



## Weisung

### Energieerzeugungsanlagen (EEA) im Parallel- oder im Inselbetrieb mit dem Niederspannungsverteilstromnetz



Autor        ESTI

**Gültig ab**    **01.10.2017**

Ersetzt        ESTI Nr. 219.0516 d

Download unter:

[www.esti.admin.ch](http://www.esti.admin.ch)  
Dokumentation\_ESTI-Weisungen  
Nr. 219

Eidgenössisches Starkstrominspektorat ESTI  
Luppenstrasse 1  
8320 Fehraltorf  
Tel. 044 956 12 12  
[info@esti.admin.ch](mailto:info@esti.admin.ch)  
[www.esti.admin.ch](http://www.esti.admin.ch)

## Inhaltsverzeichnis

	<b>Seite</b>
<b>1. Geltungsbereich</b>	<b>3</b>
<b>2. Allgemeines</b>	<b>3</b>
<b>3. Vorlagepflicht</b>	<b>4</b>
<b>4. Bewilligungspflicht für Installationsarbeiten</b>	<b>6</b>
<b>5. Abnahmekontrolle</b>	<b>6</b>
<b>6. Netzanschluss</b>	<b>7</b>
<b>7. Mess- und Steuereinrichtungen</b>	<b>7</b>
<b>8. Schalteinrichtungen</b>	<b>7</b>
<b>9. Schutzeinrichtungen</b>	<b>8</b>
<b>10. Blindleistungskompensation</b>	<b>9</b>
<b>11. Zuschaltbedingungen</b>	<b>10</b>
<b>12. Netzurückwirkungen</b>	<b>10</b>
<b>13. Rückwirkungen auf Rundsteueranlagen</b>	<b>11</b>
<b>14. Inbetriebnahme</b>	<b>11</b>
<b>15. Betrieb</b>	<b>12</b>
<b>16. Ausführungsbeispiele</b>	<b>13</b>
<b>Beispiel 1: Energieerzeugungsanlage im Parallelbetrieb ohne Inselbetrieb</b>	<b>13</b>
<b>Beispiel 2: Energieerzeugungsanlage im Parallelbetrieb mit Inselbetrieb</b>	<b>14</b>
<b>Beispiel 3: Energieerzeugungsanlage mit Wechselrichter im Parallelbetrieb</b>	<b>15</b>
<b>Beispiel 4: Anschluss des Generators für den Parallelbetrieb, Einspeisung Niederspannung, gebäudeexterne Trafostation</b>	<b>16</b>
<b>Beispiel 5: Anschluss des Generators ohne Parallelbetrieb, Einspeisung Niederspannung, gebäudeexterne Trafostation, gemäss Werkvorschriften</b>	<b>17</b>
<b>Beispiel 6: Anschluss des Generators an Transformatorenstation mit System TN-C, Parallel- oder Inselbetrieb</b>	<b>18</b>
<b>Beispiel 7: Anschluss eines abgesetzten Generators an Transformatorenstation mit separater Erdung, Parallel- oder Inselbetrieb</b>	<b>19</b>
<b>Beispiel 8: Anschlussmöglichkeiten des Generators ohne Parallelbetrieb</b>	<b>20</b>
<b>Anschlussgesuch für Energieerzeugungsanlagen (EEA) im Parallelbetrieb mit Stromversorgungsnetz</b>	<b>21</b>

## 1. Geltungsbereich

Diese Weisung gilt für Planung, Errichtung, Modernisierung und Betrieb von EEA, die an das Niederspannungsverteilstromnetz der Netzbetreiberin angeschlossen werden.

EEA sind zum Beispiel:

- Diesel-Notstromanlagen;
- Wasserkraftanlagen;
- Blockheizkraftwerke (BHKW), Wärmekraftkopplung (WKK);
- Windkraftanlagen;
- Photovoltaikanlagen.

Die Einspeisung der elektrischen Energie kann über Synchron- oder Asynchrongeneratoren mit Direktanschluss oder über Wechselrichter erfolgen.

Bei Anschluss an das Mittelspannungsnetz gelten zusätzliche technische Anforderungen.

Bei Photovoltaikanlagen gilt zusätzlich die Weisung ESTI Nr. 233, Photovoltaik (PV)-Stromversorgungssysteme.

## 2. Allgemeines

Die EEA sind unter Beachtung der jeweils gültigen Bestimmungen und Vorschriften der Netzbetreiberin so zu errichten, dass sie für den Parallelbetrieb mit dem Netz geeignet sind und störende Rückwirkungen auf das Netz oder andere Anlagen ausgeschlossen sind.

