

Inhalt

1	Einleitung	15
2	Beschreibung von Speichertechnologien	17
2.1	Grundlegende Funktion, Aufbau von Speichersystemen und deren Beschreibung	17
2.1.1	Einspeichern, Ausspeichern oder Be- und Entladen	17
2.1.2	Selbstentladung von Speichern	21
2.1.3	Beschreibung eines Speichersystems	21
2.1.4	Entwicklung einer wirtschaftlich optimierten Betriebsführung	24
2.2	Auslegung von Speichersystemen	26
2.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	32
2.3.1	Investitionskosten	32
2.3.2	Wirtschaftlichkeitsberechnungen	35
2.3.3	Wirtschaftliche Bewertung von Speichersystemen	37
2.4	Weitere Begriffe	39
2.5	Übungsaufgaben	42
2.6	Literatur	43
3	Anforderungen und Systemkomponenten von Speichersystemen	45
3.1	Anforderungen und Systemkomponenten	45
3.2	Anforderungen an Speichersysteme	49
3.3	Systemkomponenten eines Speichersystems	51
3.4	Übungsaufgaben	53
3.5	Literatur	54
4	Mechanische Speicher	55
4.1	Konversion von mechanischer Energie in elektrische Energie	55
4.2	Verwendung potenzieller Energie I – Pumpspeicherkraftwerke und alternative Konzepte	57
4.3	Verwendung von Rotationsenergie – Schwungradspeicher	63
4.4	Verwendung potenzieller Energie II – Druckluftspeicher	70

4.5 Anwendungsbeispiel – Ertüchtigung eines Pumpspeicherkraftwerks für den sekundären Energiemarkt	77
4.6 Übungsaufgaben	80
4.7 Literatur.....	81

5 Thermische Speicher 83

5.1 Grundlagen.....	84
5.2 Sensible Wärmespeicher	95
5.3 Latentwärmespeicher.....	102
5.4 Thermochemische Speicher	107
5.5 Übungsaufgaben	109
5.6 Literatur.....	110

6 Elektrische Speichersysteme 111

6.1 Leistungselektronische Komponenten und Transformatoren	111
6.2 Anforderungen.....	117
6.3 Die Spule als Stromspeicher	119
6.3.1 Anforderungen an einem Stromspeicher	123
6.3.2 Beispiel für die Realisierung eines supraleitenden magnetischen Energiespeichers	124
6.4 Der Kondensator als Spannungsspeicher	128
6.5 Doppelschichtkondensatoren	135
6.5.1 Anforderungen an Doppelschichtkondensatoren	138
6.5.2 Anwendungsbeispiel – Rekuperation eines Personenaufzugs	142
6.6 Übungsaufgaben	150
6.7 Literatur.....	151

7 Elektrochemische Speichersysteme 153

7.1 Allgemeine Betrachtungen	154
7.1.1 Elektrochemische Reaktionsgleichungen.....	154
7.1.2 Anforderungen und Auslegung.....	157
7.1.3 SOC, SOH und Alterung	162
7.1.4 Modellierung von Zellen	168
7.1.5 Systemkomponenten EMS und BMS	169
7.2 Bleibatterien.....	171
7.2.1 Haupt- und Nebenreaktionen	171
7.2.2 Anforderungen und Systemkomponenten von Bleibatteriesystemen....	172
7.2.3 Anwendungsbeispiel – Versorgung eines Mobilfunksendemasts	176

7.3	Lithium-Ionen-Batterien	182
7.3.1	Chemie von Lithium-Ionen-Batterien	182
7.3.2	Anforderungen und Systemkomponenten für den Gebrauch von Lithium-Ionen-Batterien.....	184
7.3.3	Alterung und Betriebsführung	187
7.3.4	Anwendungsbeispiel – Solarstromspeichersystem	189
7.4	Hochtemperaturbatterien.....	201
7.4.1	Hauptreaktion	201
7.4.2	Anforderungen und Systemkomponenten	203
7.4.3	Anwendungsbeispiel – Einbindung einer Natrium-Schwefel-Batterie an einen Windpark in einem Inselnetz.....	205
7.5	Redox-Flow-Batterien.....	209
7.5.1	Chemie und Hauptreaktionen.....	209
7.5.2	Anforderungen an Redox-Flow-Batterien	212
7.5.3	Anwendungsbeispiel – Einbindung einer Redox-Flow-Batterie an einen Windpark in einem Inselnetz.....	215
7.6	Übungsaufgaben	216
7.7	Literatur	217

8 Chemische Speicher **219**

8.1	Allgemeine Funktion und Anforderungen	220
8.2	Wasserstofftechnik	223
8.2.1	Speicherung von Wasserstoff	223
8.2.2	Techniken zur Wasserspaltung	227
8.2.3	Brennstoffzelle.....	232
8.2.4	Anwendungsbeispiel – Lastwagen mit Brennstoffzellenantrieb	236
8.3	Methanisierung	238
8.3.1	Grundreaktion	239
8.3.2	Anwendungsbeispiel – Windanlage und Methanisierung	239
8.4	Übungsaufgaben	242
8.5	Literatur	243

9 Lastmanagement **245**

9.1	Grundfunktionen und Anforderungen	245
9.2	Anwendungsbeispiel – Lastmanagement für einen Gewerbe- und Wohnkomplex.....	250
9.3	Übungsaufgaben	254
9.4	Literatur	254

Index **257**