



Fachhochschule  
Nordwestschweiz



VSEK  
ASCE

TGB



eniwa



# Übersicht der Normen und Richtlinien des NA-Schutzes für EEA in der Schweiz in Netzebene 7

Datum 28. September 2023

Autoren	Matthias Resch	FHNW
	Marco Thommen	FHNW
	Thomas Hostettler	Swissolar
	Carina Lehmal	TU Graz
	Stefan Providoli	VSEK
	Daniel Schumacher	Eniwa
	Michael Böckli	TGB
	Anna Hoang	Primeo Energie
	Sven Bauer	Ziel

# Inhalt

1	Einleitung .....	4
2	Dokumentenstruktur und Hierarchie der Dokumente .....	6
3	Übersicht aller untersuchten Gesetze, Verordnungen und Regeln der Technik.....	9
	Übersicht der <b>internationalen</b> gültigen Normen .....	12
3.1	Zusammenfassung SNEN IEC 61140:2016.....	13
3.2	Zusammenfassung SNEN IEC 62109-1 .....	14
3.3	Zusammenfassung SNEN IEC 62109-2 .....	14
3.4	Zusammenfassung SNEN IEC 62116.....	16
3.5	Zusammenfassung SNEN 50549-1 .....	18
3.6	Zusammenfassung SNEN 50549-10 .....	23
4	Übersicht der untersuchten <b>Schweizer</b> Gesetze, Verordnungen und Regeln der Technik 24	
4.1	Zusammenfassung Niederspannungs-Installationsnorm (NIN 2020).....	25
4.2	Zusammenfassung ESTI Weisung 220:0621 .....	25
4.3	Zusammenfassung ESTI Weisung 221:0621 .....	28
4.4	Zusammenfassung VSE-Empfehlung NA/EEA – NE7 .....	30
4.5	Zusammenfassung Swissolar NA EEA PVNE7 2021 .....	32
5	Übersicht der untersuchten <b>deutschen</b> Gesetze, Verordnungen und Regeln der Technik 33	
5.1	Zusammenfassung TAR NS (VDE-AR-N 4100 / 4105) .....	34
5.2	Zusammenfassung VDE-V-0124-100.....	38
6	Übersicht der untersuchten <b>österreichischen</b> Gesetze, Verordnungen und Regeln der Technik Zusammenfassung Österreich .....	42
6.1	Technische und organisatorische Regeln (TOR) für Betreiber und Benutzer von Netzen – TOR Verteilernetzanschluss für die Mittelspannung (Netzebenen 4 und 5):.....	43
6.2	Technische und organisatorische Regeln (TOR) für Betreiber und Benutzer von Netzen – TOR Netze und Lasten mit Übertragungsnetzanschluss: .....	44
6.3	Technische und organisatorische Regeln (TOR) für Betreiber und Benutzer von Netzen – TOR Erzeuger: Anschluss und Parallelbetrieb von Stromerzeugungsanlagen des Typs A und von Kleinsterzeugungsanlagen (Maximalkapazität < 250 kW und Nennspannung < 110 kV): .....	45
6.4	OVE-Richtlinie R 25: Prüfanforderungen an Erzeugungseinheiten (Generatoren) vorgesehen zum Anschluss und Parallelbetrieb an Niederspannungs-Verteilernetzen.....	49

7	Vergleichende Betrachtungen.....	51
7.1	Unterschied Branchenempfehlungen Swissolar / VSE .....	51
7.2	Vergleich DIN VDE-AR-N 4105:2018-11 vs. VSE NA/EEA-NE7 2020 .....	52
7.3	Betriebsfrequenzbereich.....	55
8	Zusammenfassung .....	56
9	Literaturverzeichnis.....	57
A.	NA- Schutz Ausführung nach VSE NAEAA .....	59
B.	NA-Schutz Ausführungen nach VDE-AR-N 4105:2018-11 .....	61
C.	Ergänzende Informationen zum Österreichischen TOR.....	65

# 1 Einleitung

Dieses Dokument soll einen Überblick, über die aktuellen Normen und Richtlinien in der Schweiz bezüglich des Netzanschluss-Schutzes (NA-Schutz)<sup>1</sup> für erneuerbare Energieerzeugungsanlagen (EEA) in der Netzebene 7 (NE7) verschaffen. Ziel ist es damit den aktuellen Stand der anerkannten Regeln der Technik zusammenzufassen und auch die angrenzenden deutschsprachigen Länder der Schweiz (DACH-Region) einzubeziehen.

Allgemein kann man unterscheiden zwischen den Normen und Richtlinien welche die Herstellung des Produktes, der Errichtung und dessen Betrieb betreffen. In diesem Dokument wird vor allem auf die Errichtung und den Betrieb eingegangen, wobei die Grenzen fließend sein können.

Grundsätzlich ist der NA-Schutz eine Schutzeinrichtung, an der Schnittstelle zwischen EEA und übergelagertem Verteilnetz, also ein Schnittstellenschutz. In diesem Dokument wird der Anschluss von EEA an NE7 (Niederspannungsnetz) betrachtet. «Der Zweck des Schnittstellenschutzes ist die Sicherstellung, dass der Anschluss einer EEA an das VN dieses nicht in seiner Funktion oder seiner Sicherheit beeinträchtigt (insbesondere ist damit gemeint, dass die EEA nicht Einrichtungen des Netzes gefährdet)» [1]. Das wird erreicht, indem der NA-Schutz bei grossen Spannungs- und Frequenzabweichungen die EEA vom Netz trennt. Trotzdem soll der NA-Schutz «innerhalb der Spannungs- und Frequenzsollwerte gegenüber normalen Spannungs- und Frequenzänderungen im Verteilungsnetz unempfindlich sein» [1].

Folgende Funktionen hat der NA-Schutz zu übernehmen,

- Überspannungsschutz (10 min) U>
- Überspannungsschutz U>>
- Unterspannungsschutz U<
- Unterspannungsschutz U<<
- Überfrequenzschutz f>
- Unterfrequenzschutz f<
- Inselnetzerkennung

Insbesondere soll der Überspannungsschutz eine unzulässigen Spannungsanhebung durch die angeschlossene(n) Erzeugungsanlage(n) verhindern und die Anlage vom Netz trennen. Solche Überspannungen könnten sowohl Schäden an der am Verteilnetz angeschlossenen Ausrüstung als auch am Verteilnetz selbst verursachen. Weiter soll das Verteilnetze, im Fall von Spannungs- oder Frequenzabweichungen über die entsprechenden Grenzwerte hinaus, in einen kontrollierten Zustand überführt werden. Bei der Inselnetzerkennung ist insbesondere die unbeabsichtigte Inselnetzbildung und Abschaltung der EEA wichtig. Dies hilft dabei, Schäden an anderer Ausrüstung sowohl in den Anlagen des Anlagenbetreibers als auch im Verteilnetz aufgrund phasenverschobenen Wiedereinschaltens zu verhindern und

---

<sup>1</sup> Netzanschluss-Schutzes – in der Norm SNEN 50549-1 wird er Entkopplungsschutz genannt

um Wartungsarbeiten nach beabsichtigtem Abschalten eines Bereichs des Verteilnetzes zu ermöglichen.<sup>2</sup>

Zu Abgrenzung werden Funktionen aufgeführt, die durch den NA-Schutz nicht übernommen werden:

- Trennung der EEA im Fall von internen Fehlern der EEA vom Verteilnetz. Der Schutz vor internen Fehlern (Kurzschlüsse) muss entsprechend der Schutzkriterien des VNB mit dem Netzschutz koordiniert werden. Schutz vor z. B. Überlast, elektrischem Schlag und gegen Brandgefahr muss zusätzlich nach HD 60364-1 und lokalen Anforderungen umgesetzt werden.
- Verhinderung von Schäden an der Erzeugungseinheit aufgrund von Zwischenfällen (z.B. Kurzschlüssen) im vorgelagerten Verteilnetz.

Grundsätzlich herrscht ein Konsens welche Funktionen der NA-Schutz übernehmen muss und welche nicht. In der Schweiz wird zurzeit diskutiert, ob diese Funktion generell von einem Wechselrichterinternen NA-Schutz übernommen werden kann [2], oder ob ein externer NA-Schutz für EEA >30kVA empfohlen wird [1].

In diesem Dokument wird der regulatorischen Rahmen bezüglich des NA-Schutzes für die Diskussion zusammengefasst und diskutiert. Der Bericht ist folgendermassen aufgebaut:

Zur besseren Einordnung der Schweizer Normen und Richtlinien wird in Kapitel 2 die Dokumentenstruktur und Hierarchie der Dokumente für die Schweiz erläutert. Im folgenden Kapitel wird eine Gesamtübersicht aller untersuchten Gesetze, Verordnungen und Regeln der Technik gegeben. In den darauf aufbauenden Kapiteln 4, 5 und 6 wird der Schweizer, deutsche und österreichische regulatorische Rahmen für jedes Land einzeln betrachtet, um dann in Kapitel 7 in einem Vergleich der Regularien der drei Länder zu münden. Die Zusammenfassung der über die aktuellen Normen und Richtlinien in der Schweiz bezüglich des Netzanschluss-Schutzes (NA-Schutz) für erneuerbare Energieerzeugungsanlagen (EEA) in der Netzebene 7 (NE7) erfolgt in Kapitel 8 zusammen mit einem Ausblick

---

<sup>2</sup> Es wird darauf hingewiesen, dass die Überprüfung der Spannungsfreiheit aller stromführenden Leiter ohnehin zwingend erforderlich ist, bevor ein Zugang zu einem Standort für (Wartungs-) Arbeiten erfolgt (Sicherheitsregeln 5 + 5).

## 2 Dokumentenstruktur und Hierarchie der Dokumente

Die Bundesverfassung der Schweiz bildet die rechtliche Basis der folgenden Gesetzespyramide. Die einzelnen Stufen der Pyramide werden hier beispielhaft durch Gesetze, Verordnungen, etc. aus dem Bereich der elektrischen Installation dargestellt.

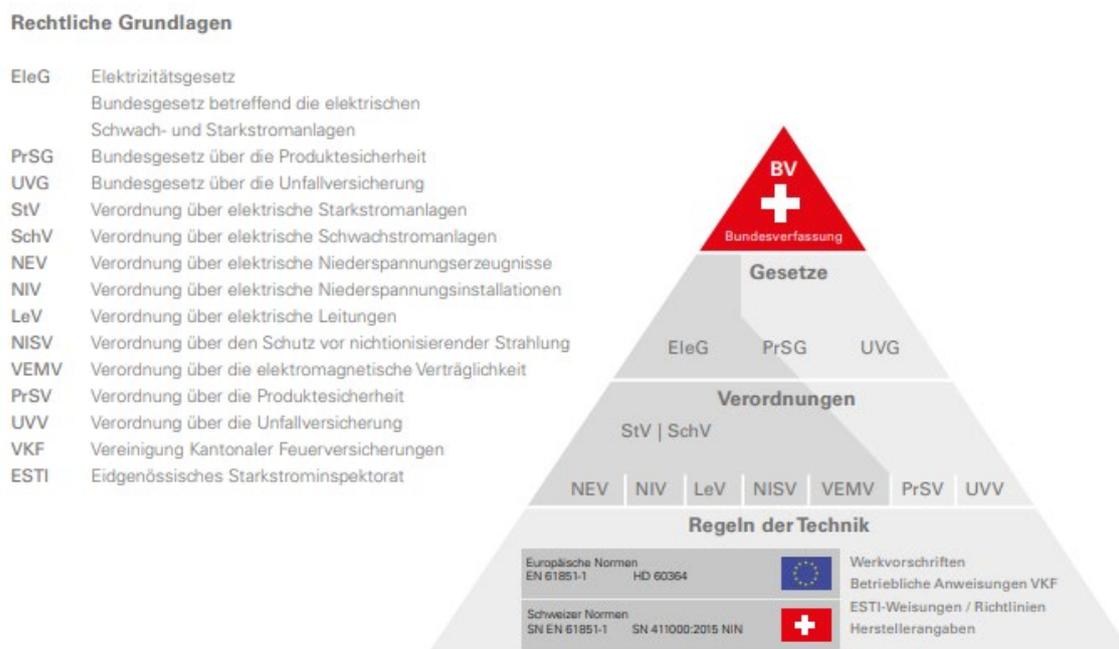


Abbildung 1: Gesetzespyramide in der Schweiz im Bereich Schwach- und Starkstromanlagen

Die in Abb. 1 abgebildete Pyramide bezieht sich auf die Zusammenhänge, die bei der Errichtung (Installation) der Energieerzeugungsanlage (EEA) eine Rolle spielen. Sie umfassen die Anforderungen an die Inverkehrsetzung (= Verkauf) der Komponenten, geregelt in der NEV sowie die Anforderungen an die Installation, geregelt in der NIV, respektive in der NIN. Diese Anforderungen haben als primäres Ziel, den Schutz gegen elektrischen Schlag sicherzustellen. Das sekundäre Ziel ist die Sicherstellung der elektromagnetischen Verträglichkeit sowie der Schutz gegen nichtionisierende Strahlung. In der NIV ist der Betrieb, respektive die Anforderungen an den Betrieb zwar nur am Rande beschrieben (vgl. Art. 3, Abs. 1, zweiter Satz), aber nicht völlig inexistent.

In diesem Zusammenhang ist die grundlegende Struktur in der Normierung zu beachten, indem Anforderungen, wie sie beispielsweise in einer Typenprüfung an ein Gerät gestellt werden (und überprüft werden), bei der Installation nicht nochmals gestellt werden. Das heisst, die Typenprüfung betrachtet nur das Gerät (beispielsweise einen Wechselrichter) und nicht die ganze Anlage. Die Installationsvorschriften hingegen definieren nur die Anforderungen an das Gesamtsystem und gehen davon aus, dass die verwendeten Geräte eine erfolgreiche Typenprüfung absolviert haben und deshalb keine Anforderungen auf der Ebene Gerät gestellt werden müssen. Eine Ausnahme bilden hier die Herstellerangaben – d.h. bei einer Installation wird immer wieder auf die Herstellerangaben verwiesen, diese müssen

eingehalten werden und kann im Einzelfall dazu führen, dass minimal von Installationsvorschriften abgewichen werden muss.

Wie im vorherigen Abschnitt vorgestellt, ist eine wichtige Bedingung für die Gerätezulassung, eine erfolgreich bestandene Typenprüfung. Im Fall von Stromumrichtern (Wechselrichtern) wiederum sind dort eine grosse Anzahl von Anforderungen definiert, die auch den Betrieb betreffen und über die Aspekte «Schutz gegen elektrischen Schlag» hinausgehen. Auf einzelne Anforderungen, respektive Prüfungen wird im Folgenden noch näher eingegangen.

Die Anforderungen an den Betrieb leiten sich aus den Anforderungen im StromVG, respektive der StromVV ab. Die folgende Abbildung 2 zeigt diese parallelen Wege, die alle auf denselben Artikeln der BV basieren.

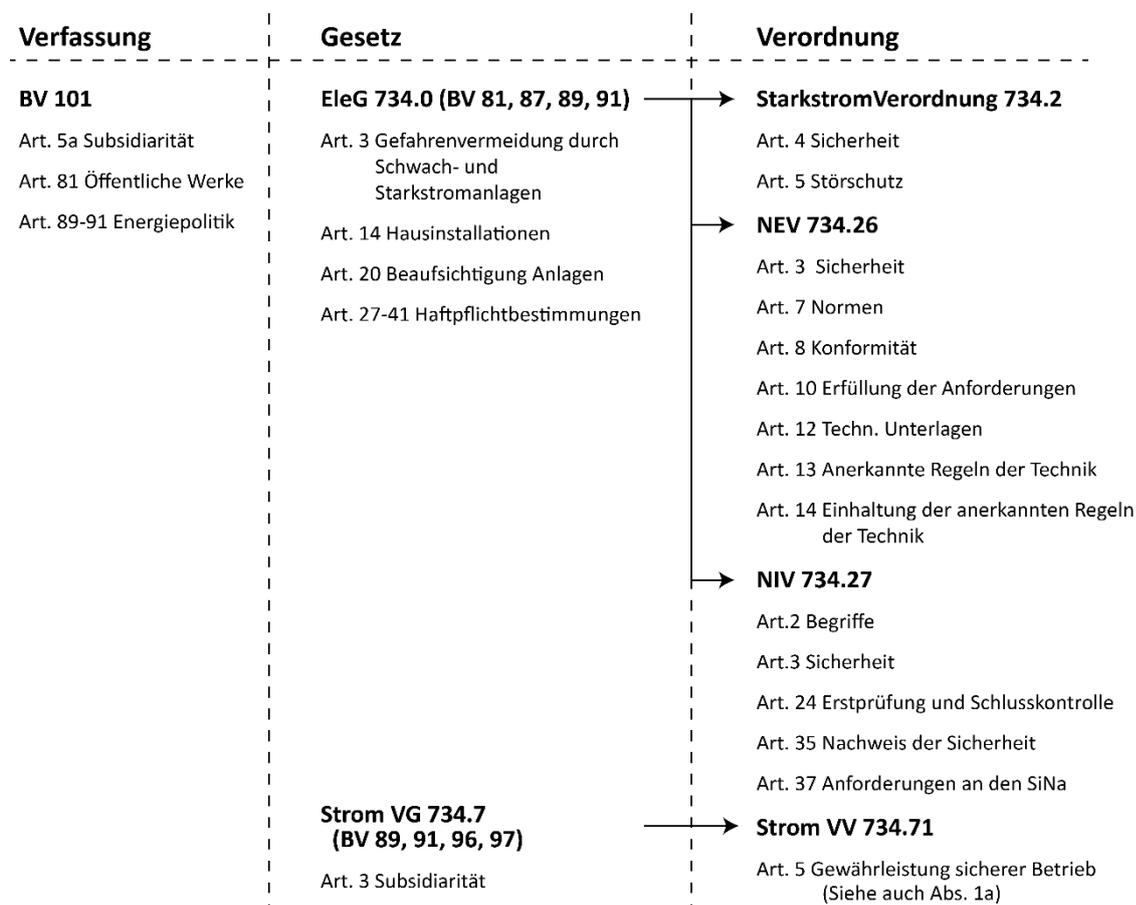


Abbildung 2 Verordnungen in Bezug auf Inverkehrsetzung, Installation und Betrieb von EEA

Der Bund hat den gesetzlichen Auftrag, soweit vorhanden und möglich, die Vereinbarungen der Wirtschaft in das Ausführungsrecht zu übernehmen. Das bedeutet, dass der VSE als Vertreter der Netzbetreiber und Produzenten die notwendigen Regelungen subsidiär erarbeiten, vernehmlassen und in Kraft setzen muss.

Im Rahmen dieser Regelungen entstand die Hierarchie der Branchendokumente, wie sie in Abb. 3 aufgeführt ist. Im Zusammenhang mit dem NA-Schutz ist insbesondere das Umsetzungsdokument NA/EEA-NE7 (Branchenempfehlung Netzanschluss für EEA an das Niederspannungsnetz – Technische Anforderungen für den Anschluss und den Parallelbetrieb in NE7) von zentraler Bedeutung.