Für die Errichtung und den Betrieb der elektrischen Anlagen sind folgende Gesetze, Vorschriften und Normen zu beachten:

- Bundesgesetz betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen (EleG; SR 734.0);
- Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung; SR 734.2);
- Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für elektrische Anlagen (VPeA; SR 734.25);
- Verordnung über elektrische Niederspannungsinstallationen (NIV; SR 734.27);
- Verordnung über elektrische Niederspannungserzeugnisse (NEV; SR 734.26);
- Verordnung über die elektromagnetische Verträglichkeit (VEMV; SR 734.5);
- SN EN 50160 Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen;
- SN EN 50438 Anforderungen für den Anschluss von Kleinstgeneratoren an das öffentliche Niederspannungsnetz;
- Niederspannungs-Installationsnorm (NIN) SN 411000;
- D-A-CH-CZ Technische Regeln zur Beurteilung von Netzzrückwirkungen;
- Empfehlungen Netzanschluss für Energieerzeugungsanlagen VSE NA/EEA-CH 2014;
- Werkvorschriften der Netzbetreiberin.

Die Netzbetreiberin kann Änderungen und Ergänzungen an eine zu errichtende oder bestehende Anlage fordern, soweit diese aus Gründen der sicheren und störungsfreien Versorgung, insbesondere auch im Hinblick auf die Erfordernisse des Verteilnetzes, notwendig sind.

### 3. Vorlagepflicht

EEA mit einer Gesamtleistung über 30 kVA, die mit einem Verteilnetz verbunden sind, sind gemäss Art. 1 Abs. 1 Bst. b VPeA planvorlagepflichtig. Installationsarbeiten an einer EEA mit einer Gesamtleistung  $\leq 30$  kVA, die mit einem Niederspannungsverteilstromnetz verbunden ist, sind aufgrund von Art. 23 Abs. 1 NIV der Netzbetreiberin vor der Ausführung mit einer Anzeige zu melden. Bei EEA im Inselbetrieb ohne eine Verbindung zum Niederspannungsverteilstromnetz ist dem ESTI gemäss Art. 35 Abs. 2 NIV bei der Inbetriebnahme ein Sicherheitsnachweis (SiNa) einzureichen.

EEA \ Bestimmung	Planvorlagepflichtig beim ESTI gem. Art. 1 Abs. 1 Bst. b VPeA	Meldepflichtig an Netzbetreiberin gem. Art. 23 Abs. 1 NIV	Meldepflichtig an ESTI gem. Art. 35 Abs. 2 NIV
<b>Stationär, mobil Netzparallelbetrieb</b>			
$\leq 3,6$ kVA	Nein	Ja	Nein
$> 3,6$ kVA	Nein	Ja	Nein
$> 30,0$ kVA	Ja	Ja	Nein
<b>Stationär, mobil Inselbetrieb</b>			
Alle	Nein	Nein	Ja

Die Umschaltung (Netz/Null/Insel) ist bei der Netzbetreiberin meldepflichtig.  
EEA über 1000 V AC und 1500 V DC sind in jedem Fall **planvorlagepflichtig**.  
**Sämtliche elektrischen Installationen sind kontrollpflichtig nach NIV.**  
**Es muss SiNa mit Mess- und Prüfprotokoll erstellt werden.**

Bei planvorlagepflichtigen EEA ist vor der Erstellung der Anlage dem ESTI durch den Bauherrn oder den Betriebsinhaber beziehungsweise durch seinen Vertreter eine Planvorlage gemäss Art. 2 VPeA und der Netzbetreiberin ein Anschlussgesuch einzureichen.

Dem ESTI sind folgende Unterlagen im Doppel einzureichen:

- Eigentümer, Standort, Art und Ausgestaltung der geplanten Anlage und deren Zusammenhang mit bestehenden Anlagen;
- Begründung des Projekts;
- sicherheitsrelevante Aspekte, wie Angaben über die Erzeugnis- respektive Maschinendaten, Stromsysteme, Spannungen und die Art der Erdungen;
- Schema der Anlage und der Erdungen, mit Angaben der Polleiter-, Neutralleiter- und Schutzleiterquerschnitte;
- mögliche Einflüsse auf oder durch andere Objekte, zum Beispiel besondere Betriebsverhältnisse, die nicht aus dem Schema und den Zeichnungen entnommen werden können, wie bspw. Neutralleiterbehandlung im Parallel- und allfälligen Inselbetrieb, Zweck und Wirkungsweise der Schutzeinrichtungen;
- die Auswirkungen auf die Umwelt und die Landschaft;
- gegebenenfalls die Abstimmung mit der Raumplanung, insbesondere mit den Richt- und Nutzungsplänen der Kantone;

- Erstellungskosten der Anlage;
- das unterzeichnete Anschlussgesuch an die betreffende Netzbetreiberin für EEA im Parallelbetrieb mit Stromversorgungsnetzen.

