

Inhaltsverzeichnis

1	Anforderungen der Netzbetreiber	17
1.1	Was ist was? – Begriffe	20
1.2	Definition „wesentliche Änderung“ und Anpassungspflicht	23
1.3	Anmeldeverfahren	23
2	Ausführung des Hauptstromversorgungssystems	25
2.1	Allgemeine Anforderungen an das Hauptstromversorgungssystem	25
2.2	Überspannungsschutz	26
2.3	Anschluss und symmetrischer Betrieb	30
2.3.1	Blockheizkraftwerke	31
2.3.2	Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge	32
2.3.3	Speicher	32
2.4	Anforderungen an den Anschlussraum	32
2.5	Schutz der Anschlussnutzeranlage	34
2.6	Betrieb der Kundenanlage	35
2.7	Fundamenterder	37
2.8	Netzurückwirkungen	38
3	NA-Schutz	41
3.1	Zentraler NA-Schutz	43
3.2	Integrierter NA-Schutz	46
4	Netzsicherheitsmanagement	47
5	Erzeugungsanlagen	49
6	Errichtung von Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge	53
6.1	Was ist was? – Begriffe	54
6.2	Inverkehrbringen von Ladesäulen	55
6.3	Anschlussarten	57
6.3.1	Leitungsgebundene Anschlussarten	58
6.3.2	Leitungsgebundene Anschlussarten mit automatischem Verbindungsaufbau	59
6.4	Kontaktlose Energieübertragung	60

6.5	Ladebetriebsarten	62
6.5.1	Ladebetriebsarten 1 und 2	62
6.5.2	Ladebetriebsarten 3 und 4	64
6.6	Stromversorgung und allgemeine Merkmale	65
6.6.1	Anschlussleistung	66
6.6.2	Gleichzeitigkeitsfaktor und Spannungsfall	67
6.6.3	Spannungsfall	70
6.6.4	Unsymmetrie	70
6.6.5	Netzurückwirkungen	71
6.6.6	Lastmanagement	71
6.6.7	Blindleistung	71
6.6.8	Wirkleistungssteuerung	72
6.7	Leiteranordnung und System der Erdverbindung	72
6.7.1	Rechtsdrehfeld	72
6.7.2	Netzform	73
6.8	Überwachungs- und Schutzfunktionen (PE, PP, CP)	73
6.8.1	Funktionen in der Ladebetriebsart 4	74
6.8.2	Überwachung der Durchgängigkeit des Schutzleiters bei DC-Ladesystemen	75
6.8.3	Ausschalten des Systems	76
6.8.4	Verriegeln, Sperren und Freigeben der Steckvorrichtung	76
6.8.5	Notabschaltung	76
6.8.6	Isolationsprüfung vor dem Laden von DC-Ladesystemen	77
6.8.7	Schutz vor zeitweiliger Überspannung bei DC-Ladesystemen	77
6.9	Schutzmaßnahmen	78
6.9.1	Schutz durch Anordnung außerhalb des Handbereichs bei ACD-Systemen bis 1 kV AC/1,5 kV DC	78
6.9.2	Schutz durch Anordnung außerhalb des Handbereichs bei ACD-Systemen über 1 kV AC/1,5 kV DC	81
6.10	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung	82
6.11	Schutz durch Schutztrennung	83
6.12	Einrichtungen zur Überwachung (IT-System)	86
6.13	Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störungen	87
6.13.1	Schutz bei Störspannungen	87
6.13.2	Induktive Ladeeinrichtungen	88
6.14	Auswahl und Anordnung der Betriebsmittel	92
6.14.1	Auswahl der Betriebsmittel – Äußere Einflüsse	92
6.14.2	Verkehrswege und Kollisionsschutz	94
6.15	Zählerplätze	96
6.16	Elektrofahrzeug als EZE am Niederspannungsnetz	97