### Dokumentenstruktur

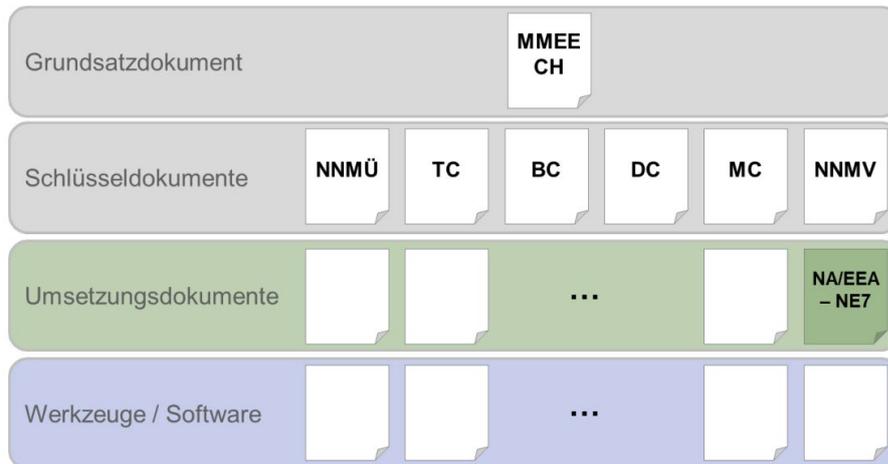


Abbildung 3 – Dokumentenstruktur VSE Branchendokumente mit Stellung Umsetzungsdokument Netzanschluss von EEA

### 3 Übersicht aller untersuchten Gesetze, Verordnungen und Regeln der Technik

Im folgenden Kapitel wird eine Gesamtübersicht aller untersuchten Gesetze, Verordnungen und Regeln der Technik gegeben. In den darauf aufbauenden Kapiteln 4, 5 und 6 wird der Schweizer, deutsche und österreichische regulatorische Rahmen für jedes Land einzeln betrachtet,

Aus den Übersichtsstrukturen in Kapitel 2 ergeben sich mehrere nationale Gesetze, Verordnungen und Regeln der Technik die in diesem Projekt mit anderen, auch teilweise mit ihren internationalen Entsprechungen verglichen werden. Die folgende Tabelle führt die untersuchten Dokumente in der Reihenfolge Installation und Betrieb auf, die in den Unterabschnitten jeweils zusammengefasst sind. Zuerst werden die international gültigen Dokumente behandelt (Idx 1-5), anschliessend die Schweizer (Idx 6-11), Deutsche ((Idx 12-13) und Österreichischen (Idx 14-17)

Idx	Name	Land	Kurzname	Herausgeber	Gültig seit
1	Protection against electric shock - Common aspects for installation and equipment [3]	Global	SNEN IEC 61140:2016	IEC	2016
2	Safety of power converters for use in photovoltaic power systems [4] [5]	Global	SNEN IEC 62109-1/2	IEC	2010
3	Utility-interconnected photovoltaic inverters - Test procedure of islanding prevention measures [6]	Global	SNEN IEC 62116:2014	IEC	2014
4	Anforderungen für zum Parallelbetrieb mit einem Verteilnetz vorgesehene Erzeugungsanlagen – Teil 1: Anschluss an das Niederspannungsverteilstromnetz bis einschließlich Typ B [7]	Europa	SNEN 50549-1+AC	CENELEC	2020
5	Requirements for generating plants to be connected in parallel with distribution networks - Part 10: Tests for conformity assessment of generating units [8]	Europa	SNEN 50549-10	CENELEC	2022
6	Niederspannungserzeugnis Verordnung [9] (Verweis auf Typenprüfung)	CH	NIV	Bund	2023
7	Niederspannungs-Installations-Norm [10]	CH	NIN 2020 (Basis IEC EN 60364-712)	CES	2020

8	Anforderungen an Energieerzeugungsanlagen [11]	CH	Weisung 220:0621	ESTI	2021
9	Meldepflichten bei allgemeinen und eingeschränkten Installationsbewilligungen [12]	CH	Weisung 221:0621	ESTI	2021
10	Netzanschluss für Energieerzeugungsanlagen an das Niederspannungsnetz Technische Anforderungen für den Anschluss und Parallelbetrieb in NE7 [1]	CH	NA/EEA-NE7 – CH 2020 (auf Basis SNEN 50549-1)	VSE	2020
11	Empfehlung Netzanschluss für Photovoltaikanlagen (PVA) in NE7 [2]	CH	NA EEA PVNE7	Swissolar	2021
12	Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz – Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz [13]	DE	VDE-AR-N 4105 (auf Basis DINEN 50549-1)	VDE	2018
13	Netzintegration von Erzeugungsanlagen Niederspannung – Prüfanforderungen an Erzeugungseinheiten, vorgesehen zum Anschluss und Parallelbetrieb am Niederspannungsnetz [14]	DE	VDE V 0124-100	VDE	2020
14	Technische und organisatorische Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen - TOR Erzeuger: Anschluss und Parallelbetrieb von Stromerzeugungsanlagen des Typs A und von Kleinsterzeugungsanlagen (Maximalkapazität < 250 kW und Nennspannung < 110 kV) [15]	AT	TOR	E-Control	2019
15	Technische und organisatorische Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen - TOR Verteilernetzanschluss für die Mittelspannung (Netzebenen 4 und 5)	AT	TOR	E-Control	2022

16	Technische und organisatorische Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen - TOR Netze und Lasten mit Übertragungsnetzanschluss	AT	TOR	E-Control	2022
17	Prüfanforderungen an Erzeugungseinheiten (Generatoren) vorgesehen zum Anschluss und Parallelbetrieb an Niederspannungs-Verteilernetzen	AT	OVE-Richtlinie R 25	OVE	2020

## Übersicht der **internationalen** gültigen Normen

Die internationalen Regeln teilen sich in 2 Gruppen auf: zum einen die global gültigen Normen herausgegeben vom IEC zum anderen die Europäischen Normen, erstellt durch CENELEC. Beide Normen werden von der Schweiz direkt übernommen im Zuge der Vereinbarungen zur Abschaffung von technischen Handelshemmnissen, daher werden jeweils die Schweizer Versionen betrachtet.

Name	Land	Kurzname	Herausgeber	Gültig seit
Protection against electric shock - Common aspects for installation and equipment	Global	SNEN IEC 61140:2016	IEC	2016
Safety of power converters for use in photovoltaic power systems	Global	SNEN IEC 62109-1/2	IEC	2010
Utility-interconnected photovoltaic inverters - Test procedure of islanding prevention measures	Global	SNEN IEC 62116:2014	IEC	2014
Requirements for generating plants to be connected in parallel with distribution networks - Part 1 : connection to a LV distribution network - Generating plants up to and including Type B	Europa	SNEN 50549-1	CENELEC	2019
Requirements for generating plants to be connected in parallel with distribution networks - Part 10: Tests for conformity assessment of generating units [8]	Europa	SNEN 50549-10	CENELEC	2022

### 3.1 Zusammenfassung SNEN IEC 61140:2016

#### Protection against electric shock - Common aspects for installation and equipment

Diese Norm beschreibt grundsätzlich, was Schutz gegen elektrischen Schlag bedeutet, und welche Anforderungen erfüllt sein müssen, um diesen zu verhindern.

#### **Allgemeines** [3], Kap. 4.1

Gefährliche aktive Teile dürfen nicht berührbar sein und berührbare leitfähige Teile dürfen nicht gefährlich aktiv sein. Dies weder unter normalen noch unter Einzelfehlerbedingungen.

#### **Einzelfehlerbedingung** [3], Kap. 4.3

Um die Anforderung an die Einzelfehlerbedingung zu erfüllen, muss ein Gerät:

- Eine weitere Schutzvorkehrung, unabhängig vom Basisschutz oder
- Eine verstärkte Schutzvorkehrung die beides, den Basisschutz und den Fehlerschutz bewirkt.

Das Gleichzeitige Auftreten von Fehlern an unabhängigen Schutzvorkehrungen wird dabei als unwahrscheinlich eingestuft und braucht nicht berücksichtigt zu werden. «Es darf darauf vertraut werden, dass eine unbeeinflusste Schutzvorkehrung wirksam bleibt.»

#### **Schutz durch Schutztrennung** [3], Kap. 6.5

Schutztrennung gilt als typische Struktur einer Schutzmassnahme, welche den Basis- und Fehlerschutz sicherstellt. Schutztrennung ist gegeben, wenn:

- der Basisschutz durch die Basisisolierung von aktiven Teilen des getrennten Stromkreises erfüllt ist
- der Fehlerschutz erfüllt wird, durch
  - einfache Trennung des getrennten Stromkreises zu anderen Stromkreisen und Erde und
  - ein Schutzpotentialausgleich die getrennten Betriebsmittel verbinden, falls mehrere Betriebsmittel am selben Stromkreis getrennt werden.

#### **Einrichtungen zum Trennen** [3], Kap. 8.4

Einrichtungen zum Trennen müssen den betroffenen Stromkreis wirksam von allen aktiven Leitern trennen.

Die Trenner müssen dabei in neuem Zustand einer Stossspannung von 5kV (cat3) oder 8kV(cat4) standhalten. Weiter dürfen am Ende der Lebensdauer je Kontakt nicht mehr als 6mA Ableitströme fließen.

### 3.2 Zusammenfassung SNEN IEC 62109-1

#### Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements

Diese Norm beschreibt allgemein welche Testbedingungen ein Inverter erfüllen muss. Behandelt werden unter anderem die Themen:

- Schutz gegen elektrischen Schlag
- Schutz gegen mechanische Gefahren
- Soft- und Firmware für Schutzfunktionen

Direkte Angaben zum NA-Schutz sind in dieser Norm jedoch nicht enthalten. Die wesentlichen Teile zum Schutz vor Inselbildung sind in der SNEN IEC 62109-2 aufgeführt.

### Zusammenfassung SNEN IEC 62109-2

#### Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters

Diese Norm behandelt keine Anforderungen an die Netzkopplung. Dies aus 3 Gründen:

«a) Normen für die Netzkopplung enthalten gewöhnlich sowohl Schutzanforderungen als auch Anforderungen an die Netzversorgungsqualität, behandeln Aspekte wie die Abschaltung bei außergewöhnlichen Spannungs- oder Frequenzbedingungen im Netz, den Schutz gegen Inselbildung, die Begrenzung von Oberschwingungsströmen und Gleichstromeinspeisung, den Leistungsfaktor usw. Viele dieser Aspekte gehören nicht zum Anwendungsbereich einer Produktsicherheitsnorm wie der vorliegenden Norm.

b) Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung bestand eine unzureichende Übereinstimmung zwischen den Regulierungsbehörden von netzgebundenen Wechselrichtern, um eine Annahme von harmonisierten Kopplungsanforderungen zu erzielen. IEC 61727 enthält beispielsweise Anforderungen an die Netzkopplung, besitzt aber keine wesentliche Akzeptanz, und EN 50438 fordert die Aufnahme von länderspezifischen Abweichungen für eine große Anzahl von Ländern.

c) Das kürzlich veröffentlichte Dokument IEC 62116 enthält Prüfverfahren für den Schutz gegen Inselbildung.»

Jedoch werden Anforderungen an die Einfehlersicherheit gestellt. Die Norm fordert, dass auch nach Auftreten eines einzelnen Fehlers, der jede Komponente des Inverters betreffen kann, noch mindestens Basisisolierung gewährleistet ist.

#### **Fehlertoleranz von selbsttätigen Trenneinrichtungen [5], Kap 4.4.4.15.2.1**

- Die Einrichtungen für die selbsttätige Trennung eines Wechselrichters vom Netz müssen: alle geerdeten und ungeerdeten stromführenden Leiter vom Netz trennen, und
- die Trennung muss so erfolgen, dass bei einem an der Trenneinrichtung oder an jeder anderen Stelle im Wechselrichter angewendeten Einzelfehler zwischen PV-Anlage und Netz mindestens Basisisolierung oder einfache Trennung aufrechterhalten bleibt, wenn die Trenneinrichtung geöffnet sein soll.

«Diese Anforderungen sind dafür gedacht, die Arbeiter, die das Netz Instandhalten, zu schützen. In diesem Szenarium wird das Netz abgeschaltet, und die Gefahr, gegen die geschützt werden soll besteht darin, dass die Anlagenspannung an der abgeschalteten Versorgungsnetzverdrahtung auftreten kann, entweder Phase zu Phase oder Phase zu Erde. Deshalb sind es die PV-Anlagenparameter (Arbeitsspannung, Stehstoßspannung und zeitweilige Überspannung), die die erforderliche Isolierung oder Trennung bestimmen. Die Arbeiter können sich an einem anderen Ort befinden, als an dem der PV-Trenneinrichtungen, die sich zwischen der Anlage und dem Wechselrichter befinden, oder keinen Zugang dazu haben. Deshalb muss die vom Wechselrichter erbrachte Isolierung oder Trennung zuverlässig sein. In einem Wechselrichter ohne Potentialtrennung wird nur die erforderliche selbsttätige Trenneinrichtung die Arbeiter vor der PV-Spannung schützen. In einem Wechselrichter mit Potentialtrennung sind der Trenntransformator und andere Isolierbauteile in Reihe mit der selbsttätigen Trenneinrichtung und schützen die Arbeiter vor der PV-Spannung im Falle eines Fehlers der selbsttätigen Trenneinrichtung.»

**Kommentar:** Aus diesem Wortlaut kann interpretiert werden, dass ein Umrichter über 2 separate Strom und Spannungsmessungen verfügen sollte, um die Trennung in jedem Fehlerfall sicherzustellen. Dieser Fehlerfall kann auch eine fehlerhafte Messung beinhalten.

### 3.4 Zusammenfassung SNEN IEC 62116

#### Utility-interconnected photovoltaic inverters - Test procedure of islanding prevention measures

Diese Norm beschreibt ein abgestimmtes Verfahren, mit dem PV-Inverter zur Prävention von Inselnetzbildung getestet werden können.

«Wechselrichter und andere Einrichtungen, welche die Anforderungen dieses Dokuments (IEC62116) erfüllen, können als nicht inselbildend angesehen werden, was unter annehmbaren Bedingungen bedeutet, dass die Einrichtung Inselbedingungen feststellt und die Speisung eines öffentliche Elektrizitätsversorgungsnetzes einstellt.»

Die Anforderungen, die gestellt werden, sind dabei Mindestanforderungen, die bei Nachweis eines Risikos auch verschärft werden können.

Getestet wird wie folgt: Der Inverter wird von einer DC-Quelle gespeist die eine höhere Nennleistung hat als der Inverter. Am Ausgang des Inverters wird eine einstellbare RLC Last sowie eine Wechselstromquelle angeschlossen, siehe Abbildung 4.

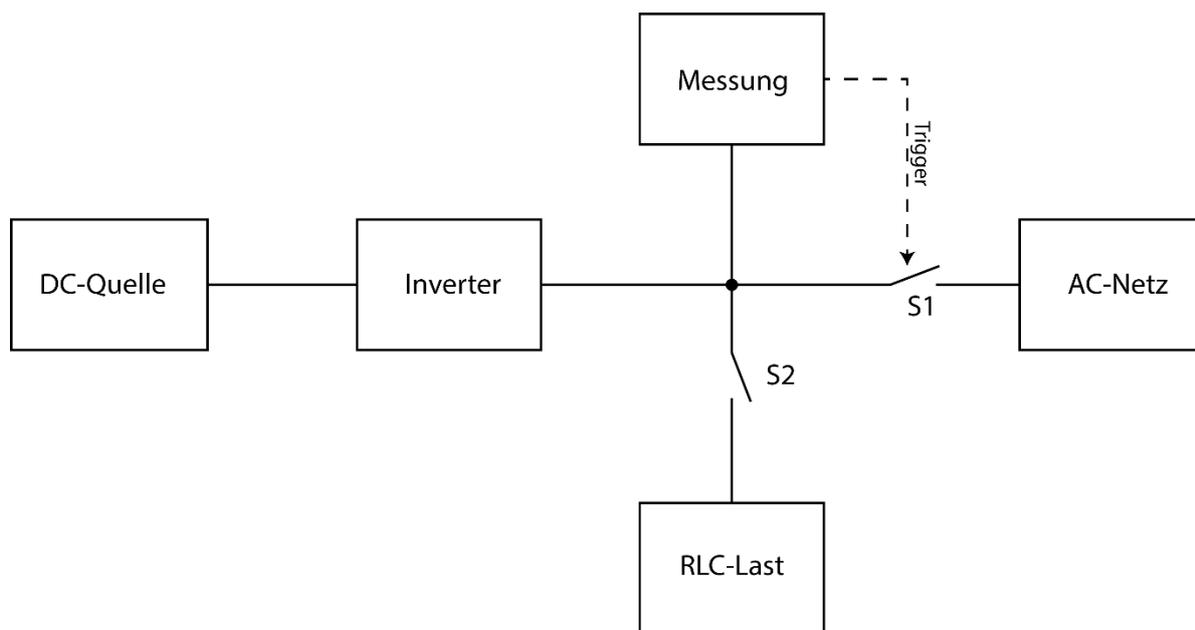


Abbildung 4: Messaufbau gemäss IEC 62116

Der Prüfablauf ist wie folgt: Die DC-Quelle speist den Inverter, S1 und S2 sind geschlossen. Die Last wird so eingestellt, dass der Inverter 33%, 66%, und 100% Wirk- und Blindleistung erzeugt. Der Strom in das AC-Netz beträgt 0A. Ist der Betriebspunkt stabil, öffnet die Messung Schalter S1 und misst die Zeit (Nachlaufzeit), bis der Strom des Inverters  $<1\%$  des vorherigen Nennstroms beträgt. Diese Messung wird dann wiederholt, wobei die Betriebspunkte im Bereich von  $\pm 5\%$  variiert wird.

Der Hersteller muss dabei die Schutzeinstellungen des Inverters so wählen, dass sie nationalen und oder örtlichen Bestimmungen entsprechen. Vorgeschlagen wird:

Parameter	Grösse	Zeitpunkt [s]
Überspannung	115% Nennspannung	2
Unterspannung	85% Nennspannung	2
Überfrequenz	1.5 Hz	1
Unterfrequenz	1.5 Hz	1

Mit Bestehen dieser Prüfung wird bestätigt, dass die Nachlaufzeit auch bei strengeren Einstellungen des Inverters, z.B  $\pm 0.5\text{Hz}$  anstelle von  $1.5\text{Hz}$ , keine höhere Nachlaufzeit aufweist.

Bestanden ist die Prüfung, wenn der Inverter bei allen Messungen eine Nachlaufzeit  $< 2\text{s}$  aufweist oder die Lokalen Bestimmungen erfüllt.

### 3.5 Zusammenfassung SNEN 50549-1

Anforderungen für zum Parallelbetrieb mit einem Verteilnetz vorgesehene Erzeugungsanlagen – Teil 1: Anschluss an das Niederspannungsverteilstromnetz bis einschließlich Typ B

#### **Hintergrund zum Dokument:**

Die SNEN 50549-1 stellt den umfassenden Abschluss einer langen Liste von Anforderungen an EEA dar, die auf europäischer Ebene mit dem Dokument CWA 14642:2003 ihren Anfang nahm. Es folgten die SNEN 50438:2007, die SNEN 50438:2013, die CLC/TS 50549-1:2015, alle zwar mit teilweise unterschiedlichen Leistungsgrenzen, jedoch mit praktisch einheitlichen Anforderungen an das Verhalten der EEA in Bezug auf Spannung, Frequenz und Inselnetzbildung. Leider wurden diese Anforderungen über eine lange Zeit nur ungenügend beachtet.

#### **Kuppelschalter [7], Kap 4.3.2**

Schalter müssen Leistungsrelais, Schütze oder mechanische Leistungsschalter sein, die jeweils ein Ausschalt- und Einschaltvermögen entsprechend dem Bemessungsstrom der Erzeugungsanlage und entsprechend dem Kurzschlussbeitrag der Erzeugungsanlage aufweisen.

Wo es nicht erforderlich ist, dass die Einrichtungen zum Trennen (nach HD 60364-5-551) zu jeder Zeit für den VNB zugänglich sind, muss eine automatische Abschaltung mit Einzelfehlertoleranz nach 4.13 vorhanden sein. Anmerkung: Für PV-Wechselrichter sind weitere Anforderungen hinsichtlich des Kuppelschalters in SNEN IEC 62109-1 und SNEN IEC 62109-2 angegeben.

Die Funktion des Kuppelschalters darf entweder mit dem Hauptschalter oder mit dem Schalter der Erzeugungseinheit in einem Schaltgerät kombiniert werden. Im Falle einer Kombination muss das einzelne Schaltgerät mit den Anforderungen beider separaten Schalter übereinstimmen, dem Kuppelschalter und dem kombinierten Hauptschalter oder Schalter der Erzeugungseinheit. Als Konsequenz müssen mindestens zwei Schalter in Reihe zwischen jeder Erzeugungseinheit und dem Netzanschlusspunkt vorhanden sein.

#### **Störfestigkeit [7], Kap 4.5**

Im Allgemeinen sollten Kraftwerke zur Gesamtstabilität des Stromnetzes beitragen, indem sie Immunität gegenüber dynamischen Spannungsänderungen bieten, es sei denn, die Sicherheitsstandards verlangen eine Abschaltung.

«Die folgenden Störfestigkeiten müssen ungeachtet der Einstellungen des Entkopplungsschutzes bereitgestellt werden.»:

- Störfestigkeit gegen Frequenzänderungsraten (ROCOF)
- Durchfahren von Unterspannungsereignissen (UVRT)
- Durchfahren von Überspannungsereignissen (OVRT)

## **ROCOF [7], Kap 4.5.2**

Die Erzeugungsmodule in einer Erzeugungsanlage müssen über eine ROCOF-Störfestigkeit für eine ROCOF verfügen, die gleich oder größer als der von der verantwortlichen Partei angegebene Wert ist. Wenn kein Wert für die ROCOF-Störfestigkeit angegeben ist, muss folgende ROCOF-Störfestigkeit angewendet werden, wobei zwischen den folgenden Erzeugungstechnologien unterschieden wird:

- nicht synchrone Erzeugungstechnologie: mindestens 2 Hz/s;
- synchrone Erzeugungstechnologie: mindestens 1 Hz/s;

ANMERKUNG der Norm: «ROCOF wird in einigen Ländern zur Erkennung von Netzausfällen verwendet. Die Anforderung bezüglich ROCOF-Störfestigkeit ist unabhängig von den Einstellungen des Entkuppungsschutzes. Abschalteneinstellungen des Entkuppel-Schutzrelais haben immer Vorrang vor technischen Fähigkeiten. Ob eine Erzeugungsanlage verbunden bleibt oder nicht, wird auch von diesen Einstellungen abhängen»

## **UVRT [7], Kap 4.5.3**

Erzeugungsmodule, die gemäß VERORDNUNG (EU) 2016/631 [16] als Module vom Typ B (<1MW) klassifiziert sind, müssen den Anforderungen bezüglich UVRT entsprechen. Erzeugungsmodule, die gemäß [16] als Module vom Typ A und kleiner klassifiziert sind, sollten diese Anforderungen erfüllen. Das tatsächliche Verhalten der Module vom Typ A (>0.8kW) und kleineren Modulen muss in der Anschlussvereinbarung festgelegt werden.