Siehe auch die Richtlinien des ESTI Nr. 235 gemäss Art. 2 und 4 VPeA für die Eingabe von Planvorlagen und deren Anforderungen sowie die Aussteckung.

Mit dem Bau der Anlage darf erst begonnen werden, wenn die Genehmigung der Pläne rechtskräftig geworden ist. Die Fertigstellung der Anlage muss dem ESTI schriftlich mitgeteilt werden. Der Fertigstellungsanzeige sind ein Inbetriebnahmeprotokoll und ein Sicherheitsnachweis für den Anschluss an das Niederspannungsverteilstrom beizulegen, aus dem hervorgeht, dass die Anlage den Anforderungen der Gesetzgebung und den anerkannten Regeln der Technik entspricht.

## **Erläuterungen zum Anschlussgesuch für elektrische Energieerzeugungsanlagen (siehe Anhang)**

### **Allgemeines**

Für den Anschluss mehrerer identischer EEA am gleichen Standort genügt ein einziges Anschlussgesuch. Die Netzbetreiberin kann bei Bedarf weitere Angaben verlangen.

### **Das Anschlussgesuch ist einzureichen für:**

EEA, die für Parallelbetrieb mit dem Stromversorgungsnetz vorgesehen sind. Vorgängig ist dem ESTI eine Planvorlage zur Genehmigung einzureichen, wenn die Leistung über 30 kVA beträgt und die Anlage mit einem Verteilnetz verbunden ist. Bei Anlagen im Inselbetrieb ist der SiNa nach Art. 35 Abs. 2 NIV bei der Inbetriebnahme dem ESTI einzureichen.

### **Hinweise zum Ausfüllen des Anschlussgesuchs:**

#### **Abschnitt 1**

- Das korrekte, vollständige Ausfüllen der Rubriken ermöglicht der Netzbetreiberin, die notwendigen Netzabklärungen und eventuell notwendige Massnahmen vorzukehren, die für einen sicheren Betrieb der EEA am Stromversorgungsnetz oder in der Kundenanlage erforderlich sind.

#### **Abschnitt 2**

- Die Angaben werden für statistische Zwecke sowie für die späteren vertraglichen Regelungen benötigt.

#### **Abschnitt 3**

- WKK-Anlagen können wärmegeführt oder stromgeführt betrieben werden. Bei wärmegeführten Anlagen wird die Leistungsabgabe entsprechend der benötigten Wärmemenge geregelt. Bei stromgeführten EEA wird die Leistungsabgabe entsprechend der benötigten Strommenge geregelt.
- Für die Angabe der maximalen Leistungsabgabe an das Stromversorgungsnetz ist zu berücksichtigen, dass der eigene Strombedarf an Wochenenden oder Feiertagen verschwindend klein sein kann, die EEA aber mit voller Leistung produziert.
- Mit dem «maximalen Leistungsbedarf bei Ausfall der Anlage» ist die gesamte Leistung, die die Netzbetreiberin dem Kunden beim Ausfall der EEA zur Verfügung stellen muss, anzugeben. Es muss berücksichtigt werden, dass bei einem Ausfall der EEA nicht die ganze Leistung der Anlage durch die Netzbetreiberin ersetzt werden muss, da bestimmte Verbraucher abgeschaltet werden oder eine Rücklieferung ins Stromversorgungsnetz vorhanden war.

#### Abschnitt 4

In diesem Abschnitt werden je nach Anlagentyp die entsprechenden Angaben benötigt.

- Bei einer WKK-Anlage wird die maximale thermische «Wärmeleistung» bei Nennbetrieb verlangt.
- Beim Wechselrichter wird für Photovoltaikanlagen aus statistischen Gründen zusätzlich die Panelfläche in m<sup>2</sup> verlangt.
- Die Leistung der Blindleistungskompensation ist bei Asynchrongeneratoren und Anlagen mit Wechselrichtern anzugeben.
- Als Leistungsfaktor ist der  $\cos \varphi$  bei der Energie-Übergabestelle (Zähleranschlussklemmen) anzugeben.

#### Abschnitt 5

- Das Schutzkonzept muss die Anforderungen des Abschnitts EEA der Werkvorschriften erfüllen.
- Für die Dimensionierung der Schalter gibt die örtliche Netzbetreiberin auf Anfrage die Netzkurzschlussleistung am Verknüpfungspunkt bekannt.

