

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>17</b>
1.1 Historischer Rückblick auf die Entwicklung der Elektrizität und des VDE.....	17
1.2 Neue Herausforderungen für das Elektrohandwerk .....	18
<b>2 Grundlagen .....</b>	<b>23</b>
2.1 Anwendung von Speichern .....	23
2.1.1 Heimanwendung .....	23
2.1.2 Gewerbliche und industrielle Anwendung .....	24
2.1.2.1 Ersatzstromversorgungsanlagen .....	24
2.1.2.2 Elektrische Anlagen für Sicherheitszwecke .....	25
2.1.3 Sektorkopplung .....	25
2.2 Begriffe aus der Energietechnik .....	28
2.2.1 Grundlast, Mittellast, Spitzenlast .....	28
2.2.1.1 Grundlast .....	28
2.2.1.2 Mittellast.....	28
2.2.1.3 Spitzenlast .....	29
2.2.2 Fluktuierende Einspeiser .....	30
2.2.3 Wirkungsgrad und Nutzungsgrad .....	30
2.2.4 Ausnutzungsdauer und Benutzungsdauer .....	31
2.2.5 Belastungsgrad.....	33
2.3 Autarkie und Eigenverbrauch .....	34
2.4 Begriffe: Elektrische Anlagen und Betriebsmittel .....	36
2.4.1 Spannungsebenen .....	36
2.4.1.1 Hochspannung .....	36
2.4.1.2 Niederspannung .....	37
2.5 Allgemeine Begriffe.....	38
2.5.1 Die elektrische Anlage .....	38
2.5.1.1 Kundenanlage .....	38
2.5.1.2 Hauptstromversorgungssystem .....	39
2.5.1.3 Anschlussnutzeranlage .....	39
2.5.1.4 Netzanschlusspunkt .....	39
2.5.1.5 Netzverknüpfungspunkt .....	39

2.5.1.6	Anlagenbetreiber .....	40
2.5.1.7	Kundenanlage .....	42
2.6	Begriffe: Technische Bestimmungen .....	42
2.6.1	Das VDE-Vorschriftenwerk .....	42
2.6.1.1	VDE-Bestimmungen .....	42
2.6.1.2	Normenentwurf .....	43
2.6.1.3	Vornorm .....	43
2.6.1.4	VDE-Leitlinie .....	44
2.6.1.5	Anwenderregeln .....	44
2.6.1.6	Beiblätter des VDE-Vorschriftenwerks .....	44
2.6.1.7	Verlautbarungen .....	45
2.6.2	Normenausdrücke und Inhalte .....	45
2.6.2.1	Informative und normative Inhalte .....	45
2.6.2.2	Nationale und internationale Zusätze .....	46
2.6.2.3	Verbformen .....	46
2.6.3	Normative Einstufung von Speichern im VDE-Vorschriftenwerk .....	48
2.7	Kompakte Speicher für Heimanwendungen .....	48
2.8	Errichten und Herstellen .....	50
2.8.1	Inverkehrbringung und Herstellung .....	50
2.8.2	Errichtung elektrischer Anlagen .....	52
2.8.2.1	Änderung/Erweiterung im Sinne der DIN VDE 0100-Reihe .....	53
2.8.2.2	Änderung/Erweiterung nach den Anforderungen des Netzbetreibers .....	54
<b>3</b>	<b>Risiko, Sicherheit und Gefährdung .....</b>	<b>57</b>
3.1	Die Risikobeurteilung .....	57
3.1.1	Schritt 1: Die Risikoanalyse .....	59
3.1.2	Schritt 2: Die Risikobewertung .....	59
3.1.3	Schritt 3: Restrisiko und Risikominderung .....	60
3.2	TOP-Prinzip .....	61
3.3	Transport von Speichern .....	63
3.3.1	Transport von Bleibatterien (Blei- und Ni/Cd-Industrie-Akkumulatoren) .....	64
3.3.2	Transport von Lithium-Batterien .....	64
3.4	Gefährdungen ausgehend von Speichern .....	65