Für PV-Inverter wird die Kennlinie aus Abbildung 5 gefordert. Nach der Rückkehr der Spannung in den kontinuierlichen Betriebsspannungsbereich muss 90 % der Vor-Fehler-Leistung oder der verfügbaren Leistung, je nachdem, welcher Wert geringer ist, so schnell wie möglich, aber spätestens innerhalb von 1 s, wieder erreicht werden, wenn vom VNB und der verantwortlichen Partei kein anderer Wert festgelegt ist.

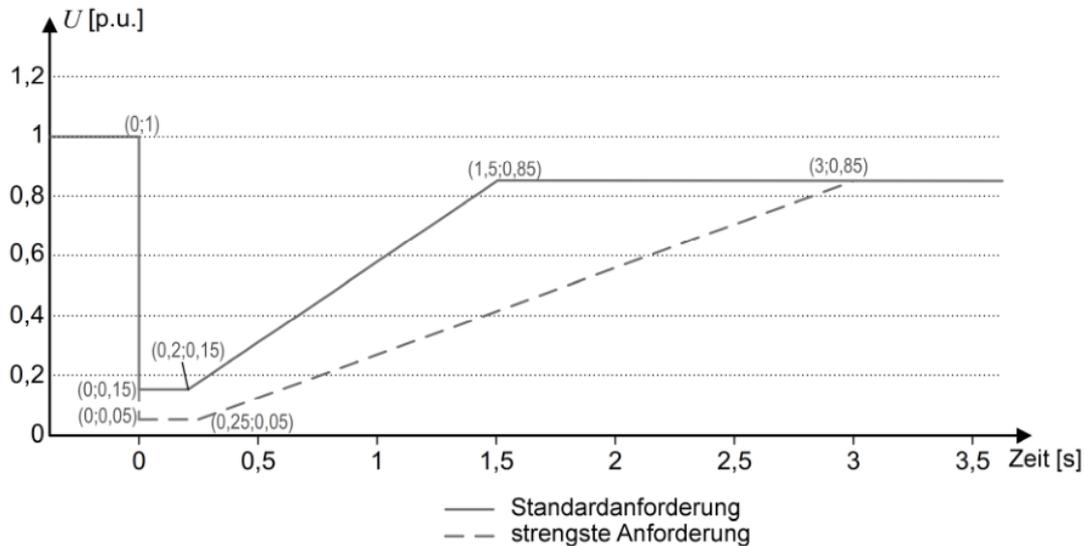


Abbildung 5: Fähigkeit zum Durchfahren von Unterspannungseignissen für nichtsynchrone Energieerzeugungseinheiten (Typ 2), z.B. Stromrichter

**ANMERKUNG der Norm:** «Diese Anforderungen sind unabhängig von den Einstellungen des Entkuppungsschutzes. Abschalteneinstellungen des Entkuppel-Schutzrelais haben immer Vorrang vor technischen Fähigkeiten. Ob eine Erzeugungsanlage verbunden bleibt oder nicht, wird auch von diesen Einstellungen abhängen.»

#### OVRT [7], Kap 4.5.4

Erzeugungsmodule, außer Kleinerzeugungsanlagen, müssen in der Lage sein, mit dem Verteilnetz verbunden zu bleiben, solange sich die Spannung am Netzanschlusspunkt unterhalb der Zeit-Spannung-Charakteristik aus Abbildung 6 befindet.

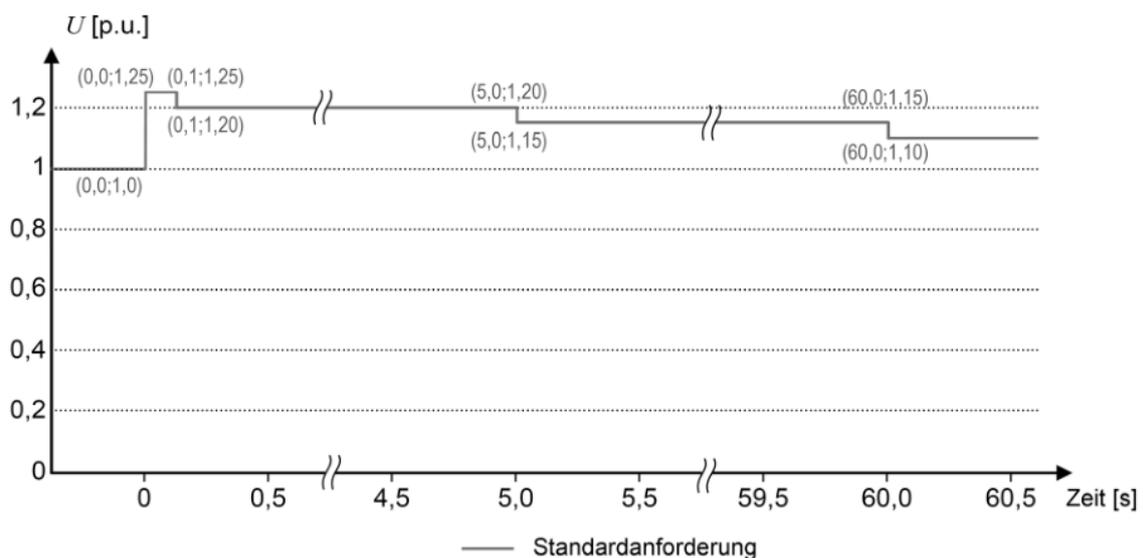


Abbildung 6: Fähigkeit zum Durchfahren von Überspannungseignissen

**ANMERKUNG der Norm:** «Diese Anforderungen sind unabhängig von den Einstellungen des Entkuppelungsschutzes. Abschalteneinstellungen des Entkuppel-Schutzrelais haben immer Vorrang vor technischen Fähigkeiten. Ob eine Erzeugungsanlage verbunden bleibt oder nicht, wird auch von diesen Einstellungen abhängen.»

**ANMERKUNG der Norm:** «Dies ist eine Mindestanforderung. Weitere Stabilitätsaspekte für Elektrizitätsversorgungssysteme sind möglicherweise relevant. Die technische Diskussion dauert noch an. Ausgehend von jedem stabilen Betriebspunkt wird ein Spannungssprung von  $\pm 10\%$  Un berücksichtigt. Wenn vor dem Ereignis Spannungen im stationären Zustand nahe der Höchstspannung vorliegen, führt dies für viele Sekunden zu einem Überspannungsereignis. In späteren Ausgaben dieses Dokuments könnte eine strengere Störfestigkeit gefordert sein.»

### **Entkuppelungsschutz [7], Kap 4.9**

Nach HD 60364-5-551:2010, 551.7.4 muss ein Mittel zur automatischen Schaltung vorhanden sein, um die Erzeugungsanlage im Fall des Verlustes dieser Versorgung oder von Spannungs- oder Frequenzabweichungen von den für die normale Versorgung angegebenen Werten an den Versorgungsanschlüssen vom Verteilnetz abzuschalten.

Das Entkuppel-Schutzsystem muss mit den Anforderungen dieser Europäischen Norm übereinstimmen, die verfügbaren Funktionen und die konfigurierten Einstellungen müssen mit den Anforderungen des VNB und der verantwortlichen Partei übereinstimmen. Auf jeden Fall müssen die festgelegten Einstellungen als die Werte für das Entkuppel-Schutzsystem verstanden werden, d.h. wenn Erzeugungsmodule erweiterte technische Eigenschaften aufweisen, dürfen sie nicht durch die Einstellungen der Schutzeinrichtungen (ausser dem Entkuppelungsschutz) zurückgehalten werden.

Bei Kleinerzeugungsanlagen können Entkuppelungsschutz und Messpunkt in die Erzeugungseinheiten integriert werden. Bei Erzeugungsanlagen mit einem Nennstrom von über 16 A darf der VNB einen Schwellwert festlegen, oberhalb dessen das Entkuppel-Schutzsystem als fest zugeordnete Einrichtung realisiert werden muss und nicht in Erzeugungseinheiten integriert sein darf.

### **[8]Anforderungen, die die Einzelfehlertoleranz des Entkuppel-Schutzsystems und des Kuppelschalters betreffen [7], Kap 4.13**

Ein einzelner Fehler darf nicht zu einem Verlust der Sicherheitsfunktionen führen. Fehler mit gemeinsamer Ursache müssen berücksichtigt werden, falls die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines solchen Fehlers von Bedeutung ist. Wenn immer in angemessener Weise durchführbar, muss der einzelne Fehler angezeigt werden und zum Ausschalten der Erzeugungseinheit oder Erzeugungsanlage führen.

**ANMERKUNG:** Diese Anforderung für das Erkennen einzelner Fehler bedeutet nicht, dass alle Fehler erkannt werden. Daher kann die Anhäufung unerkannter Fehler zu einem unbeabsichtigten Ausgangssignal führen und einen gefährlichen Zustand nach sich ziehen.

Mindestens ein Schalter muss ein Lasttrennschalter sein, der für Überspannungskategorie 2 geeignet ist. Bei einphasigen Erzeugungseinheiten muss der Schalter sowohl für den Neutralleiter als auch für den Außenleiter einen Kontakt dieser Überspannungskategorie aufweisen. Bei mehrphasigen Erzeugungseinheiten ist für alle aktiven Leiter jeweils ein Kontakt mit dieser Überspannungskategorie erforderlich.

Der zweite Schalter darf aus elektronischen Schaltelementen der Umrichter-Brückenschaltung oder einem anderen Stromkreis gebildet werden, sofern die elektronischen Schaltelemente durch Steuersignale ausgeschaltet werden können und sichergestellt ist, dass ein Versagen erkannt wird und zur Betriebshemmung spätestens beim nächsten Wiederanschluss führt.

Bei PV-Wechselrichtern ohne einfache Trennung zwischen dem Netz und PV-Generator (z. B. PV-Wechselrichter ohne Transformator) müssen beide im obigen Absatz genannten Schalter als Lasttrennschalter mit den dort beschriebenen Anforderungen ausgeführt sein, dabei ist die Anordnung eines Schaltgerätes zwischen PV-Anlage und PV-Wechselrichter zulässig.

### 3.6 Zusammenfassung SNEN 50549-10

Requirements for generating plants to be connected in parallel with distribution networks

#### **Interface Protection** [8], Kap. 5.8

In diesem Kapitel wird das Testverfahren für den NA-Schutz spezifiziert. Dies beinhaltet die Parameter für Spannungsschutz, Frequenzschutz und Rate of change of frequency (ROCOF) Schutz. Es wird dabei zwischen internem und externem NA-Schutz unterschieden. Für den Externen gibt es dabei zwei Optionen für den Test:

1. Testen nach EN60255-127, EN 60255-181, EN 60255-1, EN 60255-26 und EN 60255-27.
2. Testen wie der interne NA-Schutz. Dies ist in dieser Norm spezifiziert.

Über die Notwendigkeit, ob ein NA-Schutz extern oder Intern verbaut werden muss, wird keine Aussage gemacht sondern auf die EN 50549-1, Ziffer 4.9 verwiesen. Siehe dazu Kapitel 3.5

## 4 Übersicht der untersuchten **Schweizer** Gesetze, Verordnungen und Regeln der Technik

In der nachstehenden Tabelle sind die untersuchten Normen aufgeführt, die nur relevant für die Schweiz sind:

<b>Name</b>	<b>Version</b>	<b>Kurzname</b>	<b>Herausgeber</b>	<b>Gültig seit</b>
Niederspannungs-Installations-Norm [10]	2020	NIN 2020	electrosuisse	2020
Anforderungen an Energieerzeugungsanlagen [11]	Juni 2021	Weisung 220:0621	ESTI	2021
Meldepflichten bei allgemeinen und eingeschränkten Installationsbewilligungen [12]	Juni 2021	Weisung 221:0621	ESTI	2021
Netzanschluss für Energieerzeugungsanlagen an das Niederspannungsnetz [1]	V 2.00	NA/EEA-NE7 – CH 2020	VSE	2020
Empfehlung Netzanschluss für Photovoltaik-Anlagen (PVA) in NE7 [2]	V 2.00	NA EEA PVNE7	Swissolar	2021

## 4.1 Zusammenfassung Niederspannungs-Installationsnorm (NIN 2020)

### Hintergrund zum Dokument:

Das TK 64 des CES publiziert alle 5 Jahre eine überarbeitete Fassung der Niederspannungs-Installationsnorm. In diese Fassung werden alle bis dahin erschienenen Normendokumente der Serie HD 60364 eingearbeitet. Diese Serie enthält sicherheitstechnische Festlegungen für das Errichten und, soweit behandelt, das Betreiben elektrischer Anlagen und Betriebsmittel. Der zentrale Sicherheitsaspekt der Normenserie ist der «Schutz gegen elektrischen Schlag».

Im Kapitel 4 werden alle Schutzmassnahmen für elektrische Installationen (unabhängig ob Verbraucher oder Produzent) zusammengefasst. Es sind dies

- Schutz gegen elektrischen Schlag
- Schutz gegen thermische Einflüsse
- Überstromschutz
- Schutz gegen Überspannungen
- Schutz gegen Unterspannung
- Trennen und Schalten

Im Kapitel 5 werden die Anforderungen an die Auswahl und die Errichtung elektrischen Betriebsmittel festgehalten. Es sind dies

- Allgemeine Bestimmungen
- Leitungen
- Einrichtungen zum Trennen, Schalten, Steuern und Überwachen
- Erdung und Schutzleiter
- Andere Betriebsmittel
- Einrichtungen für Sicherheitszwecke

Im Kapitel 6 werden die notwendigen Prüfungen, unterteilt in Sichtprüfungen und Erprobungen (= Messungen) aufgeführt.

Im Teil 7.12 wird auf die spezifischen Aspekte bei der Errichtung von PV-Anlagen eingegangen.

**Zusatzanforderungen für Anlagen, bei denen der Parallelbetrieb der Stromerzeugungsanlagen mit einem öffentlichen Netz zulässig ist** [10], Kap. 7.12.5.5.1.7

Die NIN verweist bezüglich NA Schutz auf die Branchenempfehlung des VSE NAEAA 2014

## 4.2 Zusammenfassung ESTI Weisung 220:0621

*Anforderungen an Energieerzeugungsanlagen (EEA) – in Kraft seit 1. Juli 2021*

### Hintergrund zum Dokument:

Auf 1. Juli 2021 wurde die VPeA (Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für elektrische Anlagen) dahingehend geändert, dass EEA mit Anschluss an das Niederspannungsnetz nicht mehr der Plangenehmigungspflicht unterliegen. Mit der Weisung regelt das ESTI den Geltungsbereich, verschiedene Begriffe und detailliert allenfalls vorhandene Unklarheiten der NIV.

## **Neu:**

- Meldepflicht für Netzbetreiber
- Plangenehmigungspflicht für Energieerzeugungsanlagen (EEA) in NE7 fällt weg
- Aufsichtssystem für diese Anlagen angepasst

Weisung richtet sich an: Netzbetreiber, Bewilligungsinhaber, Planer und Eigentümer

## **Geltungsbereich:**

- Photovoltaikanlagen
- Ladestationen für Elektromobilität mit Rückspeisung (bidirektionale Ladestationen)
- Energiespeicheranlagen mit Rückspeisung in das Niederspannungsverteilnetz
- Biomassekraftwerke
- Wärme-Kraft-Koppelungsanlagen
- Wasserkraftwerke
- Notstrom-Anlagen (USV) und Netzersatzanlagen, sofern diese mit dem Niederspannungsverteilnetz parallel betrieben, werden

## **Netz- und Anlagenschutz [11], Kap. 4.3**

Für Netzanschluss ist ein Entkopplungsschutz (Netz- und Anlagenschutz) gemäß VSE Branchenempfehlung NA/EEA-NE7-CH und nach Angaben des Netzbetreibers vorzusehen.

Dieser kann abhängig von Nennleistung der EEA mittels separater Überwachungseinheit oder als integrierter NA-Schutz ausgeführt sein. Der NA-Schutz soll sicherstellen, dass der Anschluss einer EEA das Niederspannungsverteilnetz nicht in seiner Funktion oder seiner Sicherheit beeinträchtigt. Der NA-Schutz ist entweder extern (mit separaten Komponenten) oder intern (bspw. in einem Stromrichter) realisiert.

Der NA-Schutz ist zwar grundsätzlich für jede EEA vorzusehen. Er wird jedoch im Umfang der EEA betrachtet und bezieht sich immer auf eine solche. Bei mehreren unabhängigen EEA muss der NA-Schutz nicht kombiniert werden.

## **Anlagenschalter/Kuppelschalter [11], Kap. 4.6**

Die Anlagen-/Kuppelschalter verhindern unbeabsichtigtes Wiedereinschalten elektrisch versorgter Betriebsmittel während der Wartung. Dieser muss abschliessbar sein, außer er ist unter Kontrolle (d.h. in Sichtweite).

Unter Anlagenschalter versteht man:

- Sicherheitsschalter im Hauptstromkreis (direkte Abschaltung)
- Sicherheitsschalter im Steuerstromkreis eines Sicherheitsschützes (indirekte Abschaltung), vorausgesetzt, dass die Abschaltung des Hauptstromkreises durch eine Anzeigelampe gemeldet wird
- Steckvorrichtung max. 16 A im Hauptstromkreis. Falls diese Steckvorrichtung für die Funktionssteuerung verwendet wird, muss sie NIN Ziff. 4.6.3.1 Abs. 5 genügen.

## **Bewilligungspflicht für Installationsarbeiten [11], Kap. 5**

Wer Installationen erstellt, ändert oder Instand hält benötigt eine Installationsbewilligung des ESTI.

EEA mit oder ohne Verbindung zu einem Niederspannungsverteilstromnetz gelten beide als elektrische Installationen, welche der Bewilligungspflicht unterliegen (vgl. Art. 2 Abs. 1 Bst. c NIV). Grundsätzlich ist eine allgemeine Installationsbewilligung für natürliche Personen (Art. 7 NIV) oder für Betriebe (Art. 9 NIV) erforderlich.

## **Erstprüfung und Schlusskontrolle [11], Kap. 6**

Vor Inbetriebnahme von Teilen oder ganzen elektrischen Installationen eine baubegleitende Erstprüfung durchgeführt und dokumentiert werden.

Vor der Übergabe der elektrischen Installation an den Eigentümer muss eine fachkundige Person eine Schlusskontrolle durchführen und in einem Sicherheitsnachweis die Ergebnisse dieser Kontrolle festhalten. Der Eigentümer bekommt das Mess- und Prüfprotokoll für PV-Anlagen (dort sind mindestens alle Messwerte enthalten, welche die SNEN 62446-1 als Dokumentation fordert. In der Schweiz sind zusätzliche Angaben zu den Einstellungen der Wechselrichter – bspw. Q(U), P(U), oder ähnliches zu dokumentieren.)

## **Nachweis der Sicherheit und Abnahmekontrolle [11], Kap. 7**

*EEA mit Verbindung zum Netz:* Eigentümer muss unabhängig von Kontrollperiode innerhalb von zwei (im Fall von Wohnbauten) oder sechs Monaten (alle übrigen Fälle) eine Abnahmekontrolle durch ein unabhängiges Kontrollorgan oder eine akkreditierte Inspektionsstelle veranlassen und innerhalb dieser Frist den Sicherheitsnachweis der Netzbetreiberin einreichen.

*EEA ohne Verbindung zum Netz:* Eigentümer muss innerhalb von sechs Monaten eine Abnahmekontrolle durch ein unabhängiges Kontrollorgan oder eine akkreditierte Inspektionsstelle veranlassen, sofern die Kontrollperiode der elektrischen Installationen, mit welchen die Anlage verbunden ist, weniger als 20 Jahre beträgt. Sicherheitsnachweis innerhalb der Frist von sechs Monaten beim ESTI einreichen.

*EEA ohne Verbindung zum Netz und 20jähriger Kontrollperiode (d.h. für Wohngebäude):* Eigentümer muss keine Abnahmekontrolle vorlegen. Eigentümer reicht den Sicherheitsnachweis nach Schlusskontrolle bzw. das Protokoll der Erstprüfung oder das Protokoll der Kontrolle der ausgeführten Arbeiten beim ESTI ein.

## **Meldepflicht der Netzbetreiberin / Stichprobenkontrollen [11], Kap. 8**

Netzbetreiberinnen übermitteln dem Inspektorat die Fertigmeldung von EEA mit Verbindung zu einem Niederspannungsverteilstromnetz innert 14 Tagen nach Eingang der Sicherheitsnachweise elektronisch ans ESTI. Die Eingabe der Daten erfolgt über das Webportal des ESTI.

