

Inhaltsverzeichnis

1	Anforderungen der Netzbetreiber	17
1.1	Was ist was? – Begriffe.....	20
1.2	Definition „wesentliche Änderung“ und Anpassungspflicht	23
1.3	Anmeldeverfahren	24
2	Ausführung des Hauptstromversorgungssystems	27
2.1	Allgemeine Anforderungen an das Hauptstromversorgungssystem	27
2.2	Überspannungsschutz	28
2.3	Anschluss und symmetrischer Betrieb	32
2.3.1	Blockheizkraftwerke.....	33
2.3.2	Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge	34
2.3.3	Speicher.....	34
2.4	Anforderungen an den Anschlussraum	34
2.5	Schutz der Anschlussnutzeranlage	36
2.6	Betrieb der Kundenanlage	37
2.7	Fundamenterder	39
2.8	Netzurückwirkungen	40
2.9	Eingangsstrom bis 75 A	41
2.10	Eingangsstrom über 75 A.....	41
3	NA-Schutz	43
3.1	Zentraler NA-Schutz	45
3.2	Integrierter NA-Schutz	48
4	Netzsicherheitsmanagement	49
5	Erzeugungsanlagen	51
6	Errichtung von Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge	55
6.1	Was ist was? – Begriffe.....	56
6.2	Inverkehrbringen von Ladesäulen	57
6.3	Anschlussarten	59
6.3.1	Leitungsgebundene Anschlussarten	60
6.3.2	Leitungsgebundene Anschlussarten mit automatischem Verbindungsaufbau	61

6.4	Kontaktlose Energieübertragung	62
6.5	Ladebetriebsarten	64
6.5.1	Ladebetriebsarten 1 und 2	64
6.5.2	Ladebetriebsarten 3 und 4	66
6.6	Stromversorgung und allgemeine Merkmale	67
6.6.1	Anschlussleistung	68
6.6.2	Überlastschutz und Spannungsfall	69
6.6.3	Spannungsfall	72
6.6.4	Unsymmetrie	72
6.6.5	Netzurückwirkungen	73
6.6.6	Lastmanagement	73
6.6.7	Blindleistung	74
6.6.8	Wirkleistungssteuerung	74
6.7	Leiteranordnung und System der Erdverbindung	74
6.7.1	Rechtsdrehfeld	74
6.7.2	Netzform	75
6.7.3	Verwendung von herkömmlichen Steckvorrichtungen für Notladekabel	75
6.7.4	Ausstattung in Wohngebäuden	77
6.8	Überwachungs- und Schutzfunktionen (PE, PP, CP)	78
6.8.1	Funktionen in der Ladebetriebsart 4	79
6.8.2	Überwachung der Durchgängigkeit des Schutzleiters bei DC-Ladesystemen	81
6.8.3	Ausschalten des Systems	81
6.8.4	Verriegeln, Sperren und Freigeben der Steckvorrichtung	81
6.8.5	Notabschaltung	82
6.8.6	Isolationsprüfung vor dem Laden von DC-Ladesystemen	82
6.8.7	Schutz vor zeitweiliger Überspannung bei DC-Ladesystemen	83
6.9	Schutzmaßnahmen	83
6.9.1	Schutz durch Anordnung außerhalb des Handbereichs bei ACD-Systemen bis 1 kV AC/1,5 kV DC	84
6.9.2	Schutz durch Anordnung außerhalb des Handbereichs bei ACD-Systemen über 1 kV AC/1,5 kV DC	86
6.10	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung	87
6.11	Gleichfehlerstromüberwachungseinrichtungen	89
6.12	Schutz durch Schutztrennung	92
6.13	Einrichtungen zur Überwachung (IT-System)	95
6.14	Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störungen	96
6.14.1	Schutz bei Störspannungen	96
6.14.2	Induktive Ladeeinrichtungen	97

