

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>13</b>
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)	17
1.2.2	Gleichstromversorgung	17
1.2.3	Pufferbetrieb mit unterschiedlichem Lastverlauf	19
<b>2</b>	<b>Aufbau und Funktion verschiedener Batterietypen</b>	<b>20</b>
2.1	Blei-Batterien	20
2.1.1	Wirkungsweise einer Blei-Batterie	20
2.1.2	Aufbau einer Blei-Batterie	23
2.1.3	Geschlossene Batterien	25
2.1.3.1	Einfacher Verschlussdeckel	25
2.1.3.2	Labyrinth-Stopfen	25
2.1.3.3	Keramik-Trichterstopfen	26
2.1.3.4	Rekombinationsstopfen	28
2.1.4	Verschlossene Batterien	30
2.1.4.1	Rekombination	30
2.1.4.2	Überdruck-Entlastung	31
2.1.4.3	Eigenschaften und Typen von verschlossenen Batterien	32
2.1.5	Allgemeine Merkmale der Batterie	34
2.1.6	Hinweise zum Ausfall einer Batterie	35
2.1.7	Konstruktiver Aufbau verschiedener Blei-Batterien	36
2.1.7.1	Batterien mit positiver und negativer Gitterplatte (OGI)	36
2.1.7.2	Ortsfeste Großeroberflächenplatten-Batterien (GroE)	37
2.1.7.3	Ortsfeste Panzerplatten-Batterien (OPzS)	39
2.1.7.4	Ortsfeste Röhrchenplatten-Batterien (OCSM)	39
2.1.8	Aus der Herstellung resultierende Merkmale der Batterie	42
2.1.8.1	Separatoren	42
2.1.8.2	Abschlussleiste an negativer Platte	43

2.1.8.3	Eigenschaften aufgrund des Herstellungsverfahrens	44
2.2	Nickel-Cadmium-(NiCd)-Batterien	48
2.2.1	Taschenplatten-Konstruktion	48
2.2.2	Sinterplatten-Technologie	50
2.2.3	Funktionsweise der NiCd-Batterien	52
2.2.4	Ladung von NiCd-Batterien	53
2.2.5	Eigenschaften von NiCd-Batterien	54
2.3	Lithium-Ionen-(Li-Ion)-Batterien	55
2.3.1	Funktion und Aufbau	55
2.3.2	Eigenschaften verschiedener Li-Ion-Batterietypen	57
2.3.3	Ladung, Entladung, Lagerung	58
2.3.4	Sicherer Umgang mit Li-Ion-Batterien	62
2.4	Anwendungsfälle verschiedener Batterietypen	63
2.4.1	Kraftwerke und industrielle Anlagen	63
2.4.2	Kerntechnische Anwendungen und Erdbebensicherheit	64
2.4.3	USV-Anlagen für den Notfallbetrieb	64
2.4.4	Photovoltaik	65
2.4.5	Einsatz unterschiedlicher elektrochemischer Energiespeicher	66
<b>3</b>	<b>Temperatur und Ladung</b>	<b>67</b>
3.1	Auswirkungen der Umgebungstemperatur auf die Batterie	67
3.2	Temperaturabhängiger Innenwiderstand	71
3.3	Batterieladung	73
3.3.1	Erstbefüllung	73
3.3.2	Batterie-Ladeverfahren	75
3.3.2.1	<i>I</i> -Kennlinie (Konstantstrom-Ladung nach DIN 41776)	75
3.3.2.2	<i>U</i> -Kennlinie (Konstantspannungs-Ladung)	75
3.3.2.3	<i>IU</i> -Kennlinie (nach DIN 41773)	76
3.3.2.4	<i>W</i> -Kennlinie (Widerstands-Kennlinie nach DIN 41774)	77
3.3.2.5	Delta- <i>U</i> -Ladung	78
3.3.2.6	Impulstrom-Ladung/Reflex-Ladung	78
3.3.2.7	Überlagerte Wechselspannung	78
3.3.2.8	Qualitativer Ladungsverlauf in Abhängigkeit der Entladetiefe	79
3.3.3	Selbstentladung von Batterien	80
3.3.4	Bestimmung des Ladezustandes einer Batterie	

3.3.5	durch Messen der Leerlauf-Klemmenspannung Säure-Schichtung	81 82
<b>4</b>	<b>Anforderungen an Batterieräume</b>	<b>83</b>
4.1	Belüftung von Batterieräumen	84
4.1.1	Belüftung von Batterieräumen nach DIN EN 50272-2 (VDE 0510-2)	84
4.1.2	Berechnung der erforderlichen Belüftung	86
4.1.3	Nahbereich der Batterie nach DIN EN 50272-2 (VDE 0510-2) Anhang B	89
4.2	Aufstellung von Batterien	95
4.2.1	Aufstellung und Belüftung einer verschlossenen Batterie bei Schrankeinbau	98
4.2.2	Erdbebensicherheit	102
4.3	Bodenbeschaffenheit und elektrische Anforderungen an elektrische Betriebs-/Batterieräume	106
4.3.1	Bodenbeständigkeit	106
4.3.2	Bodenleitfähigkeit	106
4.3.3	Sicherheitsschuhe, Handschuhe und Kleidung	106
4.3.4	Isolationswiderstand zu Spannung führenden Teilen	107
4.3.5	Erdung	107
4.3.6	Berührungsschutz	107
4.3.7	Kennzeichnung elektrischer Betriebsräume/Batterieräume	107
4.3.8	CE-Konformitätsbescheinigung	108
4.3.9	Weitere Hinweise	109
4.4	Vorschriften und Normen	110
<b>5</b>	<b>Sicherer Umgang mit Batterien</b>	<b>112</b>
5.1	Gesundheitsrisiko	112
5.1.1	Gefährdung durch Blei- bzw. NiCd-Batterien	115
5.2	Inverkehrbringen und Entsorgen von Blei-/NiCd-Batterien (BattG)	119
<b>6</b>	<b>Lebenszykluskosten (Life-Cycle-Cost)</b>	<b>121</b>