- ➔ Gilt für neue EEA mit Wirkleistung  $\geq 50$  kW oder eine Scheinleistung von  $\geq 55$  kVA bei einem minimalen Leistungsfaktor von  $\cos \varphi \geq 0.9$  (Energie kann ins Netz zurückgespeist werden), oder ESTI gibt vor durch Risikobeurteilung.
- ESTI prüft/macht Stichprobenkontrollen dieser Anlagen

### **Netzparallelbetrieb** [11], Kap. 12

Für den Netzparallelbetrieb von EEA ist die VSE-Branchenempfehlung NA/EEA-NE7 – CH 2020 einzuhalten. Darin sind ebenfalls die Einstellwerte für die Zuschaltung, die Schutzfunktionen und den Betrieb von EEA und Energiespeicher auf Niederspannung für die Schweiz (Ländereinstellungen CH) festgehalten.

### 4.3 Zusammenfassung ESTI Weisung 221:0621

*Meldepflichten bei allgemeinen und eingeschränkten Installationsbewilligungen – in Kraft seit 1. Juli 2021*

#### **Hintergrund zum Dokument:**

Auf 1. Juli 2021 wurde die VPeA (Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für elektrische Anlagen) dahingehend geändert, dass EEA mit Anschluss an das Niederspannungsnetz nicht mehr der Plangenehmigungspflicht unterliegen. Mit der Weisung regelt und detailliert das ESTI das neue Meldeverfahren.

#### **Grundsätzliches:**

Inhaber müssen vor Ausführung von Installationsarbeiten an den jeweiligen Netzbetreiber eine Installationsanzeige (IA) abgeben. Das ESTI macht Ausnahmen, welche Anlagen keine IA benötigen.

#### **Grundsatz** [12], Kap 2

Sämtliche Installationsarbeiten müssen rechtzeitig dem Netzbetreiber gemeldet werden. Netzbetreiber können sich gewünschte Form der Meldung aussuchen.

#### **Ausnahmen von der Meldepflicht** [12], Kap 3

Keine Ausnahme gilt für folgende Arbeiten:

- Neuinstallationen und Installationserweiterungen, welche eine Leistungserhöhung von  $> 3.7$  kVA bewirken
- Demontage von Elektroinstallationen  $> 3.7$  kVA
- Erstellung eines neuen Netzanschlusses
- Erweiterung oder Änderung des bestehenden Netzanschlusses
- Anschluss von Geräten und Anlagen, die Spannungsänderungen verursachen können gemäss WV-CH
- Anschluss von Geräten und Anlagen, die Oberschwingungen verursachen gemäss WV-CH
- Anschluss von Aktivfiltern und Saugkreisanlagen gemäss WV-CH

- Anschluss von Energieerzeugungsanlagen mit Verbindung zum Niederspannungsverteilnetz (Parallel- und Inselbetrieb)
- Anschluss stationärer elektrischer Energiespeicher
- Anschluss von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge
- Neuerstellung, Änderung oder Erweiterung von Hausleitungen, Steuerleitungen sowie von Messeinrichtungen der Netzbetreiberin
- Installationen, die eine Anpassung, eine Montage, Demontage oder Auswechslung von Mess- und Steuerapparaten der Netzbetreiberin bedingen
- Provisorische und temporäre Anlagen wie Baustellen, Schaustelleranlagen, Festbetriebe usw.

**Ausnahme von der Pflicht, einen formellen Sicherheitsnachweis auszustellen [12], Kap 4**

Auch wenn die Ausnahme gilt, sind die folgenden Arbeiten vorzunehmen:

- Vor Inbetriebnahme muss eine baubegleitende Erstprüfung erfolgen und protokolliert werden.
- Vor Übergabe an Inhaber muss eine Schlusskontrolle erfolgen.

Bei den folgenden Arbeiten wird kein formeller Sicherheitsnachweis (SiNa) notwendig:

- Reparaturen an und das Auswechseln von elektrischen Niederspannungserzeugnissen wie z.B. Haushaltgeräten, Lampen, Steckdosen, etc.
- Leistungsänderungen von maximal 3.7 kVA
- Es werden keine Hausleitungen/Bezügerleitungen/Verteilleitungen angepasst
- Es liegt keine Meldepflicht gemäss Artikel 3 (der ESTI Weisung) vor

Es ist immer zulässig, freiwillig einen SiNa zu erstellen.

Bei Installationen mit Kontrollperioden weniger als 20 Jahren müssen Abnahmekontrollen und formelle Sicherheitsnachweise erstellt werden.

## 4.4 Zusammenfassung VSE-Empfehlung NA/EEA – NE7

### Hintergrund:

Die Inkraftsetzung der Verordnung der EU auf der Basis der Gridcodes der ENTSOE-E führte dazu, dass der VSE 2014 ein eigenes Dokument erstellte und in Kraft setzte. Dieses stützte sich im Wesentlichen auf die Anforderungen, wie sie in der VDE-AR-N-4105 gestellt wurden und umfasste alle Netzebenen. Die überarbeitete Fassung von 2020 teilt einerseits in die Anforderungen für die NE7 / NE 3 – 5 auf und stützte sich auf die Anforderungen an EEA, wie sie in der SNEN 50549-1 festgehalten sind.

### Kuppelschalter [1], Kap. 7.3

Für den Anschluss der EEA an das Verteilnetz ist ein Kuppelschalter einzusetzen. Der Kuppelschalter wird von der NA-Überwachungseinheit angesteuert und löst automatisch aus, wenn mindestens eine Schutzfunktion angesprochen hat. Der Kuppelschalter kann dabei extern oder intern ausgeführt sein:

#### Externer Kuppelschalter:

- Wird bei EEA >30kVA eingesetzt. Anlagen <30kVA benötigen nur einen integrierten Kuppelschalter
- Ist galvanisch trennend
- Der Kuppelschalter ist ein eigenständiges Betriebsmittel, welches z.B in der Hauptverteilung eingebaut wird
- Bei Netzstörungen mit Unterspannung darf der Kuppelschalter keine Fehlfunktion zur Folge haben und die FRT-Anforderung der EEA nicht beeinträchtigen

#### Integrierter Kuppelschalter:

- Diese Kuppelschalter sind in die EEA integriert.
- Ist galvanisch trennend
- Muss auf der Netzseite von jedem Stromrichter vorgesehen werden, die einer NEV-Prüfung unterliegen.
- Sofern es sich um eine einzelne EEA (bspw. Stromrichter) mit integriertem NA-Schutz und Kuppelschalter handelt, ist der integrierte Kuppelschalter bis  $\leq 100$  kVA ausreichend.

### Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz) [1], Kap.7.4

Der NA-Schutz hat die Aufgabe, die EEA oder EEE bei unzulässigen Spannungs- und Frequenzwerten vom Netz zu trennen. Der NA-Schutz muss dabei folgende Funktionen realisieren:

- Über- / Unter-Spannungsschutz
- Über- / Unter-Frequenzschutz
- Inselnetzerkennung

Die generellen Anforderungen an den NA-Schutz sind in Tabelle 1 aufgeführt:

Tabelle 1: NA-Schutz-Funktionen

Beschreibung der Indexes: M = Muss K = kann (immer zulässig) - = Nein (nicht zulässig)	≤30 kVA	> 30 kVA und ≤ 100 kVA		> 100 kVA
		1 x EEE	> 1 x EEE	
<b>Integrierte NA-Schutzfunktion</b> mit integriertem Kuppelschalter im Stromrichter	M	M	M	M
<b>Externes NA Schutzrelais</b> (wirkt auf den integrierten Kuppelschalter)	K	M	-	-
<b>Externer Kuppelschalter</b>	K	K	M	M
<b>Externes NA Schutzrelais</b> (wirkt auf den integrierten und externen Kuppelschalter)	K	K	M	M

Ein Externer NA-Schutz für EEA >30kVA ist ein eigenständiges Betriebsmittel und muss zur Prüfung des Auslösekreis mit dem Kuppelschalter eine Testfunktion enthalten. Die Anforderungen sind in Abb. 4 schematisch zusammengefasst.

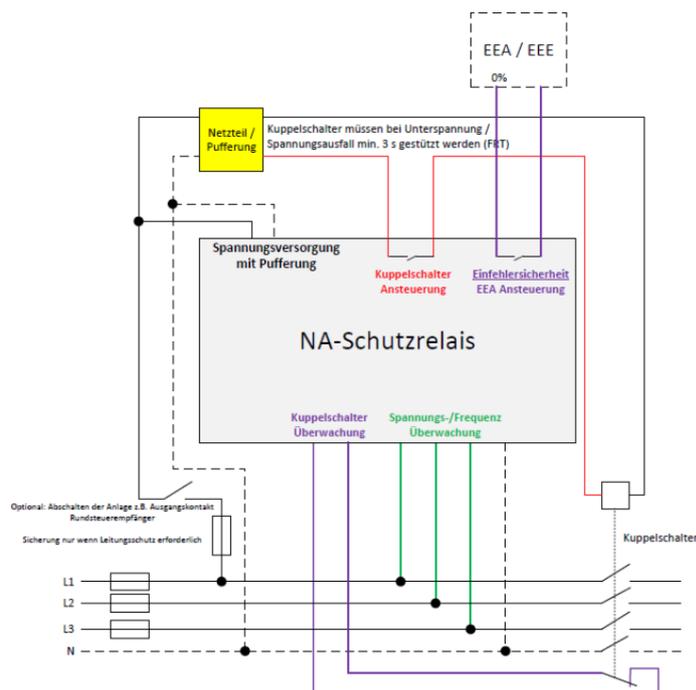


Abbildung 7: Externes NA-Schutzrelais mit Pufferung für FRT sowie Einfehlersicherheit

Der integrierte NA-Schutz kann in der programmierbaren Anlagensteuerung umgesetzt werden und wirkt auf den internen Kuppelschalter. Es braucht dann keine Prüffunktion.

## 4.5 Zusammenfassung Swissolar NA EEA PVNE7 2021

### Hintergrund zum Dokument:

Weil sich die beiden Organisationen VSE (als Herausgeber des Branchendokuments) und Swissolar (als Vertreter der Planer und Installateure von PV-Anlagen) in der Sache der Anforderungen an den NA-Schutz nicht einigen konnten, ergänzte Swissolar die Branchenempfehlung des VSE mit einem eigenen Dokument, das vor allem in Bezug auf den NA-Schutz die unterschiedliche Bauweise von Wechselrichtern gegenüber derjenigen von rotierenden Maschinen wesentlich besser berücksichtigt.

### Allgemein

Ein Grossteil dieser Empfehlung ist eine eins zu eins Kopie der VSE NA/EEA-NE7 – 2020. Der grösste Unterschied betrifft das Kapitel 7.4 NA-Schutz.

### Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz) [2], Kap 7.4

Die Funktion des NA-Schutzes gemäss SNEN 50549-1 nimmt der integrierte NA-Schutz im Wechselrichter vollumfänglich wahr, weshalb ein externer Schutz keine zusätzliche Sicherheit bietet. Der WR verfügt durch einen geeigneten Aufbau über die dazu notwendige Sicherheit. Diese Einfehlersicherheit wird in der Typenprüfung für die WR (SNEN 62109-1/-2) verlangt und geprüft.

## 5 Übersicht der untersuchten **deutschen** Gesetze, Verordnungen und Regeln der Technik

In Deutschland hat die VDE die beiden Anwendungsregeln 4150 und 0124-100 herausgegeben, die den Anschluss eines Umrichters ans Niederspannungsnetz regeln.

<b>Name</b>	<b>Land</b>	<b>Kurzname</b>	<b>Herausgeber</b>	<b>Gültig seit</b>
Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz – Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz [13]	DE	VDE-AR-N 4105 (auf Basis DINEN 50549-1)	VDE	2018
Netzintegration von Erzeugungsanlagen Niederspannung – Prüfanforderungen an Erzeugungseinheiten, vorgesehen zum Anschluss und Parallelbetrieb am Niederspannungsnetz [14]	DE	VDE V 0124-100	VDE	2020

## 5.1 Zusammenfassung TAR NS (VDE-AR-N 4100 / 4105)

Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz - Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz

In Kraft seit 2018

### Neu:

- Anforderungen NA-Schutz und Kuppelschalter
- Anforderungen an den Nachweis der elektrischen Eigenschaften

### Inbetriebsetzung der Erzeugungsanlage und/oder des Speichers [13], Kap. 4.3

Im Falle des zentralen NA-Schutzes ist zur Prüfung des Auslösekreises „NA-Schutz – Kuppelschalter“ vom Anlagenerrichter ein Auslösetest vorzunehmen. Der zentrale NA-Schutz muss dazu über eine Möglichkeit verfügen, die Auslösung des Kuppelschalters vor Ort zu prüfen (z. B. über eine Prüftaste). Am Kuppelschalter muss die Auslösung visualisiert sein. Außerdem ist zu überprüfen, dass eine Unterbrechung des Auslösekreises zwischen zentralem NA-Schutz und Kuppelschalter zur Ausschaltung des Kuppelschalters führt.

Der Einstellwert für den Spannungssteigerungsschutz  $U >$  in dem NA-Schutz, der dem Netzanschluss am nächsten liegt (dies kann der zentrale, aber auch der integrierte NA-Schutz sein), ist hinsichtlich der Einstellung auf  $1,1 U_n$  zu kontrollieren, ggf. auf  $1,1 U_n$  zu ändern.

Sowohl zentraler als auch integrierter NA-Schutz sind nach der Inbetriebsetzung der Erzeugungsanlage und/oder des Speichers zu plombieren oder mit einem Passwortschutz zu versehen. Das Passwort darf dem Anlagenbetreiber nicht zugänglich gemacht werden.

### Generelle Anforderungen an den NA-Schutz [13], Kap.6.1

- Anlagen  $>30\text{kVA}$ :
  - Zentraler NA-Schutz am zentralen Zählerplatz
  - Ausnahme: Bei Speichern, die nicht in das Niederspannungsnetz des Netzbetreibers einspeisen, ist auch  $> 30 \text{ kVA}$  ein integrierter NA-Schutz zulässig.
- Anlagen  $<30\text{kVA}$ :
  - Zentraler NA-Schutz am zentralen Zählerplatz oder dezentral in einer Unterverteilung oder
  - integrierter NA-Schutz.

Der Ausfall der Hilfsspannung des zentralen NA-Schutzes oder der Steuerung des integrierten NA-Schutzes muss zum unverzügerten Auslösen des Kuppelschalters führen. Die Schutzauslösung des integrierten Schutzes darf durch sonstige Funktionen der Steuerung nicht unzulässig verzögert werden, damit die erforderlichen Abschaltzeiten eingehalten

werden. Die Schutzfunktionen müssen auch bei einem Fehler der Anlagensteuerung erhalten bleiben.

In Kapitel «NA-Schutz Ausführungen nach VDE-AR-N 4105:2018-11» am Ende dieses Dokuments aufgelistet.

## **6.4 Kuppelschalter [13], Kap.6.4**

### **Allgemein [13], Kap.6.4.1**

Für den Anschluss der Erzeugungsanlage an das Niederspannungsnetz des Netzbetreibers oder an die übrige Kundenanlage ist ein Kuppelschalter zu verwenden. Der Kuppelschalter wird vom NA-Schutz angesteuert und löst automatisch aus, wenn mindestens eine Schutzfunktion anspricht. Als Kuppelschalter können die Schalteinrichtungen der einzelnen Erzeugungseinheiten (integrierter Kuppelschalter) verwendet werden.

Unterschied zur Version von 2011:

In der alten Version wurde der Kuppelschalter als «Zwei in Reihe geschaltete elektrische Schalteinrichtungen» definiert. Grund dafür war einen einphasigen Betrieb definitive auszuschliessen zu können

### **Zentraler Kuppelschalter [13], Kap.6.4.2**

Der zentrale Kuppelschalter ist als galvanische Schalteinrichtung auszuführen (z. B. Schütz, Motorschutzschalter, mechanischer Leistungsschalter). In einer Erzeugungsanlage, die die dynamische Netzstützung ausführen muss, ist ein Kuppelschalter einzusetzen, der die Einhaltung der Anforderungen nach 5.7.3 ermöglicht (keine Fehlfunktion bei Unterspannung im Rahmen der FRT-Anforderungen).

Der Kuppelschalter ist im Verteilerfeld des zentralen Zählerplatzes oder unmittelbar am zentralen Zählerplatz in einem Stromkreisverteiler zu installieren. Beispiele für die Anordnung von Kuppelschaltern und damit den Anschluss von Erzeugungsanlagen an Zählerplätze sind in Anhang C dargestellt.

## Weitere Ausführungen

### A.3 Ausführung der Erzeugungsanlage/Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz) (6.1)

In Tabelle A.1 sind die möglichen Varianten von Einspeisung und Schutz für PV-Anlagen in Abhängigkeit der maximalen Scheinleistung der Erzeugungsanlage  $S_{Amax}$  dargestellt.

**Tabelle A.1 – Umsetzung der NA-Schutz-Bedingungen nach 6.1**

	EZA $\leq$ 13,8 kVA	13,8 kVA $\leq$ EZA $\leq$ 30 kVA	EZA $>$ 30 kVA
Einspeisung	Einphasig oder Drehstrom	Drehstrom	Drehstrom
Schutz	Integrierter NA-Schutz mit $U > = 1,1 U_n$ oder Zentraler NA-Schutz mit $U > = 1,1 U_n$ oder Zentraler NA-Schutz mit $U > = 1,1 U_n$ und Integrierter NA-Schutz mit $U > = 1,1 \dots 1,15 U_n$		Zentraler NA-Schutz mit $U > = 1,1 U_n$ oder Zentraler NA-Schutz mit $U > = 1,1 U_n$ und Integrierter NA-Schutz mit $U > = 1,1 \dots 1,15 U_n$

### Inselnetzerkennung [13], Kap.6.5.3

Die Inselnetzerkennung kann aktiv oder passiv erfolgen:

- aktives Verfahren, z. B. mittels Frequenz-Shift-Verfahren (in der Regel bei PV-Anlagen), oder Kombination aus aktiven und passiven Verfahren, wobei als passives Verfahren z. B. das RoCoF-Verfahren eingesetzt werden kann
- Passives Verfahren mit Hilfe der dreiphasigen Spannungsüberwachung (nur bei Erzeugungseinheiten ohne Umrichter oder bei einphasigen Erzeugungseinheiten mit Umrichtern möglich).

Die Inselnetzerkennung wird im zentralen NA-Schutz oder im integrierten NA-Schutz der Erzeugungseinheit realisiert. Ist in allen Erzeugungseinheiten einer Erzeugungsanlage eine Inselnetzerkennung integriert, die auf den integrierten Kuppelschalter wirkt, darf – unabhängig von der Anlagenleistung – auf die Inselnetzerkennung im zentralen NA-Schutz verzichtet werden.

## 5.2 Zusammenfassung VDE-V-0124-100

Netzintegration von Erzeugungsanlagen - Niederspannung – Prüfanforderungen an Erzeugungseinheiten, vorgesehen zum Anschluss und Parallelbetrieb am Niederspannungsnetz

In Kraft seit 2020

### **Prüfung des NA-Schutzes [14], Kap 5.5.2**

Dieses Kapitel behandelt den Test des NA-Schutzes

- Es ist zu prüfen, dass einzelne Fehler nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen. Mögliche Fehler sind z.B.:
  1. Fehler der Messung, bzw. AD-Wandlers
  2. Fehlfunktion des Controllers
  3. Klebende Kontakte des am Relais
  4. Überspannung der Versorgungsspannung
  5. Leitungsunterbruch
  6. Ausfall der Versorgungsspannung
- Bei den Fehlern 1-5 muss ein Abschaltsignal an den Kuppelschalter innert 10s erfolgen. Bei 6 sofortiges abschalten

### **Prüfung des zentralen NA-Schutzes [14], Kap 5.5.3**

Als Prüfung des zentralen NA-Schutzes ist folgendes durchzuführen:

- Die Hilfsspannung wird ausgeschaltet
- Die Prüfeinrichtung wird betätigt

Die Prüfung ist bestanden, wenn unverzüglich das Abschaltsignal erzeugt wird.

### **Zentraler Kuppelschalter [14], Kap 5.5.6.2**

Bei der Prüfung des zentralen KS müssen die Daten des KS (Vorsicherung, Eigenzeit, Anfangs-Ik") überprüft werden.

### **Integrierter Kuppelschalter [14], Kap 5.5.6.3**

Es ist der KS inklusive integrierter NA-Schutz zu testen. Folgende Überwachungen sind möglich:

- Bei Verwendung eines KS mit externer Steuerspannung der bei Wegfall dieser automatisch ausschaltet sind die betriebsmässigen Schaltvorgänge zu überwachen
- Eine min. Tägliche Ein-Ausschaltung des KS durch den NA-Schutz. Es ist die Funktion des KS zu überwachen.
- Verwendung nach EN 62109-1

Bei der Prüfung des KS ist eine Sichtprüfung durchzuführen, ob ein galvanisches Schaltelement vorhanden ist.