<b>4 Elektrische Energiespeichersysteme (EES-Systeme) .....</b>	<b>69</b>
4.1 Begriffe, Terminologie und Klassifizierung .....	69
4.2 Die Anwendungsklassen.....	69
4.2.1 Klasse A .....	70
4.2.2 Klasse B.....	70
4.2.3 Klasse C .....	71
4.3 Architektur von EES-Systemen (Steuerungssysteme) .....	72
4.4 Akkumulationsteilsystem .....	73
4.4.1 Batteriesystem .....	73
4.4.2 Batteriemanagementsystem .....	74
4.5 Teilsystem für Leistungsumrichter .....	75
4.5.1 Netzgekoppelte Wechselrichter .....	76
4.5.2 Inselwechselrichter .....	77
4.5.3 Wechselrichter mit mehreren Betriebsarten .....	77
4.6 Primäres Teilsystem .....	77
4.6.1 Synchronisationseinrichtung .....	77
4.6.2 Netzanschlusspunkt (POC ).....	78
4.7 Steuerungsteilsystem .....	78
4.7.1 Kommunikationsteilsystem .....	79
4.7.2 Schutzteilsystem .....	79
4.8 Hilfsteilsystem .....	79
4.9 Standardprüf- und Bezugsumgebungsbedingungen von EES-Systemen.....	79
4.10 Einheitsparameter.....	80
4.10.1 Eingangs- und Ausgangsbemessungsleistung .....	81
4.10.2 Bemessungswirk- und -blindleistung .....	81
4.10.3 Energiekapazität .....	82
4.10.4 Leistungsaufnahme der Hilfseinrichtung .....	82
4.10.5 Selbstentladung .....	82
4.10.6 Systemwirkungsgrad .....	83
4.10.7 Lebensdauer (Jahre, Betriebszyklen) .....	84
<b>5 Batterien und Zellen .....</b>	<b>85</b>
5.1 Galvanische Elemente .....	85
5.2 Ersatzschaltbild von Batterien und Zellen.....	85
5.3 Arten von Sekundärzellen .....	88

5.3.1	Geschlossene Sekundärzellen .....	88
5.3.2	Verschlossene Sekundärzellen .....	88
5.3.3	Gasdichte Sekundärzellen .....	88
<b>6</b>	<b>Netzverbindungen und -formen.....</b>	<b>89</b>
6.1	Netzverbindungen .....	89
6.1.1	Netze mit synchroner Verbindung .....	89
6.1.2	Netze ohne synchrone Verbindung.....	90
6.2	Kopplung von Speichern (DC, AC, netzgekoppelt, Inselbetrieb) .....	91
6.2.1	Systeme mit AC-Kopplung.....	92
6.2.2	AC- und DC-gekoppelte Systeme ohne synchrone Verbindung .....	93
6.2.3	Systeme mit DC-Kopplung .....	93
6.3	Die Netzformen .....	94
6.3.1	Das TN-System .....	95
6.3.1.1	Das TN-C-System .....	96
6.3.1.2	Das TN-C-S-System .....	97
6.3.1.3	Das TN-S-System .....	98
6.3.2	Das TT-System .....	98
6.3.3	TN- und TT-Systeme mit Mehrfacheinspeisung .....	98
6.3.4	Das IT-System .....	99
<b>7</b>	<b>Schutzmaßnahmen .....</b>	<b>101</b>
7.1	Schutz gegen elektrischen Schlag.....	101
7.1.1	Der Basisschutz .....	102
7.1.2	Schutz durch Isolierung aktiver Teile .....	103
7.1.3	Hindernisse und Anordnung außerhalb des Handbereichs .....	104
7.1.3.1	Hindernisse .....	105
7.1.3.2	Anordnung außerhalb des Handbereichs .....	105
7.2	Der Fehlerschutz in Batterieanlagen .....	105
7.2.1	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung .....	106
7.2.2	Automatische Abschaltung im TN-DC-System .....	107
7.2.2.1	TN-C-DC-System .....	108