## 4. Bewilligungspflicht für Installationsarbeiten

EEA mit oder ohne Verbindung zu einem Niederspannungsverteilnetz sind nach Art. 2 Abs. 1 Bst. c NIV elektrische Installationen. Gemäss Art. 6 NIV braucht, wer elektrische Installationen erstellt, ändert oder instand stellt und wer elektrische Erzeugnisse an elektrische Installationen fest anschliesst oder solche Anschlüsse unterbricht, ändert oder instand stellt, eine Installationsbewilligung des ESTI.

Bei EEA fallen die Installationsarbeiten ab dem Netzverknüpfungspunkt bis zum Anlagenhauptschalter unter die Bewilligungspflicht nach NIV. Für den Anschluss an das Netz ist eine allgemeine Installationsbewilligung für natürliche Personen (Art. 7 NIV) oder für Betriebe (Art. 9 NIV) erforderlich.

Für EEA mit einer Spannung von max. 50 V Wechselspannung oder 120 V Gleichspannung und einem maximalen Betriebsstrom von 2 A gelten nur die Art. 1–5 der NIV. Sie fallen nicht unter die bewilligungspflichtigen Installationsarbeiten. Können solche Installationen Personen oder Sachen gefährden, gilt die NIV im vollen Umfang (siehe Art. 1 Abs. 3 NIV).

## 5. Abnahmekontrolle

Bei planvorlagepflichtigen EEA kontrolliert das ESTI in der Regel innerhalb eines Jahres nach der Fertigstellung, ob die Anlage vorschriftsgemäss und in Übereinstimmung mit den genehmigten Plänen erstellt worden ist (siehe Art. 13 VPeA). Grundlage für die Abnahmekontrolle bilden die Fertigstellungsanzeige gemäss Art. 12 VPeA sowie ein Sicherheitsnachweis nach Art. 37 der NIV für den Anschluss ans Niederspannungsverteilnetz.

Bei Anlagen mit Verbindung zu einem Niederspannungsverteilnetz ist der Sicherheitsnachweis nach NIV bei der Netzbetreiberin einzureichen. Die unabhängige Kontrolle nach Art. 35 Abs. 3 NIV muss vom Eigentümer der elektrischen Installation veranlasst werden, wenn die Anlage auf/an einem Objekt angebracht ist, dessen elektrische Installationen einer Kontrollperiode von weniger als 20 Jahren unterliegen.

Bei Anlagen ohne Verbindung mit einem Niederspannungsverteilnetz zur Einspeisung in eine feste Installation muss der Eigentümer dem ESTI den Sicherheitsnachweis bei der Inbetriebnahme zustellen (siehe Art. 35 Abs. 2 NIV).

## 6. Netzanschluss

EEA, die parallel mit dem Netz betrieben werden sollen, müssen auf der Netzversorgungsseite von Überstromschutzeinrichtungen der Verbraucherstromkreise fest angeschlossen sein.

Der Netzanschluss wird unter Berücksichtigung der gegebenen Netzverhältnisse, der Leistung und Betriebsweise der EEA sowie der berechtigten Interessen des Betreibers von der Netzbetreiberin festgelegt. Damit soll sichergestellt werden, dass die EEA ohne störende Rückwirkungen betrieben werden und die Versorgung anderer Kunden nicht beeinträchtigt ist.

EEA dürfen entsprechend den Werkvorschriften der Netzbetreiberin einphasig an das Netz angeschlossen werden.

Die Beurteilung der Anschlussmöglichkeit erfolgt unter dem Gesichtspunkt der Kurzschlussleistung des Netzes am Verknüpfungspunkt, der Anschlussleistung sowie der Art und der Betriebsweise der EEA.

Der Anschluss muss über eine dem Personal der Netzbetreiberin jederzeit zugängliche Schaltstelle mit Trennfunktion erfolgen.

Jederzeit zugängliche Schaltstellen sind:

- Anschlussüberstromunterbrecher;
- Kabelverteilschrank;
- Transformatorstation.

## 7. Mess- und Steuereinrichtungen

Art und Anzahl der erforderlichen Messeinrichtungen (EVU-Zähler) und Steuergeräte richten sich nach den Vertragsverhältnissen für den Strombezug und die Stromlieferung.

Zur Mess- und Steuereinrichtung gehörende Zähler, Messwandler, Prüfklemmen und Rundsteuer-Empfänger werden allgemein als Tarifapparate bezeichnet.

Eine Absprache mit der Netzbetreiberin bereits im Planungsstadium wird empfohlen.

Siehe auch die Werkvorschriften der Netzbetreiberin.

