

Inhalt

1	Einführung	13
1.1	Aufgaben der gesicherten Stromversorgung bzw. Notstromversorgung	14
1.2	Anwendung der Batterie in gesicherten Strom- bzw. Notstromversorgungs-Anlagen	16
1.2.1	USV-Anlagen (unterbrechungsfreie-Strom-Versorgung)	16
1.2.2	Gleichstromversorgung	17
1.2.3	Pufferbetrieb mit unterschiedlichem Lastverlauf	18
2	Aufbau und Funktion verschiedener Bleibatterie-Typen	19
2.1	Funktionsweise einer Bleibatterie	19
2.1.1	Elektrolyt	20
2.1.2	Aufbau einer Bleibatterie	21
2.2	Elektrochemische Gleichung	22
2.2.1	Chemischer „Masse“-Prozess in einer Bleibatterie	22
2.2.2	Nebenreaktion	23
2.3	Aufbau der Bleibatterie	24
2.3.1	Aufbau der Platten	24
2.3.2	Aus der Herstellung resultierende Merkmale der Batterie	25
2.3.3	Eingebrachte aktive Masse	26
2.3.4	Formatierung der Platten	26
2.3.5	Separator	26
2.3.6	Abschlussleiste an der negativen Platte	27
2.3.7	Aufbau des Zellgefäßes	29
2.3.8	Pole und Poldurchführung	29
2.4	Konstruktiver Aufbau verschiedener Batterien-Platten	31
2.4.1	Batterien mit positiver und negativer Gitterplatte	31
2.4.2	Ortsfeste Panzerplatten-Batterie	33
2.4.3	Ortsfeste OCSM-Batterie	34
2.4.4	Aufbau und Konstruktion der ortsfesten GroE-Batterie	35
2.5	Geschlossene/verschlossene Batterie	36

2.5.1	Verschlossene Batterien	37
2.5.2	Gel- und AGM-VRLA-Batterien	41
2.5.3	Geschlossene Batterien	42
2.6	Der konstruktive Aufbau einer stationären Batterie bestimmt ihre Eigenschaften	43
2.6.1	Hinweis zum Ausfall einer Batterie	44
2.7	Verschlussart von geschlossenen Batterien	45
2.7.1	Einfache Verschlussdeckel	45
2.7.2	Labyrinth-Stopfen	45
2.7.3	Keramik-Trichterstopfen	46
2.7.4	Rekombinationsstopfen	47
2.8	Gegenüberstellung geschlossene-/verschlossene Blei-Batterie	49
2.9	Auswirkung der Temperatur auf die Batterie	52
2.9.1	Alterung einer Bleibatterie in Abhängigkeit der Temperatur	52
2.9.2	Kapazität einer Bleibatterie in Abhängigkeit der Temperatur	53
2.9.3	Korrektur der Ladeerhaltungsspannung in Abhängigkeit der Temperatur	55
2.9.4	Korrektur der Elektrolytdichte in Abhängigkeit der Temperatur	56
2.9.5	Temperaturabhängiger Innenwiderstand der Batterie	57
2.9.6	Zusammenfassung zum Kapitel	58
2.10	Nickel-Cadmium-(NiCd-)Batterien	59
2.10.1	Funktionsweise der NiCd-Batterien	60
2.10.2	Ladung von NiCd-Batterien	61
2.10.3	Taschenplatten-Konstruktion	61
2.10.4	Sinterplatten-Technologie	63
2.10.5	Eigenschaften von Ni-Cd-Batterien	65
2.10.6	Vorteile und Nachteile von NiCd-Batterien	68
2.11	Lithium-Ionen-(Li-Ionen)-Batterien	69
2.11.1	Funktion und Aufbau	69
2.11.2	Eigenschaften verschiedener Li-Ionen-Batterietypen	71
2.11.3	Sicherer Umgang mit Li-Ionen-Batterien	76
2.12	Anwendungsfälle der verschiedenen Batterietypen	77
2.12.1	Kraftwerke und industrielle Anlagen	77
2.12.2	Kerntechnische Anwendungen und Erdbebensicherheit	78
2.12.3	USV-Anlagen für den Notfall-Betrieb	78
2.12.4	Photovoltaik	79
2.12.5	Einsatz unterschiedlicher elektrochemischer Energiespeicher	80