7.2.2.2	TN-S-DC-System .....	109
7.2.2.3	TT-DC-System .....	110
7.2.2.4	IT-DC-System .....	110
7.2.3	Schutz durch doppelte oder verstärkte Isolierung .....	111
7.2.4	Schutz durch Trennung .....	111
7.2.5	Schutz durch Kleinspannung .....	113
7.2.6	Schutzbereichsausgleich .....	114
7.3	Fehlerschutz von Speichern am Niederspannungsnetz .....	114
7.3.1	Verbraucherpfade und Speicher im Netzparallelbetrieb .....	115
7.3.2	Automatische Abschaltung mit Überstrom-Schutzeinrichtungen .....	117
7.3.3	Automatische Abschaltung mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen .....	117
7.3.4	Verbraucherpfade und Speicher im Inselbetrieb .....	118
7.3.5	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in Verbraucherpfaden .....	118
7.3.6	Ersatzmaßnahme nach DIN VDE 0100-410 Anhang D .....	119
8	Netzformen und Erdungsverhältnisse bei Speichern .....	121
8.1	Speicher ohne Sternpunkt nachbildung .....	121
8.2	Speicher mit Sternpunkt .....	124
8.2.1	Sternpunkt nachbildung aus Sicht der funktionalen Sicherheit .....	128
8.3	Fundamenteerde .....	132
8.4	Systemabbilder .....	134
8.4.1	TT-System als TN-S-System im Inselbetrieb .....	134
8.4.2	Inselbetrieb im TN-System mit DC-gekoppelter Erzeugungsanlage und Speicher .....	135
8.4.3	TN-System mit Separierung notstromberechtigter Verbrauchsgeräte .....	136
8.4.4	Einphasige Speicher im Ersatz-TN-System .....	137
8.4.4.1	Ausführung des Phasenkupplers .....	139
8.4.4.2	Ausführung des Phasenkopplers .....	140
8.4.4.3	Redundanz bei Versagen eines Schaltgeräts .....	141
8.4.5	Zusammenfassung .....	141

<b>9 Schutz bei Überstrom und Überspannung .....</b>	<b>143</b>
9.1 Schutz bei Überstrom .....	143
9.2 Schutz bei Überstrom im Netzparallelbetrieb .....	143
9.3 Schutz bei Überstrom im Inselbetrieb.....	144
9.4 Selektivität im Inselbetrieb .....	145
9.5 Schutz bei Überspannung .....	146
9.6 Überspannungsschutzgeräte .....	147
9.6.1 Überspannungsschutzgeräte Typ 1 .....	148
9.6.2 Überspannungsschutzgeräte Typ 2 .....	148
9.6.3 Überspannungsschutzgeräte Typ 3 .....	148
9.7 Auswahl nach der Überspannungskategorie .....	148
9.7.1 Anschlusschema 2 .....	150
9.8 Auswahl und Anschluss nach Art der Netzform .....	151
9.9 Auswahl entsprechend der höchsten Dauerspannung .....	152
9.10 Auswahl des Überspannungsschutzes im Hauptstrom- versorgungssystem .....	152
9.10.1 Freileitungseinspeisungen .....	154
9.11 Überspannungsschutz von Speichern und Erzeugungs- anlagen .....	154
9.11.1 PV-Anlagen mit Speicher ohne Blitzschutzanlage .....	156
9.11.2 PV-Anlagen mit Speicher mit Blitzschutzanlage und eingehaltenem Trennungsabstand .....	157
9.11.3 PV-Anlagen mit Speicher mit Blitzschutzanlage ohne Einhaltung des Trennungsabstands .....	157
<b>10 Einspeisung in Endstromkreise .....</b>	<b>159</b>
10.1 Einspeisung in Anschlussnutzeranlagen .....	159
10.2 Schutzmaßnahmen nach DIN VDE 0100 .....	160
10.3 Schutz gegen elektrischen Schlag .....	161
10.4 Schutzkontaktstecker und Steckdose.....	161
10.5 Die Anschlussnutzeranlage .....	162
10.6 Schutz vor Überströmen und thermischen Auswirkungen ....	163
10.7 Anforderungen nach DIN VDE V 0100-551-1 .....	164
10.8 Anmeldeverfahren .....	168
10.9 Sonderform: Rückspeisefähige Ladepunkte für Elektro- fahrzeuge .....	169
10.10 Zusammenfassung .....	170