## 8. Schalteinrichtungen

Für die Verbindung der EEA mit dem Netz der Netzbetreiberin muss eine Schalteinrichtung (Kuppelschalter) mit mindestens Lastschaltvermögen (z. B. Motorschutzschalter, Leistungsschalter, Sicherungslastschalter, verschweisssicherer Schaltschütz mit Lastschaltvermögen und vorgeschaltetem Kurzschlusschutz) eingesetzt werden. Sofern kein Inselbetrieb vorgesehen ist, kann dafür die Schalteinrichtung der EEA verwendet werden.

Durch die Schalteinrichtung muss eine allpolige, galvanische Trennung sichergestellt werden. Je nach Netzsystem am Einbauort des Kuppelschalters ergeben sich die folgenden Anforderungen:

- Im IT- und TT-System sind die drei Aussenleiter und der Neutralleiter zu schalten.
- Im TN-System sind die drei Aussenleiter und je nachdem wo die EEA installiert ist (NIV gilt Ziff.4.4.4.7 NIN oder Starkstromverordnung), der Neutralleiter zu schalten. Das heisst, dass alle Leiter mit Ausnahme der Leiter mit PE-Funktion zu schalten sind. Bei der Umschaltung von Mehrfacheinspeisungen kann es notwendig sein, den Leiter mit PE-Funktion gleichzeitig mit den Aussenleitern zu schalten.
- Die Massnahmen gegen die elektromagnetischen Einflüsse sind gemäss Ziff. 4.4.4 NIN in der Niederspannungsinstallation zu berücksichtigen.

Ist ein Schalten des Neutralleiters erforderlich, so ist vorzugsweise ein Kuppelschalter einzusetzen, der den Neutralleiter beim Einschalten voreilend und beim Ausschalten nacheilend schaltet.

Für Anlagen des Zivilschutzes ist die Weisung des ESTI Nr. 508, Elektrische Installationen in Schutzbauten des Zivilschutzes, des Sanitätsdienstes sowie in speziellen Schutzräumen für besondere Infrastrukturen (WeZs), zu berücksichtigen.

Bei EEA mit Wechselrichter ist die Schalteinrichtung auf der Wechselstromseite des Wechselrichters vorzusehen. Bei Unterbringung im Gehäuse des Wechselrichters darf die Schalteinrichtung nicht durch einen Kurzschluss im Wechselrichter unwirksam werden.

Die Schalteinrichtung muss für den am Einbauort auftretenden maximalen Kurzschlussstrom ausgelegt und unter Berücksichtigung der erforderlichen Schutzeinrichtungen unverzüglich auslösbar sein.

Bei Verwendung von Schmelzsicherungen als Kurzschlusschutz ist das Schaltvermögen der Schalteinrichtung mindestens gemäss dem Ansprechbereich der vorgeschalteten Schmelzsicherung zu bemessen.

Der Nachweis für die Kurzschlussfestigkeit der gesamten elektrischen Anlage ist vom Betriebsinhaber zu erbringen.

## 9. Schutzeinrichtungen

Es sind folgende minimale Schutzmassnahmen vorzusehen:

- Kurzschlusschutz;
- Überlastschutz;
- Schutz gegen direktes und indirektes Berühren.

Zum Schutz der eigenen und anderer Anlagen sind Schutzmassnahmen erforderlich, die bei Spannungs- oder Frequenzabweichungen die zugehörige Schalteinrichtung auslösen. Abhängig vom Typ der Anlage kommen unterschiedliche Schutzkonzepte zur Anwendung.

Hinsichtlich des Eigenschutzes der Erzeugungsanlage ist zu berücksichtigen, dass der Kurzschlussstrom bei Inselbetrieb deutlich niedriger ist als derjenige bei Netzparallelbetrieb. Bei EEA, die über Umrichter in das Niederspannungsnetz einspeisen, kann er sogar unter dem Bemessungsstrom der Anlage liegen. Eventuell ist der Einsatz von Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCD) unumgänglich.

Für den Netzanschluss ist ein Entkupplungsschutz (NA-Schutz) gemäss NA/EEA-CH 2014 Ziff. 7.3.2 nach Angaben der Netzbetreiberin vorzusehen.

Die Prüfung des NA-Schutzes ist durch den EEA-Betreiber vorzunehmen und muss gemäss Art. 18 Abs. 2 Starkstromverordnung alle 5 Jahre durch den Betriebsinhaber der EEA überprüft werden.

