 Planungsgrundsätze .....	118
4.1.4 Energieeffizienz als neue Planungsanforderung .....	120
4.2 Integration von Energieeffizienz-Aspekten in die Fabrikplanung .....	121
4.2.1 Handlungsansätze zur Energieeffizienz-Steigerung .....	121
4.2.1.1 Überblick .....	121
4.2.1.2 Substitution der eingesetzten Energieträger .....	124
4.2.1.3 Minderung des Bedarfs an Nutzenergie .....	124
4.2.1.4 Steigerung des Wirkungsgrads .....	125
4.2.1.5 Reduktion von Verlusten .....	127
4.2.1.6 Energierückgewinnung .....	128
4.2.1.7 Weiternutzung von Anfall-Energie .....	128
4.2.2 Rückkopplung zwischen Fabrikplanung und Fabrikbetrieb .....	128
4.2.3 Simultane Produkt-, Prozess- und Anlagenplanung .....	130
4.3 Methodik zur energieeffizienzorientierten Fabrikplanung .....	131
4.3.1 Überblick .....	131
4.3.2 Planungsaktivität Systemanalyse .....	133
4.3.3 Planungsaktivität Systemkonzipierung .....	137
4.3.4 Planungsaktivität Systemsynthese und Integration .....	138
4.3.4.1 Überblick .....	138

4.3.4.2 Funktionsbestimmung.....	139
4.3.4.3 Dimensionierung.....	143
4.3.4.4 Strukturierung.....	148
4.3.4.5 Gestaltung.....	149
4.3.5 Planungsaktivität Begleitung der Systemrealisierung.....	150
4.3.6 Nutzung.....	156
Literatur.....	157
<b>5 Energierelevante Prozesse und Anlagen.....</b>	<b>159</b>
5.1 Überblick.....	159
5.2 Anlagen zur Übertragung und Nutzung von Elektroenergie.....	160
5.2.1 Betriebliche Elektroenergieverteilung.....	160
5.2.1.1 Einspeisung und Umspannung.....	160
5.2.1.2 Blindleistungskompensation.....	166
5.2.2 Anlagen zur Elektroenergie-Anwendung.....	167
5.2.2.1 Elektromechanische Antriebe.....	167
5.2.2.2 Druckluft.....	173
5.2.2.3 Beleuchtung.....	183
5.2.2.4 Thermische Energie aus Elektroenergie.....	189
5.2.2.5 Sonstige aus Elektroenergie gewandelte Energiearten.....	190
5.2.2.6 Informations-, Kommunikations- und Steuerungstechnik.....	191
5.3 Prozesswärme.....	192
5.3.1 Anwendung.....	192
5.3.2 Erzeugung von Prozesswärme.....	194
5.3.3 Wärmerückgewinnung.....	199
5.3.4 Übertragung von Prozesswärme.....	201
5.3.5 Nutzung von Prozesswärme.....	202
5.3.6 Zusammenfassung.....	202
5.4 Prozesskälte.....	203
5.4.1 Anwendung.....	203
5.4.2 Erzeugung.....	204
5.4.3 Zusammenfassung.....	208
5.5 Heizung, Lüftung, Klimatisierung.....	208
5.5.1 Funktion.....	208
5.5.1.1 Überblick.....	208
5.5.1.2 Physiologische Anforderungen.....	210
5.5.1.3 Technologische Anforderungen.....	213
5.5.1.4 Anforderungen des Umweltschutzes.....	214
5.5.2 Planung von HLK-Anlagen.....	215
5.5.2.1 Überblick.....	215
5.5.2.2 Detaillieren der Aufgabenstellung.....	216
5.5.2.3 Minderung der Belastung.....	217
5.5.2.4 Konzeption der Lüftung.....	218
5.5.2.5 Konzeption der Heizung.....	226
5.5.3 Zusammenfassung.....	229

<b>X</b>	<b>Inhalt</b>	
5.6	Gebäude	232
5.6.1	Überblick	232
5.6.2	Gebäudeanordnung und -ausrichtung	233
5.6.3	Gebäudegestalt	235
5.6.4	Gebäudezonierung	238
5.6.5	Gebäudekonstruktion	239
5.6.6	Fenster, Türen, Tore	246
5.6.7	Zusammenfassung	250
	Literatur	252
<b>6</b>	<b>Analyse und Bewertung des Energieverbrauchs</b>	<b>255</b>
6.1	Messkonzept	255
6.2	Messgrößen und Messwertaufnehmer	261
6.3	Messwertverarbeitung	262
6.4	Messwertauswertung	264
6.4.1	Verbraucherstrukturanalyse	264
6.4.2	Ganglinien und Dauerlinien	268
6.4.3	Analyse von Realisierungschancen	274
6.5	Spezielle Messverfahren und Messgeräte	275
6.5.1	Elektroenergie	275
6.5.1.1	Überblick	275
6.5.1.2	Multimeter-Datenlogger als mobiles Universalmessgerät	276
6.5.1.3	Fest installierte Messgeräte	278
6.5.2	Druckluft	280
6.5.2.1	Überblick	280
6.5.2.2	Kalorimetrische Durchflussmessung	281
6.5.2.3	Ermittlung der Leckagevolumen und Leckagerate	282
	Literatur	285
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>287</b>
	<b>Glossar</b>	<b>291</b>
<b>Anhang A:</b>	<b>Checkliste Energiekompetenz</b>	<b>301</b>
A.0	Einführung	301
A.1	Stammdaten	302
A.2	Energieverbrauch	303
A.3	Elektroenergie	304
A.3.1	Strombezug	304
A.3.2	Stromeinspeisung/-transformation	305
A.3.3	Blindstromkompensation	306
A.3.4	Motoren und Antriebe	307
A.3.5	Druckluft	310
A.3.6	Beleuchtung	314
A.3.7	Bürotechnik, Informationsverarbeitung und -übertragung	316

A.4 Thermische Energie .....	317
A.4.1 Prozesswärme .....	317
A.4.2 Prozesskälte .....	318
A.4.3 Gebäudeheizung .....	320
A.4.4 Dezentrale Warmwasserbereitung .....	323
A.4.5 Raumlüftung .....	323
A.4.6 Kraft-Wärme-Kopplung .....	325
A.4.7 Wärmerückgewinnung .....	326
A.5 Erneuerbare Energien .....	326
A.6 Gebäudehülle .....	328
<b>Anhang B: Investitionsrechnung.....</b>	<b>331</b>
Literatur .....	334
<b>Sachwortverzeichnis.....</b>	<b>335</b>