<b>7</b>	<b>Alternativen zur stationären Batterie</b>	<b>127</b>
7.1	Brennstoffzellen	127
7.2	Supercaps	128
7.3	Schwungradgeneratoren	129
7.4	Diesel-Generatoren	129
7.5	NiMH-Batterien	130
7.6	Natrium-Schwefel-Batterien	130
7.7	Zusammenfassung zum Kapitel	131
<b>8</b>	<b>Für jede Anwendung die richtige Batterie</b>	<b>133</b>
8.1	Beispiel Photovoltaik-Anlage	134
8.1.1	Veranschaulichendes Funktionsprinzip	134
8.1.2	Aufbau einer Photovoltaik-Anlage	136
8.1.3	Anforderungen an Batterien für Photovoltaik-Anlagen	139
8.1.4	Zyklenbelastung einer PV-Batterie	140
8.1.4.1	Blei-Batterien	142
8.1.4.2	Li-Ion-Batterien	142
8.1.4.3	NiCd-Batterien	143
8.1.5	Wichtige Punkte bei der Auslegung einer „Solar“-Batterie	144
8.2	Beispiel IT-Anwendung	146
8.3	Beispiel Telekommunikations-Anwendung	146
8.4	Beispiel Anwendung mit hohen Sicherheitsanforderungen	147
<b>9</b>	<b>Aufbau der gesicherten Stromversorgung</b>	<b>148</b>
9.1	Festlegung der Überbrückungszeit	152
9.2	Ermittlung des Energiebedarfs	153
9.3	Verschaltung der Batterie	157
9.3.1	Leitungsdimensionierung und Absicherung der Batterie	161
9.3.2	Zulässige Strombelastbarkeit für Kabel und Leitungen	166
9.4	Batterie-Anschlusskabel	168
9.5	Batterie-Mittelanzapfung	169
<b>10</b>	<b>Auslegung der Batterie-Anlage</b>	<b>170</b>
10.1	Auslegung der Pufferbatterie einer USV-Anlage	170
10.1.1	Berechnung der Anzahl der benötigten Batteriezellen	171

10.1.2	Berechnung der am Gleichrichter einzustellenden Oberspannungsgrenze (Ladeerhaltungsspannung)	172
10.1.3	Am Wechselrichter einzustellende Unterspannungsgrenze (Entladeschlussspannung)	172
10.1.4	Dimensionierung der USV-Batterie	172
10.2	Aufbau der gesicherten Gleichstromversorgung mit begrenzter Stromaufnahme	175
10.2.1	Betriebszustände einer gesicherten Niederspannungs-Gleichstromversorgungsanlage (dynam. Stromaufnahme)	177
10.2.1.1	Batterie-Ladeerhaltungs-Betrieb	177
10.2.1.2	Batterie-Entladebetrieb	179
10.2.1.3	Kurzschluss-Fall im 24 V-Gleichstromversorgungs-Netz	183
10.2.2	DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) Elektrische Ausrüstung von Maschinen	187
10.2.3	Betrachtung der Verbraucherspannung im Kurzschluss-Fall	188
10.3	Auslegung der Batterie einer gesicherten 220 V-Gleichstromversorgung mit dynamischer Stromaufnahme	192
10.3.1	Entladekurve der Batterie („Spannungssack“)	193
10.3.2	Berechnung in Anlehnung an die Methode der KTA 3703	194
10.3.3	Auslegung der Batterie bei dynamischem Lastprofil	198
10.4	Auslegung des Energiespeichers einer PV-Anlage zur vollständigen Deckung des Bedarfs eines Einfamilienhauses	204
<b>11</b>	<b>Schadensbilder einer Batterie</b>	<b>207</b>
11.1	Sulfatierung	207
11.1.1	Lagern einer geladenen Batterie	208
11.1.2	Ausgleichsladung oder „Aufwecken einer Batterie“	208
11.2	Batterie-Tiefentladung	209
11.2.1	Wiederherstellung einer tiefentladenen Batterie	210
11.3	Korrosion	211
11.4	Plattenkrümmung/Plattenwachstum	212
11.5	Plattenwachstum	213

11.6	Poldurchführung	214
11.7	Abschlämung	219
11.8	Dendritenbildung	220
11.9	Brandgefahr	221
11.10	Brandbekämpfung in Batterieräumen	223
<b>12</b>	<b>Wartung von Batterien</b>	<b>227</b>
12.1	Sichtprüfung	227
12.1.1	Äußere Sichtprüfung	228
12.1.2	Sichtprüfung des Inneren der Batterie	228
12.2	Spannungsmessung	229
12.2.1	Batterieladekreisüberwachung	229
12.2.2	Ruhespannung der Batterie	229
12.3	Raumtemperatur	231
12.4	Wasserstand	231
12.5	Säuredichte	231
12.6	Batteriekapazität	234
12.6.1	Vorbereitende Maßnahmen	234
12.6.2	Testarten	234
12.6.3	Vorgehensweise beim „manuellen“ Batteriekapazitätstest	237
12.6.4	Dokumentation	238
12.6.5	Prüfgeräte mit Messwertspeicher	239
<b>13</b>	<b>Schlussbetrachtung</b>	<b>241</b>
<b>14</b>	<b>Erläuterung verschiedener Begriffe</b>	<b>243</b>
<b>15</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>248</b>