---

<b>11 Aufstellung von Speichern .....</b>	<b>173</b>
11.1 Container, Schränke .....	173
11.2 Batterieräume .....	178
11.3 Temperaturen .....	178
11.4 Auswahl und Anordnung von Leuchten .....	178
11.5 Aufstellung von Batterien .....	179
11.6 Ausführung von Fenstern und Türen .....	179
11.7 Maßnahmen im Notfall .....	179
11.8 Ausführung von Wänden und Fußböden .....	180
11.9 Kennzeichnungen .....	181
11.9.1 Räume, Schränke und Container .....	181
11.9.2 Kennzeichnung an Gebäuden .....	183
11.10 Lüftung von Batterieräumen .....	183
11.10.1 Luftdurchflussmenge .....	184
11.10.2 Berechnung des erforderlichen Sicherheits- abstands .....	186
<b>12 Anforderungen an den Netzanschluss .....</b>	<b>189</b>
12.1 Netzanschluss von Speichern .....	189
12.1.1 Anpassungspflicht und wesentliche Änderung .....	189
12.1.2 Anmeldung und Zustimmung von Speichern am Niederspannungsnetz .....	190
12.1.3 Das Anlagenzertifikat .....	193
12.1.3.1 Speicher < 135 kW .....	194
12.1.3.2 Speicher ab 135 kW bis 36 MW .....	194
12.1.4 Anmeldepflicht von Inselanlagen .....	195
12.2 Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz) .....	196
12.2.1 Zentraler NA-Schutz .....	199
12.3 Energieflussrichtungssensor .....	200
12.4 Anschluss und symmetrischer Betrieb .....	201
12.5 Netzanschluss und Umschalteinrichtungen .....	202
12.6 Zählerverteilungen mit Speicher .....	203
12.6.1 Belastungs- und Bestückungsvarianten .....	203
12.6.2 Anschlussraum .....	204
12.7 Netzrückwirkungen und Flicker .....	204

12.7.1 Spannungsänderungen .....	205
12.7.2 Oberschwingungen und Flicker .....	205
12.8 Netz Sicherheitsmanagement .....	206
12.8.1 Umsetzung des Netz Sicherheitsmanagements .....	207
12.8.2 Redispatch .....	207
12.8.3 Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz .....	208
<b>13 Prüfung, Wartung und Instandhaltung von Speichern.....</b>	<b>209</b>
13.1 Erstprüfung gemäß DIN VDE 0100-600 .....	209
13.2 Dokumentation .....	210
13.3 Besichtigen .....	211
13.4 Erproben .....	213
13.5 Messen .....	213
13.5.1 Isolationswiderstand .....	214
13.6 Nachweis der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme im IT-Inselbetrieb .....	214
13.7 Nachweis der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme im TN-Inselbetrieb .....	214
13.8 Arbeitsschutz in Batterieräumen .....	215
13.8.1 Werkzeuge und Kleidung .....	216
<b>Anhang .....</b>	<b>219</b>
Anhang 1 Begriffe .....	219
1.1 Hersteller und Errichter .....	219
1.2 Begriffe nach VDE-AR-N 4100 und VDE-AR-N 4105 .....	219
1.3 Begriffe nach VDE-AR-E 2510-2 .....	221
Anhang 2 Checkliste Speicher am Niederspannungsnetz.....	222
2.1 Anwendungsbereich.....	222
2.2 Betriebs- und Kopplungsarten .....	223
2.3 Kopplungsarten .....	223
Anhang 3 Anmeldungs- und Zustimmungsverfahren Verfahren nach VDE-AR-N 4100 und VDE-AR-N 4105 .....	224
3.1 Verhältnisse zwischen Anschlussnehmer und Netzbetreiber....	224
3.2 Dokumente .....	224

---

3.3 Zertifizierungsverfahren.....	225
3.4 Unterlagen und Dokumente für Speicher in der Kundenanlage .....	225
Anhang 4 Anschluss von Speichern am Niederspannungsnetz .....	225
4.1 Zählerplätze mit Speicher .....	225
4.2 Energieflussrichtungssensor (EnFluRi-Sensor) .....	226
4.3 Netzrückwirkungen .....	226
4.4 Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz) .....	226
4.5 Symmetrischer Anschluss .....	226
Anhang 5 Aufstellung von Speichern .....	226
5.1 Zulässige Aufstellorte .....	226
5.2 Allgemeine Aufstellbedingungen .....	227
5.3 Umgebungsbedingungen .....	227
5.4 Batterieräume .....	227
Anhang 6 Kennzeichnungen .....	228
6.1 Kennzeichnung von Speichern.....	228
6.2 Warnhinweise und Raumbeschilderung .....	228
6.2.1 Warnzeichen .....	229
6.2.2 Gebotszeichen .....	229
6.2.3 Verbotszeichen .....	229
6.2.4 Rettungszeichen .....	229
Anhang 7 Quellenverzeichnis .....	230
7.1 Gesetze, Verordnungen und Richtlinien .....	230
7.2 Normen und Regelwerke .....	230
7.3 Literatur .....	234
Stichwortverzeichnis.....	235