Es sind bei der Prüfung folgende Signale zu erfassen:

Aufgezeichnete Signale		Aufbereitung		Mittelung			
	Bedeutung	Momentanwert	Effektivwert	keine	blockweise	gleitend	Mittelungs-Zeitraum
u	Spannung L-N	x		x			
i	Leiterströme	x		x			
U_aux	Hilfsspannung des NA	x		x			
X1	Auslösesignal KS	x		x			
P_soll	Sollwertsignal bei geführten EZE	x		x			
U_dc	DC-Spannung (Umrichter, PV)	x		x			
I_dc	DC-Strom (Umrichter, PV)	x		x			
<b>Berechnete Signale / ermittelte Werte</b>							
U	Spannung L-N		x		x		200ms
P	Wirkleistung total		x		x		200ms
Q	Blindleistung total		x		x		200ms
T_ges	Abschaltzeit der gesamten Kette		x	x			
T_eigen	Eigenzeit des KS		x	x			
i_k''	max. Anfangskurzschlussstrom	x		x			
<b>Weitere Signale</b>							
P_prim	Primärdargebot	x		x			
P_Dc	Verfügbare DC-Leistung		x		x		200ms

### Schutzeinrichtungen und Schutzeinstellungen [14], Kap 5.5.7

Dieses Kapitel behandelt die Prüfung der gesamten Schutzkette. Bei einem integrierten NA ist dies die einzige Prüfung, die durchgeführt werden muss.

#### Allgemeines [14], Kap 5.5.7.1

- Messungen des Integrierten NA-Schutzes erfolgen mit Netzsimulator
- Zentrale NA-Schutz und Integrierte NA-Schutz mit Prüfklemmen werden mit Relaisprüfgerät oder Netzsimulator gemessen

Bei der Prüfung müssen folgende Signale und Werte erfasst werden:

Aufgezeichnete Signale		Aufbereitung		Mittlung			
	Bedeutung	Momentanwert	Effektivwert	keine	blockweise	gleitend	Mittelungs-Zeitraum
u_ext	Simulierte Netzspannung	x					
X1	Signal Schutzanregung	x					
X2	Auslösesignal Kuppelschalter	x					
X3	Triggersignal der Spannungsquelle (opt.)						
Berechnete Signale / ermittelte Werte							
f_ext	Tatsächliche ausgegebene Netzfrequ.		x			x	1/f
U L-L / U L-N	Leiterspannungen		x		x		1/f

### Prüfung der der Einstellwerte [14], Kap 5.5.7.2.1

- Bei der Prüfung des NA-Schutzes müssen die Parameter gemäss Abbildung 5 eingestellt werden, sofern keine Einstellung nach VDE 4105 verfügbar ist.
- Die Prüfung ist bestanden, wenn die Schaltschwellen weniger als +/- 1% Abweichung aufweisen.
- Bei einem Zentralen NA-Schutz müssen die Werte ohne Hilfsmittel ablesbar sein
- Bei einem Integrierten NA-Schutz müssen die Werte per Display oder Software ausgelesen werden können.

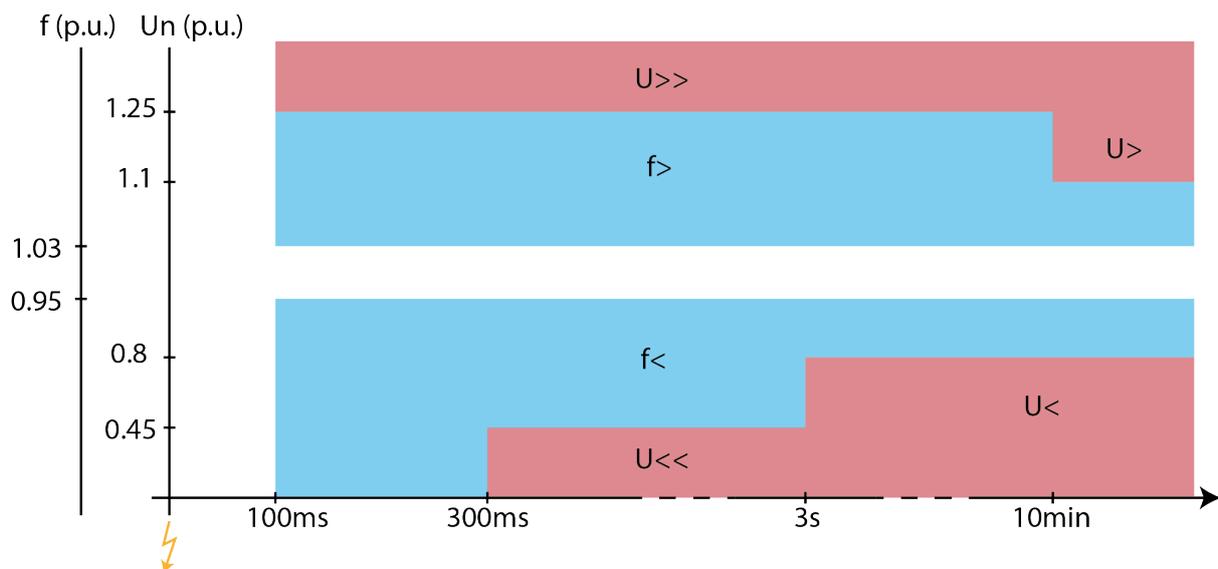


Abbildung 8: Einstellwerte für die Prüfung der Spannungs- / Frequenzüberwachung für Umrichter

### **Bauliche Merkmale des NA-Schutzes [14], Kap 5.5.9**

Der NA-Schutz muss vor unbefugtem Zugriff geschützt sein durch Plombieren, Passwort oder andere geeignete Arten.

### **Inselnetzerkennung [14], Kap 5.5.10**

- Inselnetze müssen innerhalb von 9s abgeschaltet sein
- Es muss  $U >$  und die Zeitverzögerung für  $U <<$  und  $U <$  einstellbar sein.

Bei Passiven Verfahren wird die Erkennung durch Spannungssteigerung- und Spannungsrückgangsschutz des NA-Schutzes realisiert

Bei aktiven Verfahren wird nach DIN EN 62116 geprüft.

## 6 Übersicht der untersuchten österreichischen Gesetze, Verordnungen und Regeln der Technik Zusammenfassung Österreich

In Österreich ist die E-Control für die Regulierung der Elektrizitäts- und Erdgaswirtschaft zuständig. Dabei erarbeitet sie in Zusammenarbeit mit den Marktteilnehmern die Marktregeln und veröffentlicht sie, um so ein geordnetes Funktionieren des Elektrizitätsmarktes zu ermöglichen und zu gewährleisten. Dazu kommt die OVE (Österreichischer Verband für Elektrotechnik), welche die österreichischen Interessen hinsichtlich Normung, Zertifizierung und Blitzforschung vertritt. Teil der Marktregeln sind die *Technischen und Organisatorischen Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen (TOR)* welche die Interoperabilität der Netznutzung zwischen Netzbetreibern und Netzbenutzern regeln. Sie ist ein verbindliches Regelwerk für die Betreiber und Benutzer, und werden auf europäische Gridcodes gestützt. Die TOR wird in Einzelteile aufgeteilt, wobei EEA und dazugehöriger NA-Schutz in den von diesem Projekt vorgegebenen Netzebenen in den folgenden Teilen vorkommt.

- TOR Verteilernetzanschluss Mittelspannung [17]
  - Die TOR Verteilernetzanschluss Mittelspannung ersetzt die alte Fassung TOR Teil C und wird nun auf Niederspannungs-, Mittelspannungs- und Hochspannungsebene aufgeteilt.
  - In der TOR wird beschrieben wie Netze und Lasten bezüglich Frequenzhaltung, dynamischer Netzstützung sowie Spannungshaltung, Blindleistungsaustausch und Netzwiederausbau koordiniert werden sollen.
- TOR Netze und Lasten [18]
  - Die TOR Netze und Lasten beinhaltet den Anschluss und Parallelbetrieb von Netzen und Lasten mit Übertragungsnetzanschluss.
  - In der TOR werden die Anforderungen für Frequenzhaltung, Kurzschlussfähigkeit, Blindleistungsaustausch sowie Systemschutz und Netzwiederaufbau definiert.
- TOR Erzeuger Typ A [15]
  - Die TOR Erzeuger Typ A ist ein Teil der neuen TOR Stromerzeugungsanlagen welche die alte TOR Teil D4 (Erzeuger) ersetzt. Dabei ist sie nun in vier Typen (Typ A, Typ B, Typ C und Typ D) basierend auf Maximalkapazität und Nennspannung aufgeteilt. In diesem Projekt wird auf Typ A verwiesen in dem die Maximalkapazität < 250 kW und die Nennspannung < 110 kV beträgt. Der Unterschied zwischen den unterschiedlichen Typen besteht vor allem in den Anforderungen und der Koordination mit dem Verteilnetzbetreiber bzw. Übertragungsnetzbetreiber.
  - In der TOR wird genau das Verhalten für Frequenzhaltung, dynamischer Netzstützung und statischer Spannungshaltung sowie Systemschutz und Netzwiederaufbau mit Erzeugungsanlagen beschrieben.

Darüber hinaus gilt ebenfalls die OVE-Richtlinie R 25:2020-03-01, in der die Prüfung von EEA weiter spezifiziert wird.

## 6.1 Technische und organisatorische Regeln (TOR) für Betreiber und Benutzer von Netzen – TOR Verteilernetzanschluss für die Mittelspannung (Netzebenen 4 und 5):

### **Entkopplungsschutz:**

Es gibt eine Entkopplungsstelle. Für die Schalteinrichtung dieser gilt:

- Löst automatisch aus, wenn Schutzfunktion der Schutzeinrichtung anspricht
- Muss mindestens Lastschaltvermögen haben
- Muss für abzuschaltende Kurzschlussleistung ausgelegt sein
- Muss überprüfbar sein

### **Anforderungen hinsichtlich des Schutzes:**

VNB legt unter Berücksichtigung der Merkmale des Netzes und der Kundenanlage fest, welche Geräte und Einstellungen für den Schutz des Verteilernetzes erforderlich sind. Relevanter VNB und nachgelagerter VNB/Endbenutzer bzw. VNBs mit Querverbindung auf derselben Spannungsebene vereinbaren relevante Schutzsysteme und -einstellungen.

Konzeption der Schutzgeräte:

- Entsprechende Reserveschutzkonzepte
- Fehler werden selektiv und ohne unzulässige Rückwirkungen auf das Verteilernetz abgeschaltet
- Einstellungen von Schutzeinrichtungen, deren Funktionen für das Verteilernetz relevant sind, werden einvernehmlich von den Partnern festgelegt

Folgende Aspekte können Schutzgeräte umfassen:

- externe und interne Kurzschlüsse
- Über- und Unterspannungen am Netzanschlusspunkt mit dem Verteilernetz
- Über- und Unterfrequenzen
- Schutz der Verbraucherstromkreise
- Transformatorschutz
- Reserveschutzkonzepte für Schutz- und Schaltfehler

Grundsätzlich müssen bei den Einstellwerten die Staffelzeiten und die Selektivität bei den Schutzeinrichtungen eingehalten werden. Es muss mit dem Netzbetreiber eine entsprechende Koordination abgestimmt werden.

## 6.2 Technische und organisatorische Regeln (TOR) für Betreiber und Benutzer von Netzen – TOR Netze und Lasten mit Übertragungsnetzanschluss:

### **Schutz** [18], Kap 6.1

Anlagen und Lasten müssen so ausgelegt und errichtet werden, dass sie den Kurzschlussstrom mechanisch und thermisch standhalten. Isolationspegel müssen mit dem Netz koordiniert werden.

### **Entkopplungsstelle** [18], Kap. 6.1.1

Es gilt für die Schalteinrichtung:

- Löst automatisch aus, wenn Schutzfunktion der Schutzeinrichtung anspricht
- Muss mindestens Lastschaltvermögen haben
- Muss für abzuschaltende Kurzschlussleistung ausgelegt sein
- Muss überprüfbar sein

Backup-Systeme müssen über Kommunikationssysteme verfügen, die mindestens 24 Stunden für den Netzwiederaufbauplan Informationen austauschen können.

### **Anforderungen hinsichtlich des Schutzes** [18], Kap. 6.3

Relevante ÜNB und VNB/Netzbenutzer vereinbaren die für Netze und Lasten relevanten Schutzsysteme und -einstellungen. Konzeption in der Art, dass bei Ausfall einer Schutzkomponente nicht die gesamte Schutzfunktionskette ausfällt und dass die Abschaltung selektiv und ohne zusätzliche Rückwirkungen auf das Übertragungsnetz passiert.

Relevanter ÜNB hat jederzeit gefahrlosen Zugang zu den Einrichtungen, im Sinne der Zufahrt etc.

Bei Änderungen muss der ÜNB sofort in Kenntnis gesetzt werden.

### **Instandhaltung** [18], Kap. 9.4

Instandhaltung der Netze und Lasten ist VNB oder Netzbetreiber verantwortlich. In periodischen Abständen sind Prüfungen durchzuführen, insbesondere sind Schutzeinrichtungen von befugter Person zu prüfen und auf Verlangen Prüfbefunde dem ÜNB bereitzustellen.

### 6.3 Technische und organisatorische Regeln (TOR) für Betreiber und Benutzer von Netzen – TOR Erzeuger: Anschluss und Parallelbetrieb von Stromerzeugungsanlagen des Typs A und von Kleinsterzeugungsanlagen (Maximalkapazität < 250 kW und Nennspannung < 110 kV):

#### Anforderungen an die Frequenzhaltung [15], Kap. 5.1

Stromerzeugungsanlagen müssen in der Lage sein, innerhalb der in Tabelle angegebenen Frequenzbereiche und Zeiträume die Verbindung mit dem Netz und den Betrieb aufrechtzuerhalten.

Relevante VNB kann in Abstimmung mit relevantem ÜNB diese Frequenzbereiche und Mindestzeiten verändern – Netzbenutzer darf dies nicht verweigern.

Frequenzbereich	Mindestzeitraum
47,5 Hz – 48,5 Hz	60 Minuten
48,5 Hz – 49,0 Hz	90 Minuten <sup>10</sup>
49,0 Hz – 51,0 Hz	unbegrenzt
51,0 Hz – 51,5 Hz	30 Minuten

Figure 1: Frequenzhaltung

Darüber hinaus sind Sollwerte aus entsprechenden Überfrequenz-Kennlinien abzulesen.

#### Anforderungen hinsichtlich Robustheit und dynamischer Netzstützung [15], Kap. 5.2

FRT-Fähigkeit muss für symmetrische und asymmetrische Fehler im Netz aufrechterhalten werden.

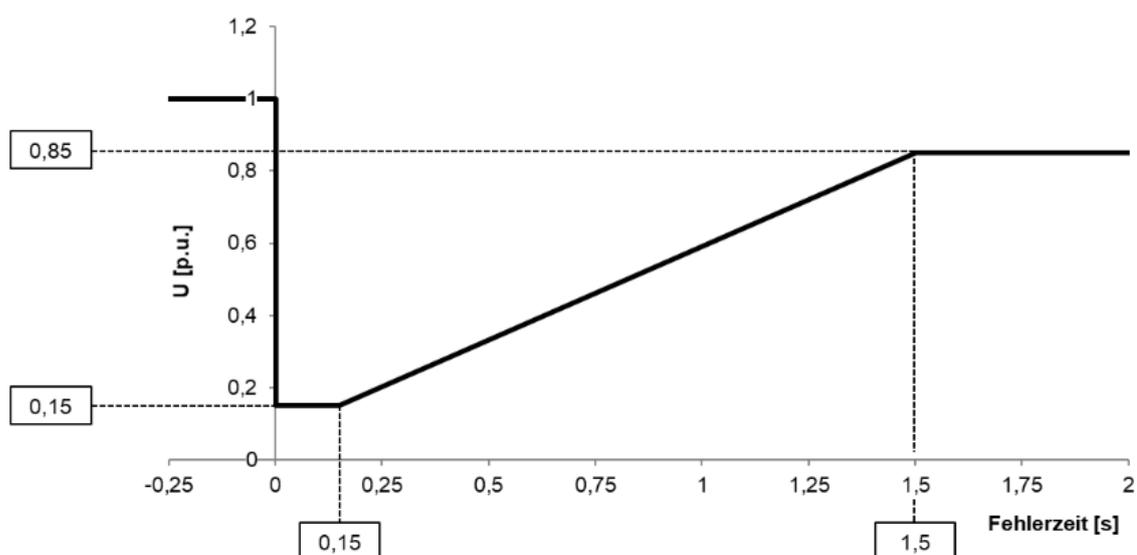


Figure 2: FRT-Profil für nichtsynchrone Energieerzeugungseinheiten (Typ 2), z.B. Stromrichter mit Netzanschlusspunkt auf NS-Ebene

### Anforderungen hinsichtlich statischer Spannungshaltung [15], Kap.5.3

Unbeschadet der FRT-Fähigkeit muss eine Stromerzeugungsanlage in der Lage sein, während der in folgenden Tabellen angegebenen Zeiträume und innerhalb der in diesen Tabellen aufgeführten Netzspannungsbereiche, die als Spannung in Bezug auf den Referenzwert 1 p.u. angegeben sind, die Verbindung mit dem Netz und den Betrieb aufrechtzuerhalten:

Spannungsbereich	Mindestzeitraum	Spannungsbereich	Mindestzeitraum
0,85 p.u. – 0,9 p.u.	60 Minuten	0,85 p.u. – 0,9 p.u.	180 Sekunden
0,9 p.u. – 1,1 p.u.	unbegrenzt	0,9 p.u. – 1,1 p.u.	unbegrenzt
1,1 p.u. – 1,12 p.u.	10 Minuten		

Figure 3: Mindestzeiträume, in denen Stromerzeugungsanlage ohne Trennung vom Netz zu arbeiten hat; links: NS-Ebene, rechts: MS-Ebene

### Anforderungen hinsichtlich Synchronisierung und Netzwiederaufbau [15], Kap. 5.5

Stromerzeugungsanlagen müssen mit einer Synchronisationsvorrichtung ausgestattet sein. Bei inselbetriebsfähigen Stromerzeugungsanlagen (einschließlich elektrischer Energiespeicher) ist nach Netzausfall und Spannungswiederkehr ein asynchrones Wiedereinschalten zu verhindern.

#### Schaltstelle [15], Kap.6.1.2

Der Netzbetreiber ist für die betriebsbereite Erstellung, Änderung und Erweiterung der Anschlussanlage, der Netzbetreiber für die nach der Eigentumsgrenze befindlichen Anlagenteile verantwortlich.

Aus Gründen der Betriebsführung und Personensicherheit muss eine für den Netzbetreiber jederzeit zugängliche Schaltstelle mit Trennfunktion und Lastschaltvermögen vorhanden sein. Sie dient der Einhaltung der fünf Sicherheitsregeln gemäß ÖVE/ÖNORM EN 50110-1 und kann mit der Entkopplungsstelle identisch sein. In Niederspannungsnetzen kann die Schaltstelle entfallen, wenn die Wechselrichter mit einer selbsttätig wirkenden Freischaltstelle gemäß ÖVE-Richtlinie R 25 ausgerüstet sind und die netzwirksame Bemessungsleistung des Netzbetreibers am Netzanschlusspunkt 30 kVA nicht übersteigt.

#### Entkopplungsstelle [15], Kap. 6.1.3

Die Entkopplungsstelle sichert eine Trennung der Stromerzeugungsanlage vom Netz. Sie löst automatisch aus, wenn eine Schutzfunktion anspricht. Die Schalteinrichtung der Entkopplungsstelle muss elektrisch unverzögert auslösbar sein und eine allpolige galvanische Trennung bewirken. Die Funktion der Schaltgeräte der Entkopplungsstelle muss überprüfbar sein.

Sofern kein Inselbetrieb vorgesehen ist, können die dezentralen Schalteinrichtungen der einzelnen Stromerzeugungseinheiten (Generatorschalter, integrierte Schalteinrichtungen der selbsttätig wirkenden Freischaltstelle) als Entkopplungsstelle verwendet werden.

#### Schutzeinrichtungen und Netzentkopplungsschutz [15], Kap.6.3

Netzbetreiber legt erforderliche Systeme und Einstellungen fest (in Koordination mit ÜNB).

Die Schutzsysteme und -einstellungen für interne elektrische Fehler dürfen die geforderte Leistungsfähigkeit einer Stromerzeugungsanlage nicht gefährden. Einstellungen der Schutzeinrichtungen müssen so gewählt werden, dass sie den Netzbetrieb unterstützen und sicherstellen, dass Netzfehler immer zuerst von den Netzschutzeinrichtungen im kleinstmöglichen Umfang, selektiv abgeschaltet werden müssen. Stromerzeugungseinheiten dürfen bei Netzfehlern als letzte Objekte nur bei Gefahr abgeschaltet werden (Endzeitstaffelplan). Auswahl, Umfang und Funktionen der elektrischen Schutzeinrichtungen liegen im Ermessen und im Verantwortungsbereich des Anlagenbetreibers.

### **Allgemeines zum Netzentkupplungsschutz [15], Kap. 6.3.1**

Die Schutzeinrichtung steuert den zentralen oder die dezentralen Entkupplungsschalter an, wenn bei gestörten Betriebszuständen eine der Schutzfunktionen in der Schutzeinrichtung anspricht. Grundsätzlich ist eine zentrale Schutzeinrichtung als eigenes elektrisches Betriebsmittel vorzusehen.