3	Laden von Batterien	81
3.1	Batterieladung	81
3.1.1	Erstbefüllung	81
3.1.2	Batterie-Ladeverfahren	82
3.1.2.1	<i>I</i> -Kennlinie (Konstantstrom-Ladung nach DIN 41776)	83
3.1.2.2	<i>U</i> -Kennlinie (Konstantspannungs-Ladung)	83
3.1.2.3	<i>IU</i> -Kennlinie (nach DIN 41773)	83
3.1.2.4	<i>W</i> -Kennlinie (Widerstands-Kennlinie nach DIN 41774)	84
3.1.2.5	Delta- <i>U</i> -Ladung	85
3.1.2.6	Impulsstrom-Ladung/Reflex-Ladung	85
3.1.2.7	Überlagerte Wechselfrequenz	85
3.1.2.8	Qualitativer Ladungsverlauf in Abhängigkeit der Entladungstiefe	86
3.1.3	Selbstentladung von Batterien	87
3.1.4	Bestimmung des Ladezustandes einer Batterie durch Messen der Leerlauf-Klemmenspannung	87
3.2	Batterie Management System BMS und Balancen	88
4	Anforderungen an Batterieräume	94
4.1	Belüftung von Batterieräumen	94
4.1.1	Belüftung von Batterieräumen nach DIN EN 50272-2 (VDE 0510-2)	94
4.1.2	Berechnung der erforderlichen Belüftung	96
4.1.3	Nahbereich der Batterie nach DIN EN 50272-2 (VDE 0510-2) Anhang B	99
4.2	Aufstellung von Batterien	103
4.2.1	Aufstellung und Belüftung einer verschlossenen Batterie bei Schränkebau	106
4.2.2	Erdbebensicherheit	109
4.3	Bodenbeschaffenheit und elektrische Anforderungen an elektrische Betriebs-/Batterieräume	112
4.3.1	Bodenbeständigkeit	112
4.3.2	Bodenleitfähigkeit	112
4.3.3	Sicherheitsschuhe, Handschuhe und Kleidung	112
4.3.4	Isolationswiderstand zu Spannung führenden Teilen	112
4.3.5	Erdung	113
4.3.6	Berührungsschutz	113
4.3.7	Kennzeichnung elektrischer Betriebsräume/Batterieräume	113
4.3.8	CE-Konformitätsbescheinigung	114
4.3.9	Weitere Hinweise	114
4.4	Vorschriften und Normen	115

5	Sichererer Umgang mit Batterien	116
5.1	Gesundheitsrisiko	116
5.1.1	Gefährdung durch Blei- bzw. NiCd-Batterien	119
5.2	Inverkehrbringen und Entsorgen von Blei-/NiCd-Batterien (BattG)	122
6	Lebenszykluskosten (Life-Cycle-Cost)	123
7	Alternativen zur stationären Batterie	128
7.1	Brennstoffzellen	128
7.2	Supercaps	129
7.3	Schwungradgeneratoren	130
7.4	Diesel-Generatoren	130
7.5	NiMH-Batterien	130
7.6	Natrium-Schwefel-Batterien	131
7.7	Zusammenfassung zum Kapitel	131
8	Für jede Anwendung die richtige Batterie	133
8.1	Beispiel Photovoltaik-Anlage	134
8.1.1	Veranschaulichendes Funktionsprinzip	134
8.1.2	Aufbau einer Photovoltaik-Anlage	135
8.1.3	Anforderungen an Batterien für Photovoltaik-Anlagen	138
8.1.4	Zyklenbelastung einer PV-Batterie	139
8.1.4.1	Blei-Batterien	140
8.1.4.2	Li-Ionen-Batterien	141
8.1.4.3	NiCd-Batterien	141
8.1.5	Wichtige Punkte bei der Auslegung einer „Solar“-Batterie	142
8.1.6	Photovoltaik-Speicher im Privathaushalt	143
8.2	Beispiel IT-Anwendung	146
8.3	Beispiel Telekommunikations-Anwendung	147
8.4	Beispiel Anwendung mit hohen Sicherheitsanforderungen	147
9	Aufbau der gesicherten Stromversorgung	149
9.1	Festlegung der Überbrückungszeit	152
9.2	Ermittlung des Energiebedarfs	153
9.3	Verschaltung der Batterie	156
9.3.1	Leitungsdimensionierung und Absicherung der Batterie	159
9.3.2	Zulässige Strombelastbarkeit für Kabel und Leitungen	164
9.4	Batterie-Anschlusskabel	166
9.5	Batterie-Ladekreislüberwachung	166

