

Markus Hubbuch | Stefan Jäschke Brühlhart

# Energiemanagement

**v/dlf**

vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

# Inhaltsverzeichnis

	Vorwort .....	13
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b> .....	<b>17</b>
2.1	Energiemanagement: Definition .....	17
2.2	Energiemanagementsystem: Definition .....	18
2.3	Methodisches Vorgehen .....	19
2.3.1	Zielsetzung .....	19
2.3.2	Vorgehen .....	19
2.3.3	Herausforderungen .....	19
2.4	Physikalische Grundlagen im Energiemanagement .....	20
2.4.1	Kraft .....	20
2.4.2	Energie und Arbeit .....	21
2.4.3	Leistung .....	22
2.4.4	Zusammenhang zwischen Energie und Leistung .....	23
2.4.5	Energie und Entropie .....	23
<b>3</b>	<b>Energiemanagement als Managementaufgabe</b> .....	<b>27</b>
3.1	Entscheidungsfindung im Energiemanagement .....	27
3.2	Aufgaben des Managements .....	29
3.3	Bedeutung des Facility Managements .....	30
3.4	Bedeutung der Kommunikation .....	33
3.5	Ziele und Hemmnisse zur Durchführung von Energiemanagement .....	33
3.5.1	Ziele und Motivation .....	33
3.5.2	Hemmnisse .....	34
3.6	Energiemanagementmodell .....	36
3.7	Vorgehen bei Neubauten und bestehenden Gebäuden .....	37
3.7.1	Neubau .....	37
3.7.2	Bestehendes Gebäude .....	39
3.8	Reporting .....	39
3.8.1	Struktur der Reporting-Berichte .....	40
3.8.2	Frequenz der Berichte .....	41
<b>4</b>	<b>Energieversorgung im Betrieb</b> .....	<b>43</b>
4.1	Versorgungssicherheit .....	43
4.1.1	Definition der Anforderungen .....	43
4.1.2	Analyse der Energieversorgung .....	45

4.1.3	Bilden von Kennzahlen und Statistiken .....	48
4.1.4	Vergleich mit Referenzwerten .....	49
4.1.5	Schwachstellenanalyse .....	49
4.1.6	Massnahmenplanung .....	49
4.1.7	Kosten-Nutzen-Vergleich .....	50
4.1.8	Massnahmen umsetzen .....	50
4.1.9	Erfolgskontrolle .....	50
<b>4.2</b>	<b>Kostenoptimierung</b> .....	<b>51</b>
4.2.1	Zielsetzung .....	51
4.2.2	Kennzahlen bilden .....	51
4.2.3	Statistiken und Verläufe .....	53
4.2.4	Vergleiche und Schwachstellenanalyse .....	53
4.2.5	Massnahmen zur Senkung der Energiekosten .....	54
<b>4.3</b>	<b>Kostenzuordnung</b> .....	<b>55</b>
4.3.1	Zielsetzung .....	55
4.3.2	Kosten- und Nutzenbetrachtung .....	56
4.3.3	Umsetzung der Kostenzuordnung .....	56
<b>5</b>	<b>Kennzahlen, Benchmarking</b> .....	<b>59</b>
5.1	Energieverbrauchskontrolle .....	59
5.2	Grundlagen des Benchmarkings .....	59
5.3	Kennzahlen, Kenngrössen, Kennwerte .....	60
5.4	Arten von Benchmarking .....	60
5.5	Vorgehen .....	61
5.6	Erfolgsfaktoren .....	61
<b>6</b>	<b>Konzepte</b> .....	<b>63</b>
6.1	Grundlagen .....	63
6.2	Energiekonzepte .....	64
6.2.1	Zielsetzung .....	64
6.2.2	Vorgehen .....	65
6.2.3	Werkzeuge .....	67
6.2.4	Darstellung des Energiekonzeptes .....	69
6.2.5	Kosten .....	70
6.3	Messkonzepte .....	70
6.3.1	Grundlagen Messkonzepte .....	70
6.3.2	Umsetzung Messkonzepte .....	71
6.3.3	Werkzeuge .....	72
6.3.4	Darstellung des Messkonzeptes .....	72
6.3.5	Kosten-Nutzen-Betrachtung .....	72
6.3.6	Messprinzipien .....	74
6.3.7	Messdatenauswertung .....	74
<b>7</b>	<b>Messtechnik im Energiemanagement</b> .....	<b>75</b>
7.1	Grundlagen der Messtechnik .....	75
7.1.1	Definition der Anforderungen .....	75
7.1.2	Messabweichung, Messunsicherheit .....	76
7.1.3	Arten von Abweichungen und Ursachen .....	76
7.1.4	Kalibrierung, Justierung und Eichung .....	77
7.1.5	Vernetzte Mess- und Kontrollsysteme .....	78
7.2	Messung elektrischer Grössen .....	79
7.2.1	Strommessung .....	79