Für EEA sind folgende Schutzfunktionen zu erfüllen (siehe Tabelle 15 der NA/EEA-CH 2014):

Funktion	Empfohlene Schutzrelaisstellwerte	
Überspannungsschutz $U >$ (10-min-Mittelwert)*	$1.1 U_N$	momentan
Überspannungsschutz $U >>$	$1.15 U_N^{**}$	momentan
Unterspannungsschutz $U <$	$0.80 U_N$	momentan
Überfrequenzschutz $f >$	$51.5 \text{ Hz } (U > 70\% U_N)$	momentan
Unterfrequenzschutz $f <$	$47.5 \text{ Hz } (U > 70\% U_N)$	momentan
Inselnetzerkennung (z.B. Shiftverfahren im Stromrichter)	Abschaltung innerhalb 5 s nach Netztrennung	
Un: Nennspannung (230 V) momentan = 50...150 ms (zur Vermeidung von Überfunktionen) * kann auf dem Stromrichter realisiert werden. ** wenn kein 10-min-Mittelwert ( $U >$ ) vorhanden, ist $U >> 1.1 U_N$ Hinweis: Rückfallverhältnisse (Hysterese) der Relais bzgl. Überfunktion/Wiederzuschaltung beachten.		

Der Minimalspannungsschutz muss dreiphasig ausgeführt sein, um auch einpolige Spannungseinbrüche sicher zu erkennen. Der Maximalspannungsschutz ist bei Asynchrongeneratoren ebenfalls dreiphasig auszuführen. Bei Synchrongeneratoren genügt ein einphasiger Schutz.

In Anlagen mit Wechselrichtern ist die Ländereinstellung NA/EEA-CH zur berücksichtigen.

Für Photovoltaikanlagen bis max. 16 A und 400 V (elektronische Wechselrichter) können auch die Werte nach SN EN 50438 Anforderungen für den Anschluss von Klein-Generatoren an das öffentliche Niederspannungsnetz (alt auch VDE 0126-1-1) angewendet werden.

## 10. Blindleistungskompensation

EEA > 30 kVA müssen unter normalen Betriebsbedingungen in der Lage sein, induktive bzw. kapazitive Blindleistung in den unten aufgeführten Leistungsfaktorbereichen abzugeben resp. aufzunehmen. Davon abweichende Werte (z. B. für Synchronmaschinen) sind vertraglich zu regeln.

**800 VA <  $\Sigma S_{E_{max}} \leq 30$  kVA**

$\cos\varphi = 0.95_{\text{untererregt}}$  bis  $\cos\varphi = 0.95_{\text{übererregt}}$

Der Einstellwert oder die Kennlinie wird durch die zuständige Netzbetreiberin unter Berücksichtigung des Anlagentyps festgelegt.

**30 kVA <  $\Sigma S_{E_{max}} \leq 100$  kVA**

$\cos\varphi = 0.9_{\text{untererregt}}$  bis  $\cos\varphi = 0.9_{\text{übererregt}}$

Die Netzbetreiberin bestimmt dabei eine der folgenden Regelungs- resp. Steuerungsarten:

- Fester Verschiebungsfaktor  $\cos\varphi$
- Verschiebungsfaktor  $\cos\varphi$  (P)
- Konstante Blindleistung Q
- Blindleistungs- / Spannungskennlinie Q(U)

**$\Sigma S_{E_{max}} > 100$  kVA**

$\cos\varphi = 0.9_{\text{untererregt}}$  bis  $\cos\varphi = 0.9_{\text{übererregt}}$

Es kann ein Anschluss an die Netzleitstelle der Netzbetreiberin erfolgen, über den diese den  $\cos\varphi$  je nach Netzsituation regelt. Die Netzbetreiberin bestimmt dabei eine der folgenden Regelungs- resp. Steuerungsarten:

- Fester Verschiebungsfaktor  $\cos\varphi$
- Verschiebungsfaktor  $\cos\varphi$  (P)
- Konstante Blindleistung Q
- eine Blindleistungs-/Spannungskennlinie Q (U)

Wird von der Netzbetreiberin eine Kennlinie  $\cos\varphi$  (P) vorgegeben, so muss sich jeder aus der Kennlinie ergebende Sollwert innerhalb von zehn Sekunden automatisch einstellen.

Um bei schwankender Wirkleistungseinspeisung Spannungssprünge zu vermeiden, muss eine Kennlinie mit kontinuierlichem Verlauf und begrenzter Steilheit gewählt werden. Sowohl das gewählte Verfahren als auch die Sollwerte werden von der Netzbetreiberin individuell für jede Erzeugungsanlage festgelegt und mittels Vereinbarung festgehalten.

Zur Begrenzung der Oberschwingungsspannungen und für einen störungsfreien Betrieb der Tonfrequenz-Rundsteueranlagen ist eine Verdrosselung der Kompensationskondensatoren notwendig.

