

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	17
1.1	Historischer Rückblick auf die Entwicklung der Elektrizität und des VDE.....	17
1.2	Neue Herausforderungen für das Elektrohandwerk	18
2	Grundlagen	23
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
3	Risiko, Sicherheit und Gefährdung	57
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

4	Elektrische Energiespeichersysteme (EES-Systeme)	69
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
5	Batterien und Zellen	85
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
6	Netzverbindungen und -formen.....	89
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
7	Schutzmaßnahmen	101
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	Schutzpotentialausgleich	114
7.3	Fehlerschutz von Speichern am Niederspannungsnetz	114
7.3.1	Verbraucherpfade und Speicher im Netzparallel- betrieb	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 Verbraucher- pfaden	118
7.3.6	Ersatzmaßnahme nach DIN VDE 0100-410 Anhang D	119
8	Netzformen und Erdungsverhältnisse bei Speichern	121
8.1	Speicher ohne Sternpunktnachbildung	121
8.2	Speicher mit Sternpunkt.....	124
8.2.1	Sternpunktnachbildung aus Sicht der funktionalen Sicherheit	128
8.3	Fundamentender	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

9	Schutz bei Überstrom und Überspannung	143
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	Anschlussschema 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
10	Einspeisung in Endstromkreise	159
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

11	Aufstellung von Speichern	173
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
12	Anforderungen an den Netzanschluss	189
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 Umschaltteinrichtungen	202
12.6	Zählerverteilungen mit Speicher	203
12.6.1	Belastungs- und Bestückungsvarianten	203
12.6.2	Anschlussraum	204
12.7	Netzurückwirkungen und Flicker	204

12.7.1	Spannungsänderungen	205
12.7.2	Oberschwingungen und Flicker	205
12.8	Netzsicherheitsmanagement	206
12.8.1	Umsetzung des Netzsicherheitsmanagements	207
12.8.2	Redispatch	207
12.8.3	Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unter- frequenz	208
13	Prüfung, Wartung und Instandhaltung von Speichern.....	209
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
Anhang		219
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	Netzurückwirkungen	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