Bis zu einer netzwirksamen Bemessungsleistung von maximal 30 kVA je Netzanschlusspunkt eines Netzbenutzers im Niederspannungsnetz können auch selbsttätig wirkende Freischaltstellen gemäß ÖVE-Richtlinie R 25 verwendet werden. Die angewandte Methode des Entkupplungsschutzes bleibt dem Anlagenbetreiber überlassen.

Die einzelnen Schutzfunktionen der Schutzeinrichtung können in Einzelgeräten oder in einem gemeinsamen Gerät realisiert werden. Die Schutzfunktionen können sowohl in einer von der Anlagensteuerung getrennten als auch in einer gemeinsamen Hardware realisiert werden. Wenn getrennt realisiert, sind die Auslösekontakte der Schutzeinrichtungen direkt fest verdrahtet auf die Schalteinrichtung der Entkupplungsstelle zu führen. Eine Arbeitsstromauslösung muss unabhängig von Netzspannung und Generatorspannung betrieben werden.

Die Schutzfunktionen müssen durch Vorgabe analoger Größen (Strom, Spannung) überprüfbar sein. Der Netzbetreiber kann die Schutzeinrichtungen plombieren oder sie auf andere Weise gegen ungewollte Veränderungen schützen bzw. schützen lassen.

Schutzfunktionen.

- Spannungsschutzfunktion:
  - Unterspannungsschutz
  - Überspannungsschutz
- Frequenzschutzfunktion:
  - Unterfrequenzschutz
  - Überfrequenzschutz
- Blindleistungs-Unterspannungsschutz (wenn Anlage auf MS-Ebene)
- Erdschlussschutz (kann vom Netzbetreiber verlangt werden)

Funktion	Einstellbereich des Schutzrelais	empfohlene Schutzrelaiseinstellwerte	
Überspannungsschutz $U_{eff}>>$	1,00 – 1,30 $U_n$	$\leq 1,15 U_n$	$\leq 0,1$ s
Überspannungsschutz $U_{eff}>$ oder Überwachungsschutz $U_{eff}>$ mit Überwachung des gleitenden 10 min-Mittelwertes	1,00 – 1,30 $U_n$	1,11 $U_n$	$\leq 60$ s
Unterspannungsschutz $U_{eff}<$	0,10 – 1,00 $U_n$	0,8 $U_n$	0,2 - 1 s
Unterspannungsschutz $U_{eff}<<$	0,10 – 1,00 $U_n$	0,3 $U_n$	0,2 s
Überfrequenzschutz $f>$	50 – 55 Hz	51,5 Hz (50,2 – 51,5 Hz) <sup>24</sup>	$\leq 0,1$ s
Unterfrequenzschutz $f<$	45 – 50 Hz	47,5 Hz	$\leq 0,1$ s

Figure 4: Einstellwerte Netzentkupplungsschutz aus NS-Ebene

Funktion	Einstellbereich des Schutzrelais	Empfohlene Schutzeinstellwerte	
Überspannungsschutz $U>>$	1,00 – 1,30 $U_n$	1,05 – 1,15 $U_C$	$\leq 0,10$ s
Überspannungsschutz $U>$	1,00 – 1,30 $U_n$	1,02 – 1,05 $U_C$	$\leq 60$ s
Unterspannungsschutz $U<$	0,10 – 1,00 $U_n$	0,7 $U_C$	0 – 1 s
Unterspannungsschutz $U<<$	0,10 – 1,00 $U_n$	0,3 $U_C$ <sup>27</sup>	$\leq 0,2$ s
Überfrequenzschutz $f>$	50 – 55 Hz	51,5 Hz	$\leq 0,10$ s
Unterfrequenzschutz $f<$	45 – 50 Hz	47,5 Hz	$\leq 0,10$ s
Blindleistungs-/Unterspannungsschutz Q+&U<	0,70 – 1,00 $U_n$	0,85 $U_C$	$t_r = 0,5$ s

Figure 5: Einstellwerte Netzentkupplungsschutz aus MS-Ebene

Funktion	Einstellwerte	
Überspannungsschutz $U_{eff}>>$	1,15 $U_n$	$\leq 0,1$ s
Überspannungsschutz $U_{eff}>$ mit Überwachung des gleitenden 10 min-Mittelwertes (Überwachung der Spannungsqualität)	1,11 $U_n$ <sup>25</sup>	$\leq 0,1$ s
Unterspannungsschutz $U_{eff}<$	0,8 $U_n$	$\leq 1,5$ s
Unterspannungsschutz $U_{eff}<<$	0,25 $U_n$	$\leq 0,5$ s
Überfrequenzschutz $f>$	51,5 Hz	$\leq 0,1$ s
Unterfrequenzschutz $f<$	47,5 Hz	$\leq 0,1$ s
Netzausfall <sup>26</sup>		$\leq 5$ s

Tabelle 8: Einstellwerte für den Entkupplungsschutz von Wechselrichtern mit selbsttätig wirkender Freischaltstelle

Figure 6: Einstellwerte Netzentkupplungsschutz für Wechselrichter mit selbsttätig wirkender Freischaltstelle

### Prüfklemmenleiste [15], Kap. 6.3.4

Zur Durchführung der Funktionsprüfung der Schutzeinrichtungen ist als Schnittstelle eine Klemmenleiste mit Längstrennung und Prüfbuchsen vorzusehen, die an gut zugänglicher Stelle anzubringen ist. Über diese Klemmenleiste sind die Messeingänge der Schutzeinrichtungen, die Hilfsspannungen und die Auslösungen für den Kuppelschalter zu führen. Bei Anlagen mit selbsttätig wirkender Freischaltstelle gem. Kapitel 6.3.1 kann auf die Prüfklemmenleiste verzichtet werden.

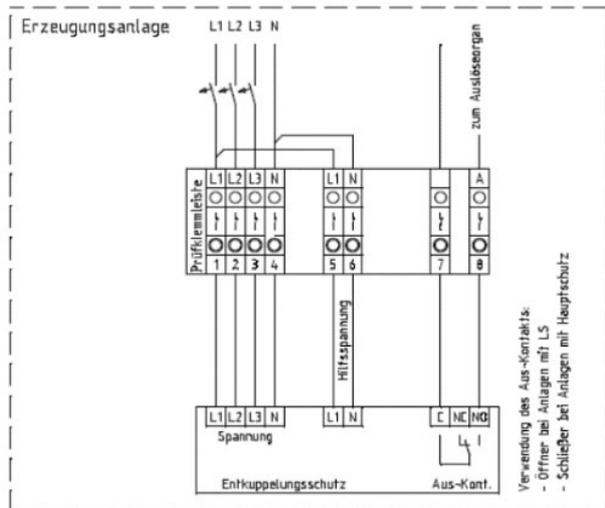


Figure 7: Aufbau einer Prüfklemmenleiste

#### 6.4 OVE-Richtlinie R 25: Prüfanforderungen an Erzeugungseinheiten (Generatoren) vorgesehen zum Anschluss und Parallelbetrieb an Niederspannungs-Verteilernetzen

##### Prüfung der selbsttätig wirkenden Freischnittstelle [19], Kap. 5.4

Die folgenden Prüfungen gelten, soweit nicht anders erwähnt, für integrierte und separate Freischnittstellen. Freischnittstelle muss in Kombination mit Generator getestet werden, wobei sicherzustellen ist, dass das Abschaltsignal nicht vom Generator, sondern der Freischnittstelle erzeugt wird.

Die Messung erfolgt an einem Netzsimulator:

- Bei zentralen Freischnittstellen wird der Schaltausgang für den Anschluss eines Kuppelschalters überwacht.
- Eine integrierte selbsttätig wirkende Freischnittstelle in EZE < 30 kVA kann in der Regel im normalen Betrieb geprüft werden. Ein Betrieb bei Nennwirkleistung ist nicht erforderlich. Es wird das Öffnen der internen Kuppelschalter überwacht.

##### Spannung:

Zur Prüfung der Spannungsüberwachung muss die selbsttätige Freischnittstelle über eine Wechsellspannungsquelle mit variabler Amplitude bei Nennwechselspannung und einer beliebigen Leistung betrieben werden.

**Frequenz:**

Zur Prüfung der Frequenzüberwachung muss die selbsttätige Freischaltstelle bei beliebiger Leistung über eine Wechselspannungsquelle mit variabler Amplitude und Frequenz betrieben werden.

**Prüfungen:****Spannung**

Es werden Überspannungsschutz, Unterspannungsschutz jeweils 3x durchgeführt und die Abschaltwerte und Abschaltzeiten dokumentiert. Jeweils durch Prozentwerte der Nennspannung.

**Frequenz**

Überwachung der Spannungsqualität mit gleitendem 10-Minuten-Mittelwert.

Frequenz durch Reduktion/Erhöhung der Netzfrequenz mit Änderungsgeschwindigkeit von 1Hz/s, jeweils 3x.

**Unerwünschter Inselbetrieb** (nach ÖVE/ÖNORM EN 62116 [20])

Allgemein gilt, wenn keine Prüfung nach R 25, sondern VDE AR N 4105:2018 [13] dann muss Ländereinstellung Österreich bzw. Parametrieranleitung für Österreich abgeprüft werden (durch Sichtprüfung).

## 7 Vergleichende Betrachtungen

Im Folgenden werden die Branchenempfehlungen im nationalen Kontext **Swissolar NA EEA PVNE7 2021** und **VSE NA/EEA-NE7 2020** verglichen. Im zweiten Unterabschnitt werden die teils unterschiedlichen Einstellwerte der deutschen Anwenderregel **VDE-AR-N 4105:2018-11** mit seinem Schweizer Pendant **VSE NA/EEA-NE7 2020** aufgeführt.

### 7.1 Unterschied Branchenempfehlungen Swissolar / VSE

Die wesentlichen Unterschiede zwischen der Empfehlung von Swissolar und dem VSE sind in der untenstehenden Tabelle zusammengefasst. Grundsätzlich ist es so, das Swissolar keinen externen NA empfiehlt und der VSE schreibt einen NA-Schutz bei Anlagen >30kVA vor.

Tabelle 2 -Unterschied Branchenempfehlungen Swissolar / VSE

Artikel	Swissolar NA EEA PVNE7 2021	VSE NA/EEA-NE7 2020																											
7.4	Generell wird kein externer NA empfohlen. Verweis auf Geräteprüfnorm	Bei EEA >30kVA braucht es einen externen NA-Schutz. <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Beschreibung der Indexes: M = Muss K = kann (immer zulässig) - = Nein (nicht zulässig)</th> <th rowspan="2">≤30 kVA</th> <th colspan="2">&gt; 30 kVA und ≤ 100 kVA</th> <th rowspan="2">&gt; 100 kVA</th> </tr> <tr> <th>1 x EEE</th> <th>&gt; 1 x EEE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Integrierte NA-Schutzfunktion</b> mit integriertem Kuppelschalter im Stromrichter</td> <td>M</td> <td>M</td> <td>M</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td><b>Externes NA Schutzrelais</b> (wirkt auf den integrierten Kuppelschalter)</td> <td>K</td> <td>M</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><b>Externer Kuppelschalter</b></td> <td>K</td> <td>K</td> <td>M</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td><b>Externes NA Schutzrelais</b> (wirkt auf den integrierten und externen Kuppelschalter)</td> <td>K</td> <td>K</td> <td>M</td> <td>M</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tabelle 5: NA-Schutz-Funktionen</p>	Beschreibung der Indexes: M = Muss K = kann (immer zulässig) - = Nein (nicht zulässig)	≤30 kVA	> 30 kVA und ≤ 100 kVA		> 100 kVA	1 x EEE	> 1 x EEE	<b>Integrierte NA-Schutzfunktion</b> mit integriertem Kuppelschalter im Stromrichter	M	M	M	M	<b>Externes NA Schutzrelais</b> (wirkt auf den integrierten Kuppelschalter)	K	M	-	-	<b>Externer Kuppelschalter</b>	K	K	M	M	<b>Externes NA Schutzrelais</b> (wirkt auf den integrierten und externen Kuppelschalter)	K	K	M	M
Beschreibung der Indexes: M = Muss K = kann (immer zulässig) - = Nein (nicht zulässig)	≤30 kVA	> 30 kVA und ≤ 100 kVA			> 100 kVA																								
		1 x EEE	> 1 x EEE																										
<b>Integrierte NA-Schutzfunktion</b> mit integriertem Kuppelschalter im Stromrichter	M	M	M	M																									
<b>Externes NA Schutzrelais</b> (wirkt auf den integrierten Kuppelschalter)	K	M	-	-																									
<b>Externer Kuppelschalter</b>	K	K	M	M																									
<b>Externes NA Schutzrelais</b> (wirkt auf den integrierten und externen Kuppelschalter)	K	K	M	M																									
7.5	Empfehlung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enable Eingang für Anlagen unter 30kVA nur Verwenden, wenn vom VNB verlangt</li> <li>• Binäreingang erst bei Anlagen &gt;250kVA sinnvoll</li> </ul>	Pflicht: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enable Eingang vorhanden bei allen WR &lt;250kW</li> <li>• Binäreingang vorhanden bei allen WR &gt;30kVA</li> </ul>																											

## 7.2 Vergleich DIN VDE-AR-N 4105:2018-11 vs. VSE NA/EEA-NE7 2020

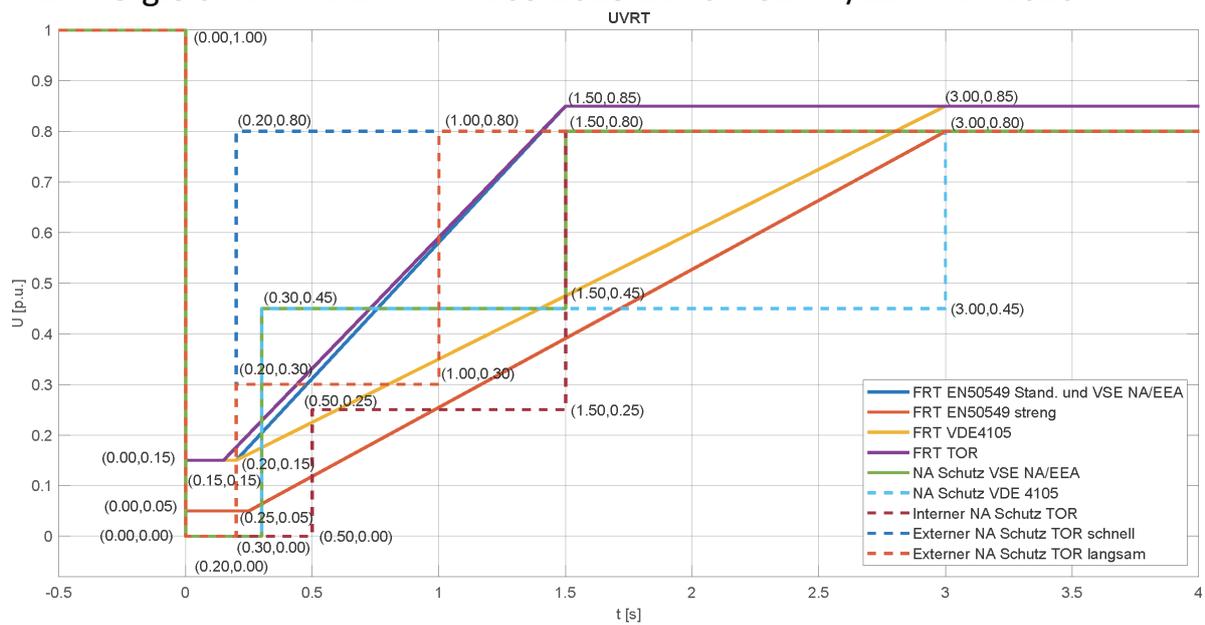


Abbildung 9: Vergleich der unterschiedlichen Anforderungen bezüglich Unterspannungsschutz. Die NA/EEA entspricht EN50549 Standard

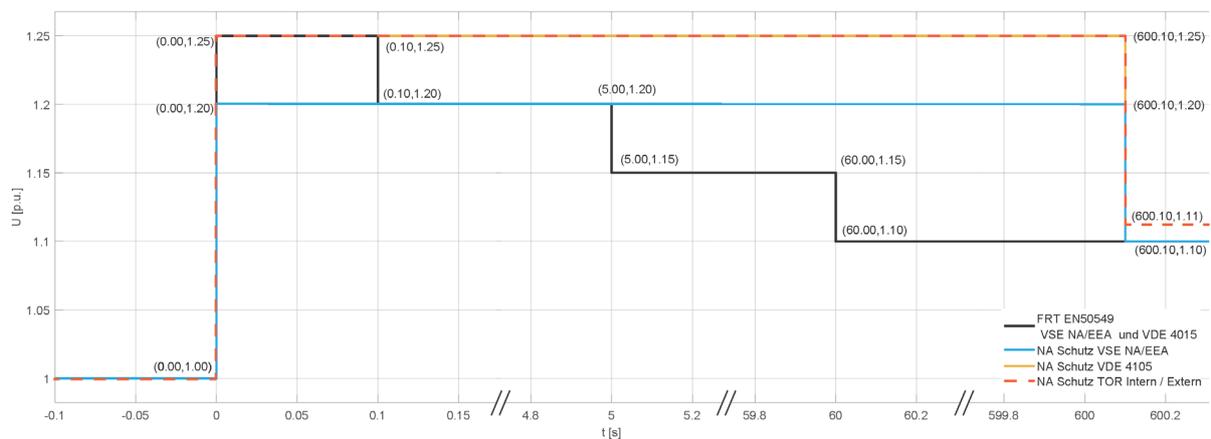


Abbildung 10: Vergleich der unterschiedlichen Anforderungen bezüglich des Überspannungsschutzes. Anmerkung: Aufgrund der unterbrochenen Zeitachse stimmt die Steigung der blauen und orangen Linie nicht.

Die VDE-AR-N 4105 definiert im Vergleich zur VSE NA/EEA-NE7 leicht andere Parameter für den NA-Schutz, ansonsten decken sich die 2 Normen. Die Unterschiede sind in den Nachfolgenden Abbildungen erkennbar.