7.2.2	Spannungsmessung	79
7.2.3	Stromfuhlwiderstand (Shunt)	80
7.2.4	Stromzange	80
7.2.5	Elektrische Leistung	80
7.2.6	Elektrische Energie (kWh)	80
7.2.7	Geräte zur Leistungs- und Energiemessung	81
<b>7.3</b>	<b>Temperaturmessung</b>	<b>83</b>
7.3.1	Ausdehnungsthermometer	83
7.3.2	Elektrische Widerstandsthermometer	83
7.3.3	Thermoelemente	83
7.3.4	Strahlungsthermometer (Infrarot-Thermometer)	84
7.3.5	Globe-Thermometer	84
<b>7.4</b>	<b>Durchflussmessung</b>	<b>84</b>
7.4.1	Gaszähler	84
7.4.2	Verdrängungszähler	85
7.4.3	Flügelradzähler	85
7.4.4	Schwebekörper-Durchflussmesser	85
7.4.5	Drosselgeräte	85
7.4.6	Ultraschallverfahren	85
7.4.7	Induktionsverfahren	85
<b>7.5</b>	<b>Wärme/Kälte</b>	<b>87</b>
7.5.1	Wärmezähler	87
7.5.2	Heizkostenverteiler	87
<b>7.6</b>	<b>Druckmessung</b>	<b>87</b>
7.6.1	U-Rohr-Manometer	88
7.6.2	Federmanometer	88
7.6.3	Elektrische Manometer	88
<b>7.7</b>	<b>Luftgeschwindigkeit</b>	<b>88</b>
7.7.1	Staugerate	88
7.7.2	Thermisches Anemometer	88
7.7.3	Flügelradanemometer	89
7.7.4	Rauchrohrchen	89
<b>7.8</b>	<b>Luftfeuchtigkeit</b>	<b>89</b>
7.8.1	Haarhygrometer	89
7.8.2	Psychrometer	89
7.8.3	Absorptionshygrometer	89
7.8.4	Lithiumchlorid-Feuchtemesser	89
7.8.5	Leitfilmhygrometer	89
7.8.6	Kapazitiver Feuchtemesser	90
7.8.7	Taupunktsensoren	90
<b>7.9</b>	<b>Luftqualität</b>	<b>90</b>
7.9.1	CO <sub>2</sub> -Sensoren	90
7.9.2	VOC-Sensor/Mischgassensor	90
7.9.3	Partikelzähler	90
<b>7.10</b>	<b>Lichttechnische Messungen</b>	<b>91</b>
7.10.1	Lichtstrom	91
7.10.2	Lichtmenge	92
7.10.3	Lichtstärke	92
7.10.4	Leuchtdichte	92
7.10.5	Beleuchtungsstärke	92
7.10.6	Belichtung	93
7.10.7	Lichtausbeute	93
7.10.8	Spektrale Messungen	93
<b>7.11</b>	<b>Füllstandsmessung</b>	<b>93</b>
7.11.1	Schauglas	93

7.11.2	Schwimmer	93
7.11.3	Verdrängungsmethode	93
7.11.4	Einperlmethode	93
7.11.5	Hydrostatische Druckmethode	93
7.11.6	Wägemethode	94
7.11.7	Leitfähigkeitsmessung	94
7.11.8	Kapazitive Messmethode	94
7.11.9	Strahlungsdämpfungsmethode	94
7.11.10	Ultraschallmethode	94
7.11.11	Reflexionsmethode	94
7.12	<b>Luftdichtheit, Blower-Door-Test</b>	95
7.13	<b>Infrarot-Thermografie</b>	95
<b>8</b>	<b>Energiemanagementsoftware</b>	<b>97</b>
8.1	Einsatz von Energiemanagementsoftware	97
8.2	Konfiguration	97
8.3	Datenerfassung	98
8.3.1	Manuelle Erfassung	99
8.3.2	Automatische Erfassung	99
8.3.3	Überprüfung der Daten	100
8.4	Datenverwaltung	100
8.5	Benutzeroberfläche und Benutzerfreundlichkeit	101
8.6	Auswertung	101
8.7	Betriebsführung	101
8.7.1	Raum- und Klimamanagement	102
8.7.2	Regelungstechnik	102
8.7.3	Lastmanagement	102
8.8	Genutzte Software in der Schweiz	102
<b>9</b>	<b>Effiziente Energienutzung</b>	<b>103</b>
9.1	Zielsetzung	103
9.2	Erfassen der aktuellen Situation	104
9.3	Vergleichswerte/Schwachstellenanalyse	108
9.4	Massnahmenplan mit Kosten-Nutzen-Verhältnis	109
9.5	Umsetzung der Massnahmen	111
9.6	Erfolgskontrolle	112
<b>10</b>	<b>Contracting</b>	<b>113</b>
10.1	Situation	113
10.2	Anlagen-Contracting	113
10.2.1	Vorgehen	114
10.2.2	Vorteile und Risiken	115
10.2.3	Finanzierung	116
10.2.4	Contracting und Recht	116
10.3	Einspar-Contracting	116
10.3.1	Vorgehen	116
10.3.2	Einsparcontracting mit investiven Massnahmen	117
10.3.3	Hindernisse	118
10.3.4	Modell energo	119
10.4	Betriebsführungs-Contracting	121

---

<b>11</b>	<b>Kostenrechnung im Energiebereich</b>	<b>123</b>
11.1	Grundlagen	123
11.2	Wirtschaftlichkeit ganzheitlich	123
11.3	Kosten und Erträge von Energiesystemen	124
11.3.1	Jahreskosten	124
11.3.2	Ertragssituation	124
11.3.3	Wirtschaftlichkeit	124
11.3.4	Methoden, Werkzeuge	125
11.3.5	Investitionen	125
11.3.6	Annuität	125
11.3.7	Nutzungsdauer (kalkulatorisch)	126
11.3.8	Kapitalzinssatz	126
11.3.9	Betriebskosten	126
11.3.10	Energiekosten	126
11.3.11	Teuerung	126
11.3.12	Subventionen	126
11.3.13	Steuererleichterungen	127
11.4	Berechnung der Kosten	127
11.4.1	Annuitätenmethode	127
11.4.2	DCF-Methode	127
<b>12</b>	<b>Anhang</b>	<b>129</b>
12.1	Berechnungen Wirtschaftlichkeit	131
12.2	Checkliste: Gebäude-Feinanalyse zur Schwachstellensuche bei Energiesparprojekten	135
12.3	Websites für Energiemanagement	140
12.4	Literaturliste Gebäude- und Energiemanagement	142
12.5	Stichwortverzeichnis	145