6.17	Prüfungen	98
6.17.1	Besichtigen	100
6.17.2	Dokumentation	103
6.17.3	Erproben	103
6.17.4	Messen	105
6.17.5	Durchgängigkeit der Leiter	106
6.17.6	Prüfung der Spannungspolarität und Phasenfolge der Außenleiter	106
6.17.7	Prüfung der Wirksamkeit der automatischen Abschaltung im Fehlerfall	107
6.17.8	Prüfung der Wirksamkeit des zusätzlichen Schutzes	107
6.17.9	Isolationswiderstand	107
6.17.10	Einrichtungen zur Überwachung (IT-System)	108
6.18	Ladesäulenverordnung (LSV)	109
6.18.1	Anforderungen an Interoperabilität und Sicherheit	109
6.18.2	Anmeldeprotokoll	112
6.19	Ergonomische Gestaltung von Ladesystemen	113
6.19.1	Barrierefreiheit von Stellplätzen	113
6.19.2	Anforderungen an Beleuchtung von Stellplätzen	115
6.20	Batteriewechselsysteme	117
6.20.1	Das Batteriewechselsystem	118
6.20.2	Benutzerrollen und Zugänge	119
6.20.3	Klassifikation von Batteriewechselsystemen	120
6.20.4	Gefahrenstellen und Gefährdungen	121
6.20.5	Batteriewechselstationen für Nutzfahrzeuge	122
6.20.6	Batteriewechselstationen für Personenkraftfahrzeuge	123
6.20.7	Elektrische Ausrüstung von Batteriewechselsystemen	126
6.20.8	Sicherheitsanforderungen an das Fahrspursystem	127
6.20.9	Sicherheitsanforderungen an das Batteriehandhabungssystem ...	128
6.20.10	Sicherheitsanforderungen an das Lagerungssystem	129
6.20.11	Sicherheitsanforderungen an das Ladesystem	132
6.20.12	Anforderungen an Überwachungs- und Steuerungssysteme	133
6.20.13	Anforderungen an das Stromversorgungssystem	133
6.20.14	Schutz gegen elektrischen Schlag	134
6.20.14.1	Schutz gegen direktes Berühren	135
6.20.14.2	Gespeicherte Energie – Entladung von Kondensatoren	136
6.20.14.3	Schutzleiter	136
6.20.15	Auswahl und Aufbau von Betriebsmitteln	136
6.20.16	Aufschriften, Kennzeichnungen und Warneinrichtungen	137
6.21	Quellen zum Kapitel „Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge“ .	138

7	Errichtung von Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssystemen	141
7.1	PV-Module	143
7.1.1	Normbedingungen	145
7.1.2	Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom	146
7.1.2.1	Nenngrößen bei MPP.....	147
7.1.2.2	Serien- und Parallelwiderstand.....	147
7.1.2.3	Kennzeichnung von PV-Modulen	148
7.2	PV-Wechselrichter	148
7.3	Schutz gegen elektrischen Schlag des PV-Generatorsfelds	151
7.4	Schutz gegen elektrischen Schlag der Wechselrichter.....	152
7.5	Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel	153
7.5.1	Wechselrichter und Anschlussgehäuse.....	153
7.5.2	Sperrdioden	154
7.5.3	Steckverbinder.....	155
7.5.4	Überstrom-Schutzeinrichtungen auf der Gleichspannungsseite ...	156
7.6	Schutz gegen thermische Einflüsse und Brände	157
7.6.1	Feuergefährdete Betriebsstätten	158
7.6.2	Feuergefährdete Betriebsstätten – Allgemeine Anforderungen....	159
7.6.2.1	Kabel- und Leitungsverlegung	159
7.6.2.2	Fehlerschutz.....	160
7.6.2.3	Schaltgeräte und Betriebsmittel	160
7.6.3	PV-Anlagen/Varianten in feuergefährdeten Betriebsstätten	160
7.6.3.1	Variante 1	161
7.6.3.2	Variante 2	162
7.6.3.3	Variante 3	164
7.7	Schutz gegen Brände, verursacht durch elektrische Betriebsmittel von PV-Anlagen.....	166
7.8	Schutz vor Überstrom der DC-Seite.....	168
7.8.1	Eine Schutzeinrichtung je Strang.....	169
7.8.2	Mehrere parallele Stränge je Schutzeinrichtung	170
7.8.3	Schutz bei Überlastströmen der PV-Strangleitung und des Teilgeneratorfeldkabels	170
7.8.4	Schutz des/der Teilgeneratorfeldkabels/-leitung	171
7.8.5	Schutz vor Überstrom des PV-Versorgungskabels	171
7.8.6	Schutz vor Kurzschluss der Wechselrichter.....	171
7.9	Erdungsanlagen.....	172
7.10	Trennen und Schalten.....	173
7.10.1	Trennen des Funktionspotentialausgleichsleiters	173
7.10.2	Trennen	174

7.11	Kabel- und Leitungssysteme	174
7.11.1	Verlegung	174
7.11.2	Dimensionierung	176
7.12	Blitz- und Überspannungsschutz von PV-Stromversorgungssystemen	177
7.12.1	Äußerer Blitzschutz an PV-Anlagen	178
7.12.2	Überspannungsschutz	179
7.12.3	Einflüsse von Störspannungen	181
7.13	Zugang und Kennzeichnung	182
7.14	Trenneinrichtung auf der DC Seite	183
8	Prüfungen an Photovoltaikanlagen	185
8.1	Prüfvorschrift der Kategorie 1 – alle Systeme	186
8.2	Prüfung der Gleichstromseite	186
8.3	Prüfung der Anforderungen an die Systemdokumentation	190
8.4	Erhalt des ordnungsgemäßen Zustands	194
9	Ertrags- und Leistungskennzahlen von PV-Stromversorgungssystemen	197
9.1	Ertragskenngrößen von PV-Stromversorgungssystemen ohne Speicher	198
9.2	Wirkungsgrade	201
9.3	Leistungs- und Ertragsverhältnisse	202
9.4	Beurteilung der Erträge	202
9.5	PV-Modulgruppe	206
9.5.1	U/I -Kennlinie	206
9.5.2	Interpretation der Ergebnisse	209
9.6	Vermeidung von Schlagschatten an PV-Generatoren	211
10	Zusätzliche Maßnahmen zur Brandbekämpfung an Photovoltaikanlagen	213
10.1	Information durch Kennzeichnungen	214
10.2	Bauliche und organisatorische Installationsmaßnahmen	215
10.3	Feuergeschützte Verlegung im Gebäude	215
10.4	Gegen Berührung geschützte und feuerwiderstandsfähige Verlegung von PV-DC-Leitungen im Gebäude	216
10.5	Verlegung außerhalb des Gebäudes	217
10.6	Technische Installationsmaßnahmen	218