Tabelle 2 – Einstellwerte für den NA-Schutz

Schutzfunktion	Schutzrelais-Einstellwerte <sup>a</sup>					
	Stirlinggeneratoren, Brennstoffzellen		direkt gekoppelte Synchron- und Asynchrongeneratoren mit $P_n > 50 \text{ kW}$		Umrichter	
	direkt oder über Umrichter gekoppelte Synchron- und Asynchrongeneratoren mit $P_n \leq 50 \text{ kW}$					
Spannungssteigerungsschutz $U >>$	$1,15 U_n$	$\leq 100 \text{ ms}$	$1,25 U_n$	$\leq 100 \text{ ms}$	$1,25 U_n$	$\leq 100 \text{ ms}$
Spannungssteigerungsschutz $U >$	$1,10 U_n^b$	$\leq 100 \text{ ms}$	$1,10 U_n^b$	$\leq 100 \text{ ms}$	$1,10 U_n^b$	$\leq 100 \text{ ms}$
Spannungsrückgangsschutz $U <$	$0,8 U_n^c$	$\leq 100 \text{ ms}$	$0,8 U_n$	$1,0 \text{ s}^d$	$0,8 U_n$	$3,0 \text{ s}$
Spannungsrückgangsschutz $U <<$	entfällt		$0,45 U_n$	$300 \text{ ms}^d$	$0,45 U_n$	$300 \text{ ms}$
Frequenzrückgangsschutz $f <$	$47,5 \text{ Hz}$	$\leq 100 \text{ ms}$	$47,5 \text{ Hz}$	$\leq 100 \text{ ms}$	$47,5 \text{ Hz}$	$\leq 100 \text{ ms}$
Frequenzsteigerungsschutz $f >$	$51,5 \text{ Hz}$	$\leq 100 \text{ ms}$	$51,5 \text{ Hz}$	$\leq 100 \text{ ms}$	$51,5 \text{ Hz}$	$\leq 100 \text{ ms}$

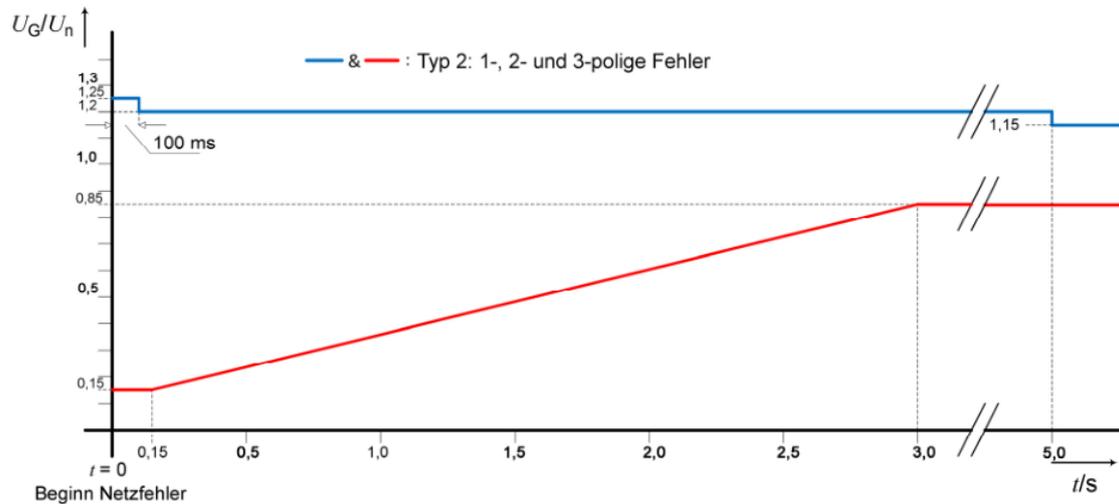
Abbildung 11: VDE-AR-N 4105:2018-11<sup>3</sup>

Schutzfunktionen	Schutzrelais-Einstellwerte <sup>a)</sup>			
	Direkte gekoppelte Synchron- und Asynchrongeneratoren mit $P_n > 250 \text{ kW}$		Stromrichter	
Spannungssteigerungsschutz $U >>$	$1,20 U_n$	$\leq 100 \text{ ms}$	$1,20 U_n$	$\leq 100 \text{ ms}$
Spannungssteigerungsschutz $U >$ (gleitender 10min-Mittelwert)	$1,10 U_n^{b), c)}$	$\leq 100 \text{ ms}$	$1,10 U_n^{b), c)}$	$\leq 100 \text{ ms}$
Spannungsrückgangsschutz $U <$	$0,8 U_n$	$1,0 \text{ s}^d)$	$0,8 U_n$	$1,5 \text{ s}$
Spannungsrückgangsschutz $U <<$	$0,45 U_n$	$300 \text{ ms}^d)$	$0,45 U_n$	$300 \text{ ms}$
Frequenzrückgangsschutz $f <$	$47,5 \text{ Hz}$	$\leq 100 \text{ ms}$	$47,5 \text{ Hz}$	$\leq 100 \text{ ms}$
Frequenzsteigerungsschutz $f >$	$51,5 \text{ Hz}$	$\leq 100 \text{ ms}$	$51,5 \text{ Hz}$	$\leq 100 \text{ ms}$

Tabelle 6: Einstellempfehlungen für den Entkopplungsschutz am (Haus-)Anschlusspunkt

Abbildung 12: VSE NA/EEA-NE7 2020

<sup>3</sup> Kommentar: Beim Frequenzsteigerungsschutz ist eine Anpassung des Frequenzwertes von 51,5 Hz auf 52,5 Hz geplant



**Legende**

- & — FRT-Kurve für 1-, 2- und 3-polige Netzfehler
- UG Effektivwert der aktuellen Spannung an den Generatorklemmen

**Bild 12 – Fault-Ride-Through-Grenzkurve für den Spannungsverlauf an den Generatorklemmen für eine Erzeugungseinheit vom Typ 2 und für Speicher**

Abbildung 13: VDE-AR-N 4105:2018-11

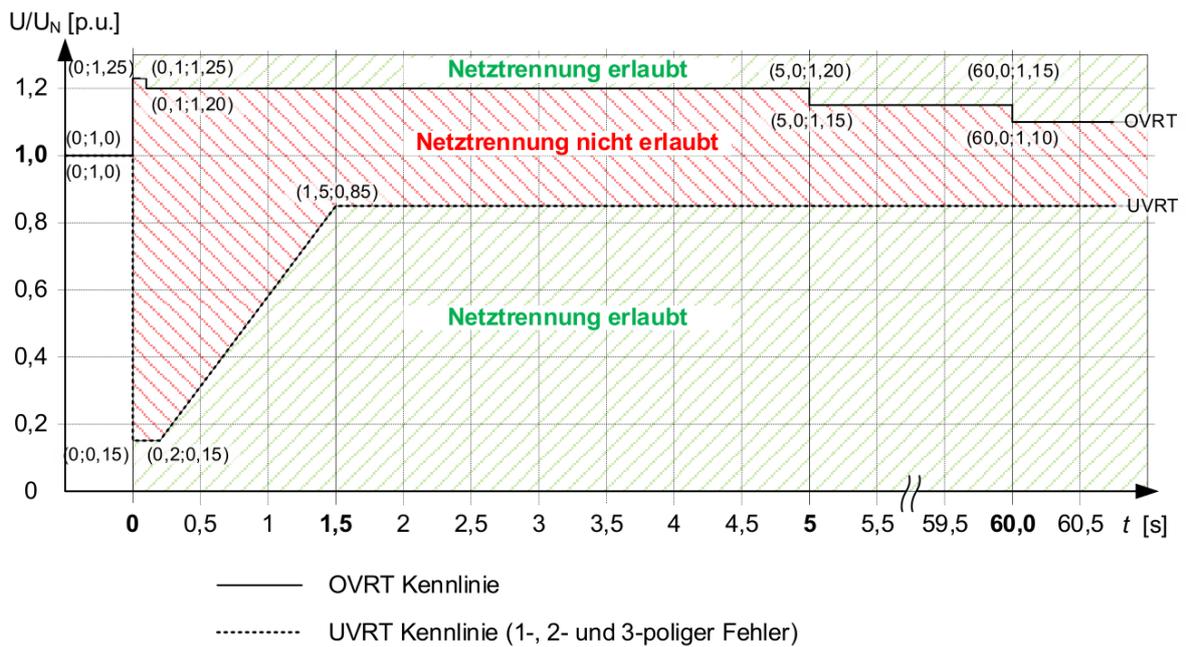


Abbildung 7: u(t)-Kennlinie für FRT-Verhalten von EEA Typ 2 (nichtsynchron) und Energiespeicher

Abbildung 14: VSE NA/EEA-NE7 2020

### 7.3 Betriebsfrequenzbereich

In nachfolgender Tabelle sind die Frequenzbereiche aufgeführt, für die eine Anlage mit dem Netz verbunden sein muss

EN50549 4.4.2 Betriebsfrequenzbereich			AT: TOR Anforderungen an die Frequenzhaltung:		VDE4105/ Einstellwerte NA		VSE NA-EEA 5.2 Frequenz- und Spannungsbereiche	
f [Hz]	Mindest- Anforderung	Strenge Anforderung	f [Hz]	Zeitraum	f [Hz]	Zeitraum	f [Hz]	Zeitraum
47.0- 47.5	n. E	20s						
47.5- 48.5	30 min	90min	47.5-48.5	60 min	47.5-49.0	>=30min	47.5-49.0	>=30min
48.5-49	30 min	90min	48.5-49	90min				
49-51	unbegrenzt	unbegrenzt	49.0-51.0	unbegrenzt	49.0-51.0	unbegrenzt	49.0-51.0	unbegrenzt
51-51.5	30min	90min	51.0-51.5	30 min	51.0-51.5	>=30min	51.0-51.5	>=30min
51.5- 52.0	n. E	15min						

## 8 Zusammenfassung

Die internationalen Normen, wie in Kapitel 3 dargelegt, legen grundlegende Anforderungen für den Betrieb von asynchronen EEA (Photovoltaik-Wechselrichtern) hinsichtlich Schutz, Sicherheit und Störfestigkeit fest. Die SNEN 50549-1 fordert beispielsweise, dass die EEA mit einem Kuppelschalter, ROCOF, UVRT und OVRT ausgestattet sein muss. Bei Anlagen über 16A kann der Netzbetreiber entscheiden, ob ein externes Gerät erforderlich ist. Die IEC 62109-2 wiederum verlangt, dass die Trenneinrichtung eines Wechselrichters 2-fach fehlersicher sein muss.

In den schweizerischen Landesnormen und Branchendokumenten, wie in Kapitel 4 beschrieben, schreibt das ESTI in der Weisung 220:0621, übereinstimmend mit der SNEN 50549-1, vor, dass ein Kuppelschalter bzw. NA-Schutz vorhanden sein muss, um das Niederspannungsverteilstromnetz in seiner Funktion und Sicherheit nicht zu beeinträchtigen. Für die Ausführung des NAEAA wird auf das Branchendokument des VSE verwiesen.

Der VSE fordert in der Empfehlung NA/EEA - NE7, dass größere Anlagen mit externem NA-Schutz bzw. externem Kuppelschalter ausgestattet sein müssen, siehe Tabelle 1. Für Anlagen unterhalb dieser Leistungsschwelle kann ein externer NA-Schutz vorgeschrieben werden, ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Swissolar hingegen vertritt die Ansicht, dass nach internationalen Standards nur Geräte zugelassen sind, die einen funktionsfähigen, einfehlersicheren NA-Schutz und Kuppelschalter integriert haben und externe Geräte daher nicht erforderlich sind.

In Deutschland gelten ähnliche Anforderungen für den NA-Schutz wie in der Schweiz. Die VDE-AR-N4105 fordert für Anlagen über 30kVA einen externen NA-Schutz, während beides für Anlagen unterhalb dieser Leistungsgrenze möglich ist. Der Unterschied liegt hauptsächlich in den Kennlinien und Parametern für den Spannungs- und Frequenzschutz.

Auch in Österreich wird der NA-Schutz ähnlich gehandhabt. Für Anlagen unter 30kVA kann der NA-Schutz intern im Gerät integriert sein. Auch hier unterscheiden sich die Kennlinien und Parameter für den Spannungs- und Frequenzschutz von den Vorgaben in der Schweiz.

## 9 Literaturverzeichnis

- [1] VSE, *Netzanschluss für Energieerzeugungsanlagen an das Niederspannungsnetz NA/EEA-NE7-CH 2020*, VSE, 2020.
- [2] Swisssolar, *Empfehlung Netzanschluss für Photovoltaikanlagen (PVA) in NE7*, Swisssolar, 2021.
- [3] IEC, *IEC 61140:2016 Protection against electric shock - Common aspects for installation and equipment*, IEC, 2016.
- [4] IEC, *IEC 62109-1:2010 Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements*, IEC, 2019.
- [5] IEC, *IEC 62109-2:2011 Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters*, IEC, 2011.
- [6] IEC, *IEC 62116:2014 Utility-interconnected photovoltaic inverters - Test procedure of islanding prevention measures*, IEC, 2014.
- [7] electrosuisse, *EN 50549-1+AC Anforderungen für zum Parallelbetrieb mit einem Verteilnetz vorgesehene Erzeugungsanlagen – Teil 1: Anschluss an das Niederspannungsverteilstromnetz bis einschließlich Typ B*, electrosuisse, 2020.
- [8] CENELEC, *EN 50549-10 Requirements for generating plants to be connected in parallel with distribution networks - Part 10: Tests for conformity assessment of generating units*, CENELEC, 2022.
- [9] Schweizerische Eidgenossenschaft, *Niederspannungserzeugnis Verordnung*, Schweizerische Eidgenossenschaft, 2023.
- [10] electrosuisse, *Niederspannungs-Installations-Norm 2020*, electrosuisse, 2020.
- [11] ESTI, *ESTI Weisung Nr. 220 / Version 0621 Anforderungen an Energieerzeugungsanlagen*, ESTI, 2021.
- [12] ESTI, *ESTI Weisung Nr. 221 / Version 0621 Meldepflichten bei allgemeinen und eingeschränkten Installationsbewilligungen*, ESTI, 2021.
- [13] VDE, *VDE-AR-N 4105 Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz – Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz*, VDE.
- [14] VDE, *VDE V 0124-100 Netzintegration von Erzeugungsanlagen Niederspannung – Prüfanforderungen an Erzeugungseinheiten, vorgesehen zum Anschluss und Parallelbetrieb am Niederspannungsnetz*, VDE, 2020.

- [15] E-Control, *TOR Erzeuger: Anschluss und Parallelbetrieb von Stromerzeugungsanlagen des Typs A und von Kleinsterzeugungsanlagen*, 2022.
- [16] Die Europäische Kommission, *VERORDNUNG (EU) 2016/631 DER KOMMISSION*, 2016.
- [17] E-Control, *TOR Verteilernetzanschluss*, 2022.
- [18] E-Control, *TOR Netze und Lasten mit Übertragungsnetzanschluss*, 2022.
- [19] Österreichischer Verband für Elektrotechnik, *OVE-Richtlinie R 25: Prüfanforderungen an Erzeugungseinheiten (Generatoren) vorgesehen zum Anschluss und Parallelbetrieb an Niederspannungs-Verteilernetzen*, 2020.
- [20] Österreichischer Verband für Elektrotechnik, *Utility-interconnected photovoltaic inverters –Test procedure of islanding prevention measures*, 2014.

# Anhang

## A. NA- Schutz Ausführung nach VSE NAEAA

Die Nachfolgenden Bilder zeigen mögliche Schaltungen für den NA-Schutz abhängig von der Leistung nach VSE NAEAA 2020 Anhang A.2

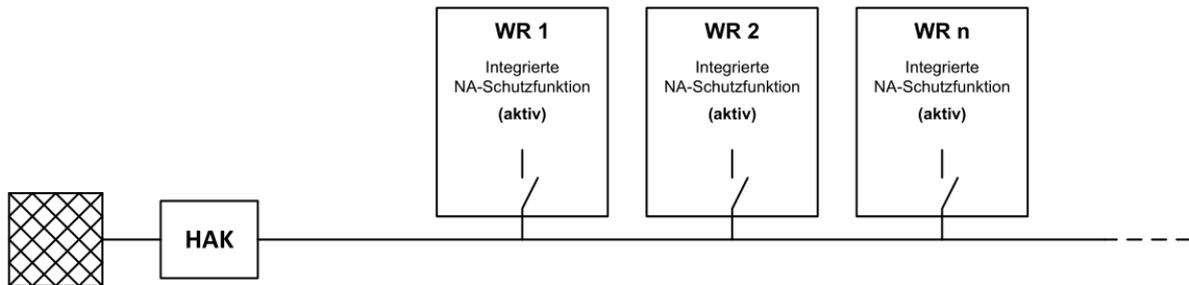


Abbildung 15: EEA ≤ 30 kVA mit Anwendung des internen NA-Schutzes

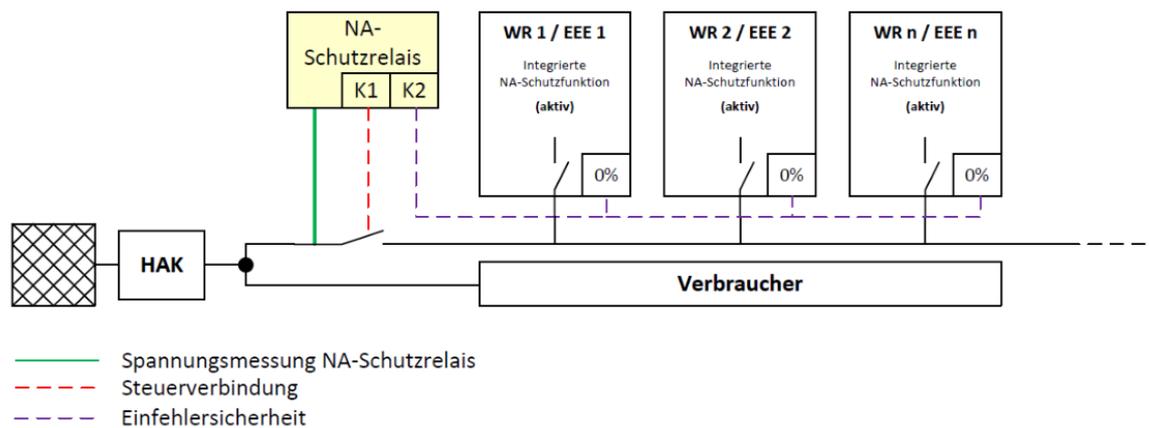


Abbildung 16: EEA > 30 kVA, einem externen NA-Schutzrelais und einem externen Kuppelschalter

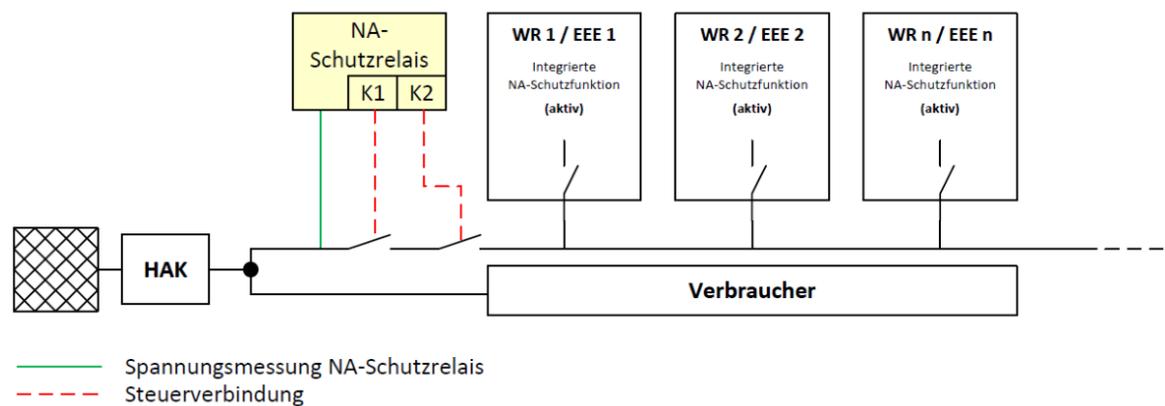


Abbildung 17: EEA > 30 kVA, einem externen NA-Schutzrelais und zwei externen Kuppelschaltern

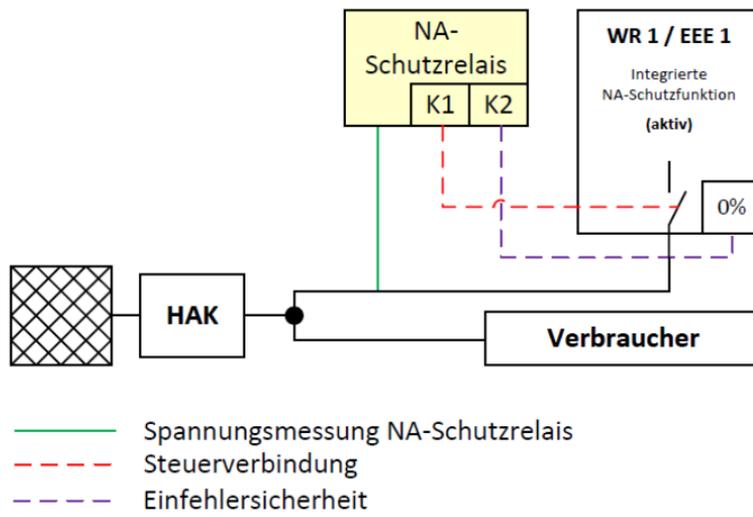
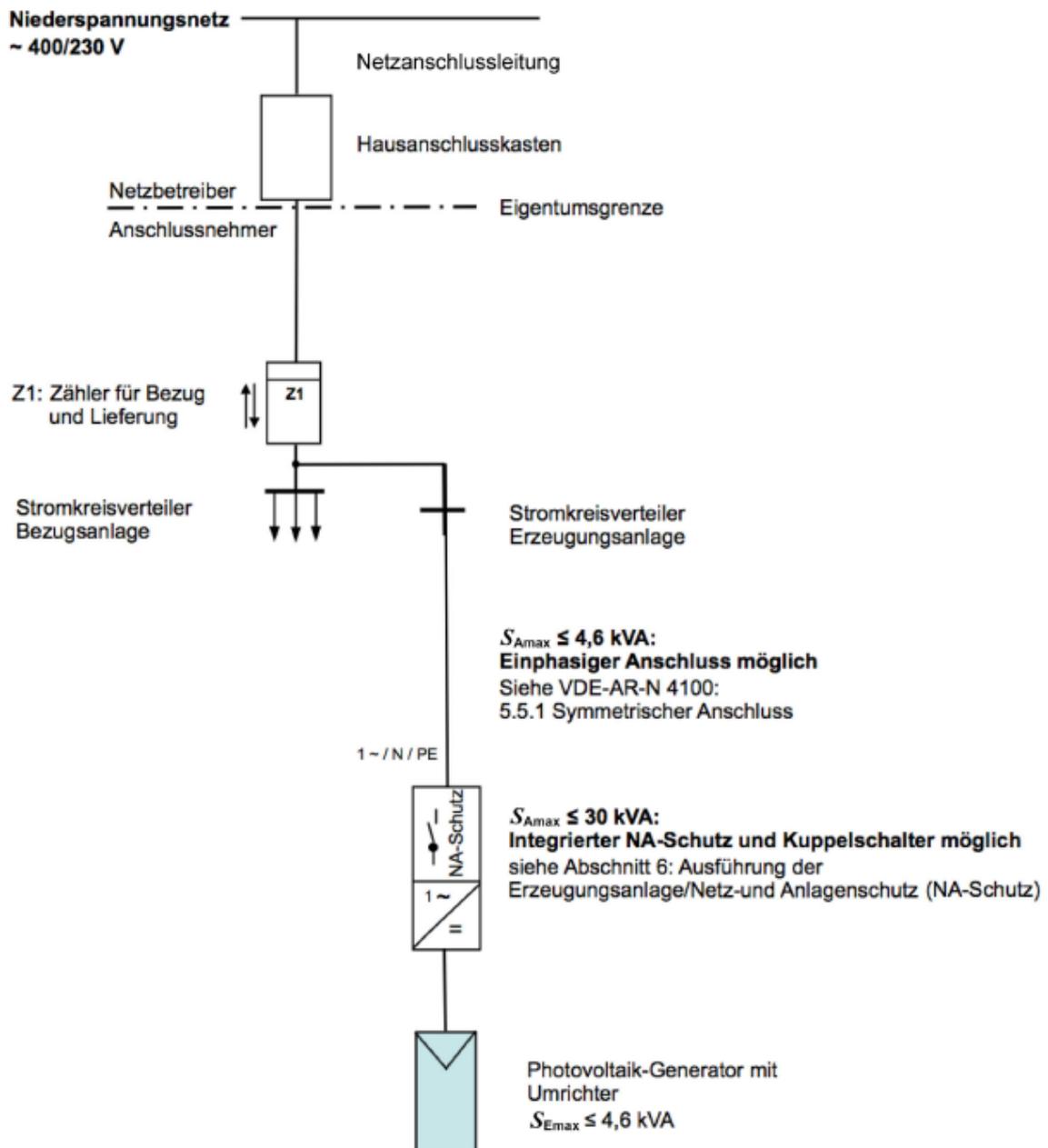