6.15	Auswahl und Anordnung der Betriebsmittel	101
6.15.1	Auswahl der Betriebsmittel – Äußere Einflüsse	101
6.15.2	Verkehrswege und Kollisionsschutz	106
6.16	Zählerplätze	108
6.17	Elektrofahrzeug als EZE am Niederspannungsnetz	109
6.18	Prüfungen	110
6.18.1	Besichtigen	112
6.18.2	Dokumentation	115
6.19	Erproben und Messen	115
6.19.1	Erproben	116
6.19.2	Messen	121
6.19.3	Durchgängigkeit der Leiter	122
6.19.4	Prüfung der Spannungspolarität und Phasenfolge der Außenleiter	124
6.19.5	Prüfung der Wirksamkeit der automatischen Abschaltung im Fehlerfall	125
6.19.6	Prüfung der Wirksamkeit des zusätzlichen Schutzes	128
6.19.7	Isolationswiderstand	128
6.19.8	Einrichtungen zur Überwachung (IT-System)	129
6.20	Ladesäulenverordnung (LSV)	129
6.20.1	Anforderungen an Interoperabilität und Sicherheit	130
6.20.2	Anmeldeprotokoll	132
6.21	Ergonomische Gestaltung von Ladesystemen	133
6.21.1	Barrierefreiheit von Stellplätzen	134
6.21.2	Anforderungen an Beleuchtung von Stellplätzen	135
6.22	Batteriewechselsysteme	138
6.22.1	Das Batteriewechselsystem	139
6.22.2	Benutzerrollen und Zugänge	140
6.22.3	Klassifikation von Batteriewechselsystemen	141
6.22.4	Gefahrenstellen und Gefährdungen	142
6.22.5	Batteriewechselstationen für Nutzfahrzeuge	143
6.22.6	Batteriewechselstationen für Personenkraftfahrzeuge	144
6.22.7	Elektrische Ausrüstung von Batteriewechselsystemen	147
6.22.8	Sicherheitsanforderungen an das Fahrspurssystem	148
6.22.9	Sicherheitsanforderungen an das Batteriehandhabungssystem ..	149
6.22.10	Sicherheitsanforderungen an das Lagerungssystem	150
6.22.11	Sicherheitsanforderungen an das Ladesystem	153
6.22.12	Anforderungen an Überwachungs- und Steuerungssysteme	154
6.22.13	Anforderungen an das Stromversorgungssystem	154

6.22.14	Schutz gegen elektrischen Schlag	155
6.22.14.1	Schutz gegen direktes Berühren.....	156
6.22.14.2	Gespeicherte Energie – Entladung von Kondensatoren.....	157
6.22.14.3	Schutzleiter.....	157
6.22.15	Auswahl und Aufbau von Betriebsmitteln	157
6.22.16	Aufschriften, Kennzeichnungen und Warneinrichtungen.....	158
6.23	Quellen zum Kapitel „Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge“ .	159
7	Errichtung von Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssystemen	163
7.1	PV-Module	165
7.1.1	Normbedingungen	167
7.1.2	Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom	168
7.1.2.1	Nenngrößen bei MPP.....	169
7.1.2.2	Serien- und Parallelwiderstand.....	169
7.1.2.3	Kennzeichnung von PV-Modulen	170
7.2	PV-Wechselrichter	170
7.3	Schutz gegen elektrischen Schlag des PV-Generatorfelds	173
7.4	Schutz gegen elektrischen Schlag der Wechselrichter.....	174
7.5	Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel	175
7.5.1	Wechselrichter und Anschlussgehäuse.....	176
7.5.2	Sperrdioden	177
7.5.3	Steckverbinder.....	178
7.5.4	Überstrom-Schutzeinrichtungen auf der Gleichspannungsseite ...	180
7.6	Schutz gegen thermische Einflüsse und Brände	182
7.6.1	Feuergefährdete Betriebsstätten	182
7.6.2	Feuergefährdete Betriebsstätten – Allgemeine Anforderungen....	184
7.6.2.1	Kabel- und Leitungsverlegung	184
7.6.2.2	Fehlerschutz	184
7.6.2.3	Schaltgeräte und Betriebsmittel	185
7.6.3	PV-Anlagen/Varianten in feuergefährdeten Betriebsstätten	185
7.6.3.1	Variante 1	185
7.6.3.2	Variante 2	187
7.6.3.3	Variante 3	189
7.7	Schutz gegen Brände, verursacht durch elektrische Betriebsmittel von PV-Anlagen.....	191
7.8	Schutz vor Überstrom der DC-Seite.....	193
7.8.1	Eine Schutzeinrichtung je Strang.....	194
7.8.2	Mehrere parallele Stränge je Schutzeinrichtung	195
7.8.3	Schutz bei Überlastströmen der PV-Strangleitung und des Teilgeneratorfeldkabels.....	196