10	Auslegung der Batterie-Anlage	168
10.1	Auslegung der Pufferbatterie einer USV-Anlage	168
10.1.1	Berechnung der Anzahl der benötigten Batteriezellen	169
10.1.2	Berechnung der am Gleichrichter einzustellenden Oberspannungsgrenze (Ladeerhaltungsspannung)	170
10.1.3	Am Wechselrichter einzustellende Unterspannungsgrenze (Entladeschlussspannung)	170
10.1.4	Dimensionierung der USV-Batterie	170
10.2	Aufbau der gesicherten Gleichstromversorgung mit begrenzter Stromaufnahme	172
10.2.1	Betriebszustände einer gesicherten Niederspannungs- Gleichstromversorgungsanlage (dynam. Stromaufnahme)	174
10.2.1.1	Batterie-Ladungserhaltungs-Betrieb	174
10.2.1.2	Batterieentladebetrieb	176
10.2.1.3	Kurzschluss-Fall im 24 V-Gleichstromversorgungs-Netz	178
10.2.2	DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) Elektrische Ausrüstung von Maschinen	181
10.2.3	Betrachtung der Verbraucherspannung im Kurzschluss-Fall	182
10.3	Auslegung der Batterie einer gesicherten 220 V-Gleichstrom- versorgung mit dynamischer Stromaufnahme	185
10.3.1	Entladekurve der Batterie („Spannungssack“)	186
10.3.2	Berechnung in Anlehnung an die Methode der KTA 3703	187
10.3.3	Auslegung der Batterie bei dynamischem Lastprofil	190
10.4	Auslegung des Energiespeichers einer PV-Anlage zur vollständigen Deckung des Bedarfs eines Einfamilienhauses	196
11	Schadensbilder einer Batterie	199
11.1	Säureschichtung	199
11.2	Sulfatierung	200
11.2.1	Lagern einer geladenen Batterie	202
11.2.2	Ausgleichladung oder „Aufwecken einer Batterie“	202
11.3	Batterie-Tiefentladung	203
11.3.1	Wiederherstellung einer tiefentladenen Batterie	204
11.4	Korrosion	204
11.5	Abschieferung	205
11.6	Plattenwachstum/Plattenkrümmung	206
11.7	Poldurchführung	208
11.8	Abschlämmung	211
11.9	Wasserverlust	212
11.10	Defekte Rekombinationsstopfen	213

11.11	Dendritenbildung	214
11.12	Untersuchungen an gealterten Batteriezellen aus einem Kraftwerk	215
11.13	Thermal Runaway VRLA-Batterie	226
11.14	Brandgefahr	228
11.14.1	Das Batteriezelle-Gefäß	228
11.14.2	Löschen von Batteriebränden, Löschen im elektrischen Betriebsraum	230
11.15	Batterie Brand- und Löschversuch	233
11.16	Informationsblatt für die Feuerwehr	241
12	Wartung von Batterien	244
12.1	Batterie Prüfprotokoll	244
12.2	Wartung von Bleibatterien	249
12.2.1	Allgemeine Prüfung	250
12.2.2	Äußere Sichtprüfung der Batterien	251
12.2.3	Innere Sichtprüfung der Batterie	251
12.2.4	Elektrische Überprüfung der Batterie	253
12.2.5	Elektrolytstand	255
12.2.6	Säuredichte	255
12.2.7	Raumtemperatur	257
12.2.8	Anzeichen für beginnende Schäden	257
12.3	Batteriekapazitätstest	259
12.3.1	Vorbereitung zum Kapazitätstest	261
12.3.2	Nach dem Kapazitätstest	261
12.3.3	Methoden zur Durchführung des Kapazitätstest	261
12.3.4	Prüfgeräte mit Messwertspeicher	266
12.4	Austausch einzelner Batteriezellen in einem Batterie-Verbund	267
13	Batteriespeicher zur Netzstabilisierung und effizienter Nutzung regenerativer Energien	268
13.1	Projektbericht Multi-Megawatt-Speicher	270
14	Schlussbetrachtung	281
Anhang		
	Erläuterung verschiedener Begriffe	283
	Quellenverzeichnis	287