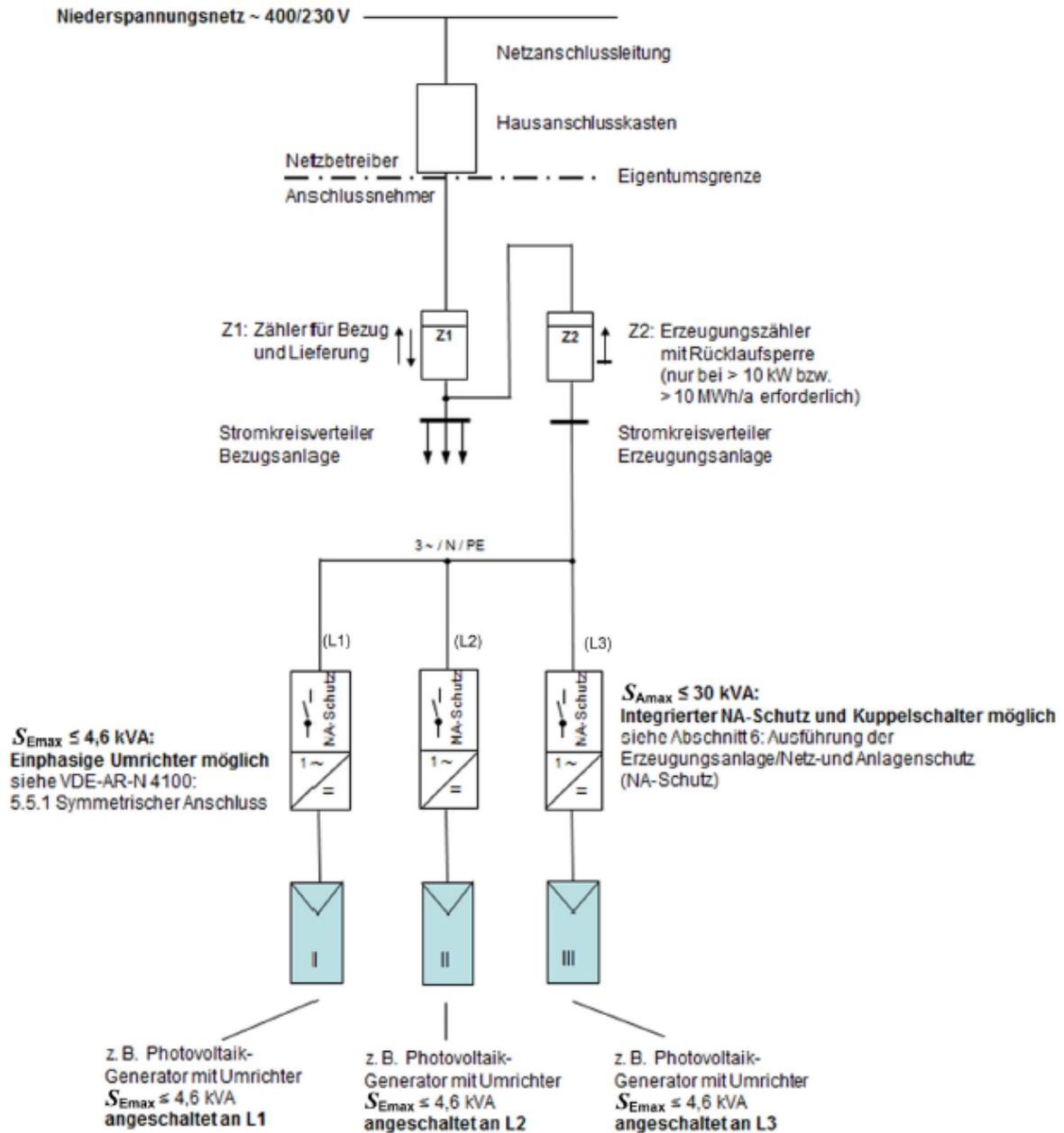
Abbildung 18: EEA > 30 kVA und ≤ 100 kVA mit einer EEE und Verwendung des internen Kuppelschalters

## B. NA-Schutz Ausführungen nach VDE-AR-N 4105:2018-11

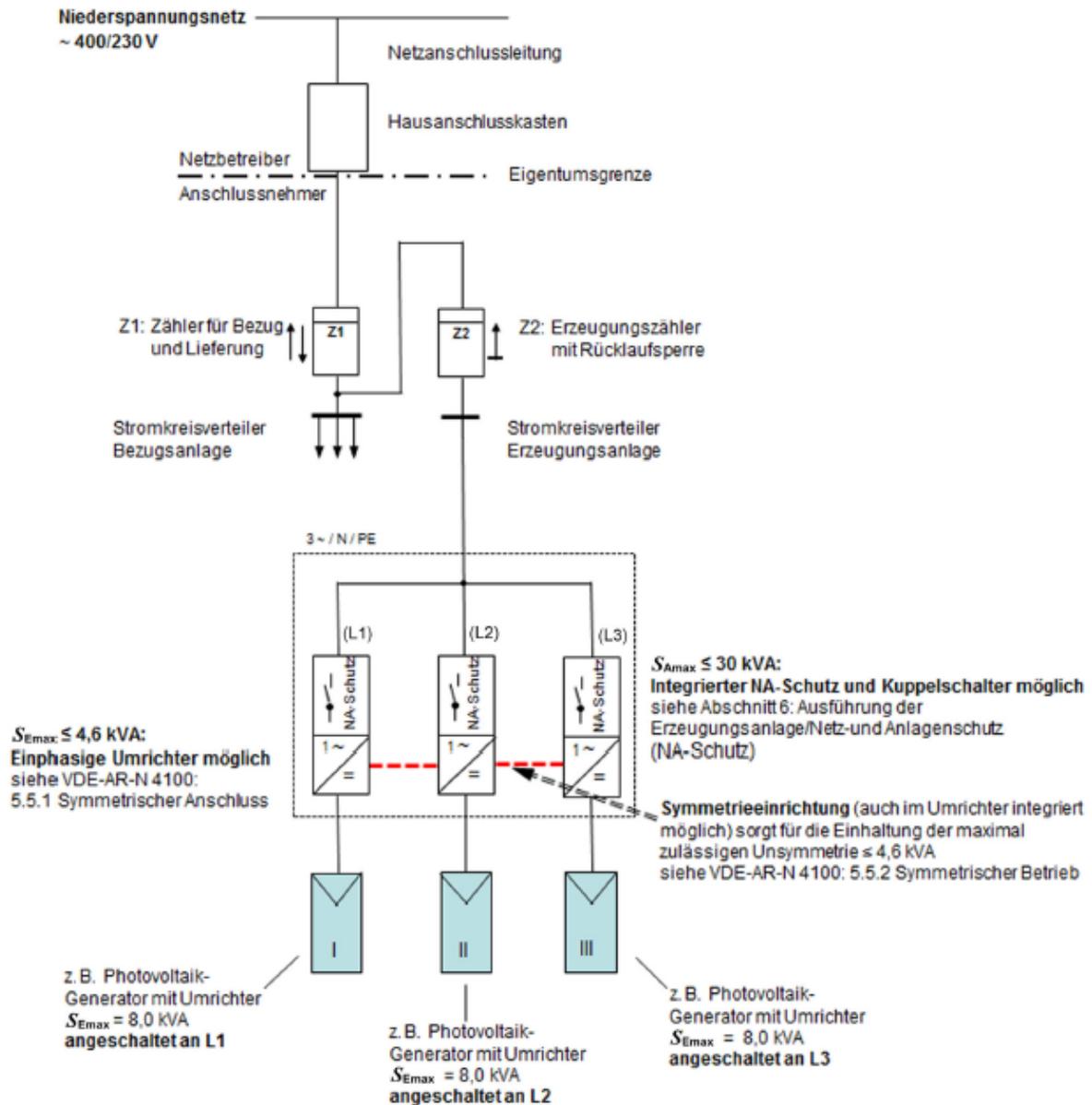
### B.1 Maximale Anschlusscheinleistung $S_{Amax} \leq 4,6 \text{ kVA}$



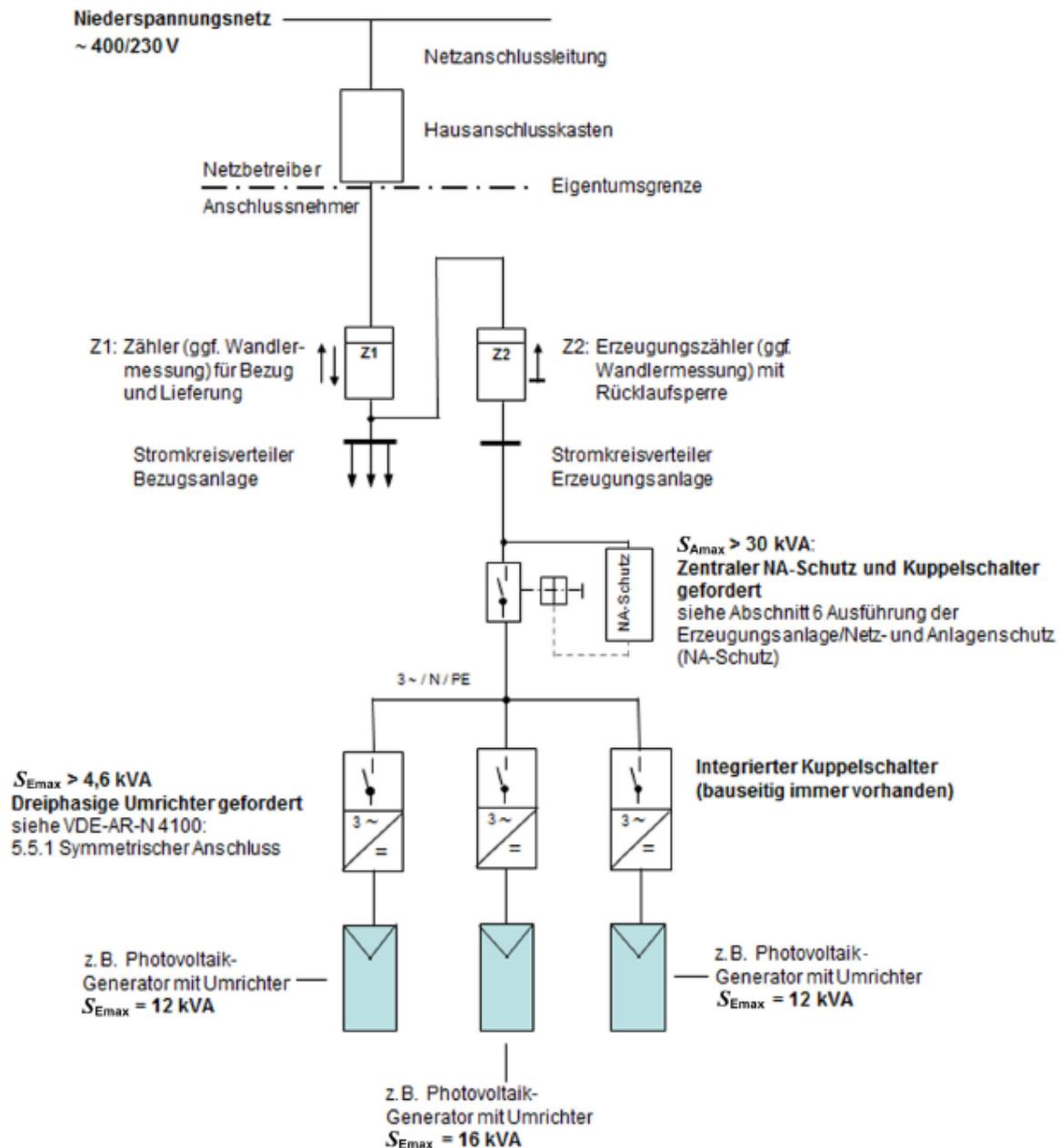
## B.2 Maximale Anschlusscheinleistung $S_{Amax} \leq 13,8 \text{ kVA}$



### B.3 Erzeugungsanlage mit Symmetrieeinrichtung der einphasigen Umrichter und integriertem NA-Schutz



## B.4 Anschlusscheinleistung $S_{Amax} > 30 \text{ kVA}$



ANMERKUNG Bei einer Anlagengröße mit Betriebsströmen  $> 32/44 \text{ A}$  ist nach VDE-AR-N 4100 eine halbindirekte Messung in Abstimmung mit dem Netzbetreiber erforderlich.

## C. Ergänzende Informationen zum Österreichischen TOR

### A. Bedingungen vor Ort/Instandhaltung:

Netzbetreiber ordnet die Schalthandlungen an. Für die ordnungsgemäße Instandhaltung der Stromerzeugungsanlage und deren Betriebsmittel ist der Netzbenutzer verantwortlich.

Der Anlagenbetreiber hat in periodischen Abständen die entsprechenden Anlagenüberprüfungen gemäß den gesetzlichen Vorgaben und Vorschriften vorzunehmen. Inbesondere hat der Anlagenbetreiber die Schutzeinrichtungen von einer hierzu befugten Person prüfen zu lassen und auf Verlangen dem Netzbetreiber die entsprechenden Prüfbefunde unentgeltlich zur Verfügung zu stellen.

Bei Einsatz von selbsttätig wirkenden Freischaltstellen gem. Kapitel 6.3.1 ist die Kontrolle laut Angaben der Prüfanstalt oder des Herstellers durchzuführen.

### B. Anhang 2: Funktionsbeispiele Netzentkupplungsschutz:

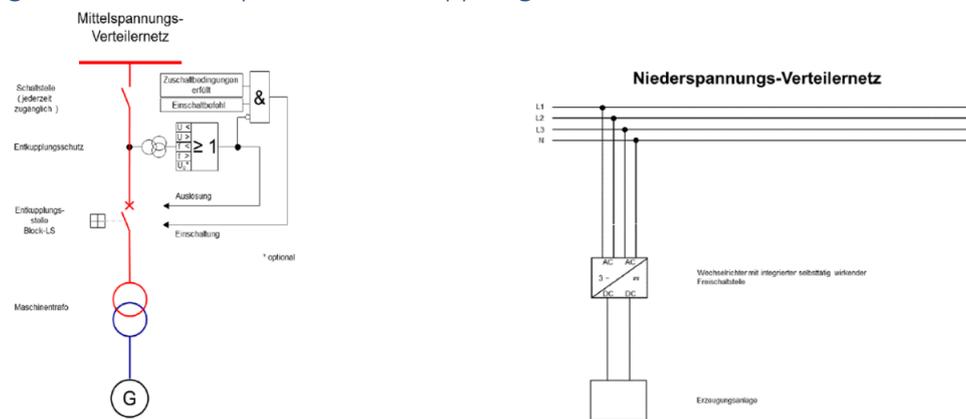


Abbildung 17: Netzanschluss an das Mittelspannungsnetz mit Netzentkupplungsschutz

Abbildung 19: Netzanschluss bei Einsatz einer selbsttätig wirkenden Freischaltstelle für mehrphasige Wechselrichter (max. 30 kVA)

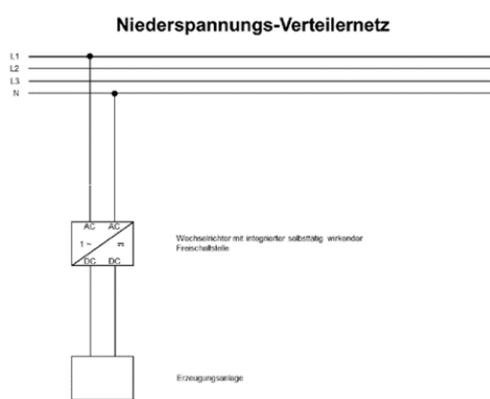


Abbildung 18: Netzanschluss bei Einsatz einer selbsttätig wirkenden Freischaltstellen für einphasige Wechselrichter (max. 3,68 kVA)

### C. Anhang A3 Einstellwerte für Umrichter an Niederspannungs-Verteilnetzen: Standardeinstellungen für den Netzentkupplungsschutz:

Funktion	empfohlene Schutzrelais-einstellwerte	
Überspannungsschutz $U_{eff}>>$	$1,15 U_n$	$\leq 0,1 \text{ s}$
Überwachungsschutz $U_{eff}>$ mit Überwachung des gleitenden 10-min-Mittelwertes	$1,11 U_n$	$\leq 0,1 \text{ s}$
Unterspannungsschutz $U_{eff}<$	$0,80 U_n$	$1,5 \text{ s}$
Unterspannungsschutz $U_{eff}<<$	$0,25 U_n$	$0,5 \text{ s}$
Überfrequenzschutz $f>$	$51,5 \text{ Hz}$	$\leq 0,1 \text{ s}$
Unterfrequenzschutz $f<$	$47,5 \text{ Hz}$	$\leq 0,1 \text{ s}$
Netzausfall		$\leq 5,0 \text{ s}$

D. Tabellen für nichtsynchrone Stromerzeugungsanlagen:

Funktion	Einstellbereich des Schutzrelais	empfohlene Schutzrelais-einstellwerte	
Überspannungsschutz $U_{eff}>>$	$1,00 - 1,30 U_n$	$\leq 1,15 U_n$	$\leq 0,1 \text{ s}$
Überspannungsschutz $U_{eff}>$ oder Überwachungsschutz $U_{eff}>$ mit Überwachung des gleitenden 10 min-Mittelwertes	$1,00 - 1,30 U_n$	$1,11 U_n$	$\leq 60 \text{ s}$
Unterspannungsschutz $U_{eff}<$	$0,10 - 1,00 U_n$	$0,8 U_n$	$1,5 \text{ s}$
Unterspannungsschutz $U_{eff}<<$	$0,10 - 1,00 U_n$	$0,25 U_n$	$0,5 \text{ s}$
Überfrequenzschutz $f>$	$50 - 55 \text{ Hz}$	$51,5 \text{ Hz} (50,2 - 51,5 \text{ Hz})^{24}$	$\leq 0,1 \text{ s}$
Unterfrequenzschutz $f<$	$45 - 50 \text{ Hz}$	$47,5 \text{ Hz}$	$\leq 0,1 \text{ s}$

Tabelle 7: Einstellwerte für den Netzentkupplungsschutz nichtsynchrone Stromerzeugungsanlagen im Niederspannungsnetz

Funktion	Einstellbereich des Schutzrelais	Empfohlene Schutzeinstellwerte	
Überspannungsschutz $U>>$	$1,00 - 1,30 U_n$	$1,05 - 1,15 U_c$	$\leq 0,10 \text{ s}$
Überspannungsschutz $U>$	$1,00 - 1,30 U_n$	$1,02 - 1,05$	$\leq 60 \text{ s}$
Unterspannungsschutz $U<$	$0,10 - 1,00 U_n$	$0,8 U_c$	$0,2 - 1,5 \text{ s}$
Unterspannungsschutz $U<<$	$0,10 - 1,00 U_n$	$0,3 U_c^{27}$	$\leq 0,2 - 0,5 \text{ s}$
Überfrequenzschutz $f>$	$50 - 55 \text{ Hz}$	$51,5 \text{ Hz}$	$\leq 0,10 \text{ s}$
Unterfrequenzschutz $f<$	$45 - 50 \text{ Hz}$	$47,5 \text{ Hz}$	$\leq 0,10 \text{ s}$
Blindleistungs-/Unterspannungsschutz $Q+&U<$	$0,70 - 1,00 U_n$	$0,85 U_c$	$t_f = 0,5 \text{ s}$

Tabelle 10: Einstellwerte für den Netzentkupplungsschutz nichtsynchrone Stromerzeugungsanlagen im Mittelspannungsnetz