7.8.4	Schutz des/der Teilgeneratorfeldkabels/-leitung	196
7.8.5	Schutz vor Überstrom des PV-Versorgungskabels	197
7.8.6	Schutz vor Kurzschluss der Wechselrichter.....	197
7.9	Erdungsanlagen.....	197
7.10	Trennen und Schalten	198
7.10.1	Trennen des Funktionspotentialausgleichsleiters	198
7.10.2	Trennen	203
7.11	Kabel- und Leitungssysteme	204
7.11.1	Verlegung	204
7.11.2	Dimensionierung.....	205
7.12	Blitz- und Überspannungsschutz von PV-Stromversorgungs- systemen	207
7.12.1	Äußerer Blitzschutz an PV-Anlagen.....	208
7.12.2	Überspannungsschutz	209
7.12.3	Einflüsse von Störspannungen	211
7.13	Zugang und Kennzeichnung.....	212
7.14	Trenneinrichtung auf der DC Seite	213
8	Prüfungen an Photovoltaikanlagen	215
8.1	Prüfvorschrift der Kategorie 1 – alle Systeme	216
8.2	Prüfung der Gleichstromseite	216
8.3	Prüfung der Anforderungen an die Systemdokumentation	220
8.4	Erhalt des ordnungsgemäßen Zustands	224
9	Ertrags- und Leistungskennzahlen von PV-Stromversorgungssystemen	227
9.1	Ertragskenngrößen von PV-Stromversorgungssystemen ohne Speicher.....	228
9.2	Wirkungsgrade	231
9.3	Leistungs- und Ertragsverhältnisse	232
9.4	Beurteilung der Erträge.....	232
9.5	PV-Modulgruppe.....	236
9.5.1	<i>U/I</i> -Kennlinie.....	236
9.5.2	Interpretation der Ergebnisse	239
9.6	Vermeidung von Schlagschatten an PV-Generatoren	241
10	Zusätzliche Maßnahmen zur Brandbekämpfung an Photovoltaikanlagen.....	243
10.1	Information durch Kennzeichnungen.....	244
10.2	Bauliche und organisatorische Installationsmaßnahmen	245

10.3	Feuergeschützte Verlegung im Gebäude	245
10.4	Gegen Berührung geschützte und feuerwiderstandsfähige Verlegung von PV-DC-Leitungen im Gebäude.....	246
10.5	Verlegung außerhalb des Gebäudes.....	247
10.6	Technische Installationsmaßnahmen	248
10.7	Gemeinsame Voraussetzungen zum Schalten, Trennen und Kurzschließen.....	249
10.7.1	Trennen und Abschalten eines Strangs oder eines PV-Moduls....	250
10.7.2	Einrichtungen zum Kurzschließen des Strangs oder des PV- Generators.....	251
10.8	Zusammenfassung	252
11	Einspeisung in Endstromkreise	253
11.1	Beschaffenheit elektrischer Anschlussnutzeranlagen im Bestand .	253
11.2	Gefahren bei bestehenden Anschlussnutzeranlagen.....	255
11.2.1	Schutz gegen elektrischen Schlag	255
11.2.2	Schukostecker und Steckdose	255
11.2.3	Die elektrische Anschlussnutzeranlage.....	256
11.2.4	Schutz vor Überströmen und thermischen Auswirkungen.....	257
11.3	Anforderungen nach DIN VDE V 0100-551-1	258
11.4	Zusammenfassung	262
11.5	Quellen zum Kapitel „Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungs- systeme“	264
12	Energiespeichersysteme am Niederspannungsnetz	269
12.1	Elektrische Energiespeichersysteme – Begriffe, Terminologie und Klassifizierung (EES-Systeme).....	270
12.2	Architektur von EES-Systemen (Steuerungssysteme).....	272
12.2.1	Standardprüf- und Bezugsumgebungsbedingungen.....	274
12.2.2	Einheitsparameter.....	274
13	Stationäre Batterieranlagen (DC-Seite).....	279
13.1	Schutz gegen direktes Berühren.....	280
13.2	Schutz bei indirektem Berühren (Fehlerschutz)	281
13.3	Schutz durch automatische Abschaltung.....	282
13.4	Schutz durch doppelte oder verstärkte Isolierung (Schutzklasse 2)	284
13.5	Schutz durch elektrische Trennung.....	285