10.7	Gemeinsame Voraussetzungen zum Schalten, Trennen und Kurzschließen.....	219
10.7.1	Trennen und Abschalten eines Strangs oder eines PV-Moduls....	220
10.7.2	Einrichtungen zum Kurzschließen des Strangs oder des PV-Generators.....	221
10.8	Zusammenfassung.....	222
11	Einspeisung in Endstromkreise	223
11.1	Beschaffenheit elektrischer Anschlussnutzeranlagen im Bestand .	223
11.2	Gefahren bei bestehenden Anschlussnutzeranlagen.....	225
11.2.1	Schutz gegen elektrischen Schlag	225
11.2.2	Schukostecker und Steckdose	225
11.2.3	Die elektrische Anschlussnutzeranlage.....	226
11.2.4	Schutz vor Überströmen und thermischen Auswirkungen.....	227
11.3	Anforderungen nach DIN VDE V 0100-551-1	228
11.4	Zusammenfassung	232
11.5	Quellen zum Kapitel „Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme“	234
12	Energiespeichersysteme am Niederspannungsnetz	239
12.1	Elektrische Energiespeichersysteme – Begriffe, Terminologie und Klassifizierung (EES-Systeme).....	240
12.2	Architektur von EES-Systemen (Steuerungssysteme).....	242
12.2.1	Standardprüf- und Bezugsumgebungsbedingungen.....	244
12.2.2	Einheitsparameter.....	244
13	Stationäre Batterieanlagen (DC-Seite).....	249
13.1	Schutz gegen direktes Berühren.....	250
13.2	Schutz bei indirektem Berühren (Fehlerschutz).....	251
13.3	Schutz durch automatische Abschaltung.....	252
13.4	Schutz durch doppelte oder verstärkte Isolierung (Schutzklasse 2)	254
13.5	Schutz durch elektrische Trennung.....	255
14	Anforderungen an den Aufstellort von Speichern.....	257
14.1	Auswahl und Installation elektrischer Betriebsmittel im Batterieraum.....	257
14.2	Allgemeine Anforderungen zur Aufstellung von Batterien	258
14.3	Fenster, Türen und Fluchtwege in Batterieräumen.....	259
14.4	Ausführung und Beschaffenheit von Batterieräumen	259

14.5	Zusätzliche Anforderungen an Schränke oder Behälter innerhalb oder außerhalb von Gebäuden	261
14.5.1	Kennzeichnungen und Ausstattungen von Räumen oder Schränken bzw. Behältern mit Batterien	265
14.5.2	Kennzeichnungen von Speichern.....	266
14.6	Arbeitsschutz in Batterieräumen	267
15	Lüftung von Batterieräumen	269
15.1	Luftdurchflussmenge	270
15.2	Berechnung des erforderlichen Sicherheitsabstands.....	272
16	Risikobeurteilung und funktionale Sicherheit.....	275
16.1	Risikobeurteilung	275
16.1.1	Spezifikationen und Festlegung der Grenzen.....	275
16.1.2	Risikoanalyse und -bewertung	276
16.2	Verfahren zur Risikominderung	277
16.3	Funktionale Sicherheit	277
17	Anschluss von Speichern am Niederspannungsnetz	281
17.1	Anforderungen an den Anschluss am Niederspannungsnetz	281
17.2	Energieflussrichtungssensor (EnFluRi-Sensor)	283
17.3	Symmetrieanforderungen und Spannungsqualität	284
17.4	Umschaltung auf Inselbetrieb	285
17.5	Betriebsarten von Speichern	286
18	Schutz gegen elektrischen Schlag und Überstrom im Inselbetrieb	287
18.1	Schutz bei Überstrom	300
18.2	Die Sternpunktnachbildung unter dem Aspekt der funktionalen Sicherheit	300
18.3	Inselbetrieb im IT-System.....	302
18.4	TT-System als TN-S-System im Inselbetrieb.....	304
18.5	Inselbetrieb im TN-System mit Phasenkuppler	306
18.6	Inselbetrieb im TN-System mit DC-gekoppelter Erzeugungsanlage und Speicher	308
18.7	TN-System mit Separierung notstromberechtigter Verbrauchsgeräte.....	310

19	Prüfung von Speichern	313
19.1	Dokumentation	314
19.2	Besichtigen	315
19.3	Erproben	316
19.4	Messen	316
19.5	Nachweis der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme im IT-Inselbetrieb	317
19.6	Nachweis der Wirksamkeit der Schutzmaßnahme im TN-Inselbetrieb	317
	Quellen und Referenzen	321
	Stichwortverzeichnis	323