Die bei Asynchrongeneratoren gegebenenfalls notwendigen Kompensationskondensatoren dürfen nicht vor der Zuschaltung des Generators eingeschaltet werden. Bei der Abschaltung des Generators müssen die Kondensatoren gleichzeitig abgeschaltet werden.

Für die Bemessung der Kondensatoren ist die Betriebsweise der EEA zu berücksichtigen. Bei stark schwankender Antriebsleistung (Windkraftanlagen) muss die Blindleistungskompensation automatisch geregelt sein.

Bei Synchrongeneratoren kann der  $\cos \varphi$  über die Erregung eingestellt werden. Vielfach ist eine konstante Erregung ausreichend, ansonsten ist eine  $\cos\varphi$ -Regelung einzusetzen.

EEA, die über netzgeführte Wechselrichter betrieben werden, haben im Allgemeinen einen Blindleistungsbedarf, der etwa dem von Asynchrongeneratoren entspricht. Daher gelten die Schaltbedingungen für Kondensatoren wie bei Asynchrongeneratoren.

EEA mit selbstgeführten Wechselrichtern haben einen geringen Blindleistungsbedarf, sodass keine Blindleistungskompensationsanlage notwendig ist.

## 11. Zuschaltbedingungen

Zur Vermeidung von Rückspannungen ist durch den Einbau technischer Vorrichtungen sicherzustellen, dass eine Zuschaltung der EEA auf das Netz der Netzbetreiberin nur möglich ist, wenn die Netzspannung allpolig ansteht. Hierzu kann der Minimalspannungsschutz verwendet werden, sofern er auf der Netzseite der Schalteinrichtung angeschlossen ist.

Zum Schutz der EEA empfiehlt es sich, eine Zeitverzögerung zwischen Spannungswiederkehr und Zuschaltung im Minutenbereich vorzusehen.

Asynchrongeneratoren, die durch das Aggregat hochgefahren werden, müssen mit einer Drehzahl zwischen 95 und 105 % der Synchrondrehzahl spannungslos zugeschaltet werden.

Bei Synchrongeneratoren ist eine Synchronisationseinrichtung erforderlich, mit der die folgenden Synchronisierbedingungen eingehalten werden können:

- Spannung  $U$ : 90 - 110 %  $U_N$
- Frequenz  $f$ : 49,0 - 51 Hz
- Phasenwinkeldifferenz  $\Delta\varphi$ :  $\leq (+/- 10^\circ)$

Abhängig vom Verhältnis der Netzimpedanz zur Generatorleistung kann es notwendig sein, engere Grenzen festzulegen, um unzulässige Netzurückwirkungen bei der Zuschaltung zu vermeiden.

Wechselrichter dürfen nur zugeschaltet werden, wenn sie auf ihrer Wechselstromseite spannungslos sind. Bei inselbetriebsfähigen EEA mit Wechselrichtern, die nicht spannungslos zugeschaltet werden, sind die folgende Zuschaltbedingungen einzuhalten:

- Spannung  $U$ : 90 - 110 %  $U_N$
- Frequenz  $f$ : 47,5 – 50,05 Hz

## 12. Netzurückwirkungen

Netzurückwirkungen von EEA sind zu begrenzen, damit die Verträglichkeit von Störgrößen für öffentliche Netze nicht überschritten wird. Dadurch soll gewährleistet werden, dass andere Anlagen und Betriebsmittel nicht gestört werden. Es sind folgende Störgrößen und deren Werte zu beachten:

Die Grenzwerte für die Oberschwingungsspannungen und -ströme sind den technischen Regeln D-A-CH-CZ bzw. SN EN 50160 Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen zu entnehmen.

In Abstimmung mit der Netzbetreiberin können bei grösseren Generatorleistungen höhere Oberschwingungsströme in Abhängigkeit von der Kurzschlussleistung am Verknüpfungspunkt zugelassen werden.

Bei Generatoren mit herausgeführtem Sternpunkt kann wegen möglicher Ströme der dritten Oberschwingung eine erhöhte Belastung des Neutralleiters auftreten.

Ist der Neutralleiter, um einen Inselbetrieb zu ermöglichen, herausgeführt und angeschlossen, ist eine der folgenden Massnahmen zu ergreifen:

- Generator mit spezieller Wicklungsauslegung (gesehnte Wicklung) für die Unterdrückung der dritten Oberschwingung;
- erhöhter Leiterquerschnitt der Sternpunktverbindung (125 %);
- Einbau einer Sternpunktdrossel (Berücksichtigung des einpoligen Kurzschlusschutzes);
- Überwachung des Neutralleiterstroms;
- automatische Unterbrechung der Sternpunktverbindung mit dem Netz während des Parallelbetriebs.