14	Anforderungen an den Aufstellort von Speichern.....	287
14.1	Auswahl und Installation elektrischer Betriebsmittel im Batterieraum.....	287
14.2	Allgemeine Anforderungen zur Aufstellung von Batterien	288
14.3	Fenster, Türen und Fluchtwege in Batterieräumen.....	289
14.4	Ausführung und Beschaffenheit von Batterieräumen	289
14.5	Zusätzliche Anforderungen an Schränke oder Behälter innerhalb oder außerhalb von Gebäuden	291
14.5.1	Kennzeichnungen und Ausstattungen von Räumen oder Schränken bzw. Behältern mit Batterien	295
14.5.2	Kennzeichnungen von Speichern.....	296
14.6	Arbeitsschutz in Batterieräumen	297
15	Lüftung von Batterieräumen	299
15.1	Luftdurchflussmenge.....	300
15.2	Berechnung des erforderlichen Sicherheitsabstands.....	302
16	Risikobeurteilung und funktionale Sicherheit.....	305
16.1	Risikobeurteilung	305
16.1.1	Spezifikationen und Festlegung der Grenzen.....	305
16.1.2	Risikoanalyse und -bewertung	306
16.2	Verfahren zur Risikominderung	307
16.3	Funktionale Sicherheit	307
17	Anschluss von Speichern am Niederspannungsnetz	311
17.1	Anforderungen an den Anschluss am Niederspannungsnetz	311
17.2	Energieflussrichtungssensor (EnFluRi-Sensor).....	313
17.3	Symmetrieanforderungen und Spannungsqualität.....	314
17.4	Umschaltung auf Inselbetrieb	315
17.5	Betriebsarten von Speichern	316
18	Schutz gegen elektrischen Schlag und Überstrom im Inselbetrieb	317
18.1	Schutzvorkehrungen	317
18.2	Anforderungen an die Auswahl und Selektivität	318
18.3	Netzparallelbetrieb	319
18.4	Koordinierung der Schutzeinrichtungen	320
18.5	Inselbetrieb mit TN-System.....	321
18.5.1	Schutz durch automatische Abschaltung im Inselbetrieb.....	321
18.5.2	Stempunktnachbildung.....	322

18.5.3	Fehlerschutzvorkehrung mit mehreren Verbrauchern	327
18.5.4	Koordinierung der Schutzvorkehrungen im Inselbetrieb.....	329
18.6	Schutz bei Überstrom	331
18.7	Die Sternpunktnachbildung unter dem Aspekt der funktionalen Sicherheit	331
18.8	Inselbetrieb im IT-System.....	333
18.9	TT-System als TN-S-System im Inselbetrieb.....	335
18.10	Inselbetrieb im TN-System mit Phasenkuppler	337
18.10.1	Ausführung des Phasenkupplers	337
18.10.2	Redundanz bei Versagen eines Schaltgeräts.....	339
18.11	Inselbetrieb im TN-System mit DC-gekoppelter Erzeugungsanlage und Speicher	341
18.12	TN-System mit Separierung notstromberechtigter Verbrauchsgeräte.....	343
19	Prüfung von Speichern	345
19.1	Dokumentation	346
19.2	Besichtigen	347
19.3	Erproben	348
19.4	Messen	348
19.5	Nachweis der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme im IT-Inselbetrieb	349
19.6	Nachweis der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme im TN-Inselbetrieb	349
Quellen und Referenzen		353
Stichwortverzeichnis		355