### 13. Rückwirkungen auf Rundsteueranlagen

Tonfrequenz-Rundsteueranlagen (TRA) werden in der Regel mit Frequenzen zwischen 100 und 3000 Hz betrieben. Die örtlich verwendete Rundsteuerfrequenz kann bei der Netzbetreiberin erfragt werden. Die Sendepiegel liegen bei etwa 1 bis 4 %  $U_N$ .

Beim Betrieb von EEA mit Wechselrichtern können im Netz Spannungen mit Frequenzen erzeugt werden, die Tonfrequenz-Rundsteuerempfänger stören. Deshalb ist die Höhe der Spannung mit der örtlich verwendeten Rundsteuerfrequenz, die von einem Wechselrichter am Verknüpfungspunkt eingespeist werden darf, auf 0,1 %  $U_N$  zu begrenzen.

Die vom Wechselrichter erzeugten Spannungen, deren Frequenzen 100 Hz oberhalb bzw. unterhalb der örtlich verwendeten Rundsteuerfrequenz liegen, sollen 0,3 %  $U_N$  nicht übersteigen.

Falls eine EEA den Betrieb der Rundsteueranlagen beeinträchtigt, sind vom Betriebsinhaber Massnahmen gegen die Beeinträchtigung zu treffen.

### 14. Inbetriebnahme

Die Aufnahme des erstmaligen Parallelbetriebs ist in der Regel im Beisein eines Vertreters der Netzbetreiberin durchzuführen.

Es sind folgende Prüfungen durchzuführen:

- Besichtigung der Anlage;
- Vergleich des Anlagenaufbaus mit den eingereichten Unterlagen;
- Zugänglichkeit und bestimmungsgemässe Trennfunktion der Schaltstelle;
- Aufbau der Messeinrichtung entsprechend den vertraglichen und technischen Vorgaben.

Zusätzlich ist eine Funktionsprüfung der Schutzeinrichtungen vorzunehmen. Diese ist unter realen Bedingungen oder durch Simulation mit entsprechenden Prüfgeräten durchzuführen.

Ferner sind das Ansprechen der Schutzeinrichtungen und die Einhaltung der vorgegebenen Auslösezeiten für folgende Betriebsverhältnisse zu prüfen:

- Einphasiger Netzausfall (getrennt für alle drei Phasen) oder Nachweis der Steuer- und Schutzfunktionen bei einphasigem Netzausfall;
- dreiphasiger Netzausfall;
- Kurzunterbrechung/automatische Wiedereinschaltung;
- Frequenzabweichungen (Simulation mit Prüfeinrichtung);
- Kontrolle der Netz-Zuschaltbedingungen;
- Funktion der Kompensationsanlage.

Sinngemäss sind diese Prüfungen auch bei Anlagen mit Wechselrichtern durchzuführen. Die Inbetriebnahme, insbesondere die Funktionsprüfung der Schutzeinrichtungen gemäss Ziff. 9, ist zu dokumentieren.

## 15. Betrieb

Die für den Parallelbetrieb mit dem Netz erforderlichen Einrichtungen der EEA sind vom Betriebsinhaber stets in technisch einwandfreiem Zustand zu halten. Er hat die Schalter und die Schutzeinrichtungen nach Herstellerangaben auf Funktionstüchtigkeit überprüfen zu lassen. Fehlen solche Angaben, ist die Funktionstüchtigkeit mindestens alle fünf Jahre zu prüfen. Das Ergebnis ist zu dokumentieren.

Dieses Protokoll dient damit auch gegenüber Dritten als Nachweis einer ordnungsgemässen Betriebsführung.

Die EEA darf erst dann auf das Netz geschaltet werden, wenn die Zuschaltbedingungen gemäss Ziff. 11 erfüllt sind.

Die Netzbetreiberin ist bei Gefahr und im Störfalle zur sofortigen Trennung der EEA vom Netz berechtigt.

Vom Betriebsinhaber beabsichtigte Änderungen in seiner Anlage, soweit diese Auswirkungen auf den Parallelbetrieb haben wie zum Beispiel Erhöhung oder Verminderung der Einspeiseleistung, Auswechslung von Schutzeinrichtungen, Änderungen an der Kompensationsanlage, bedingen das Einreichen einer Planvorlage beim ESTI (siehe Art. 15 Abs. 3 VPeA) und eine rechtzeitige Abstimmung mit der Netzbetreiberin.

In folgenden Fällen ist die Netzbetreiberin berechtigt, eine vorübergehende Begrenzung der Wirkleistungsabgabe oder eine Abschaltung der Anlage zu verlangen bzw. vorzunehmen, oder die EEA muss die Regelung automatisch vornehmen:

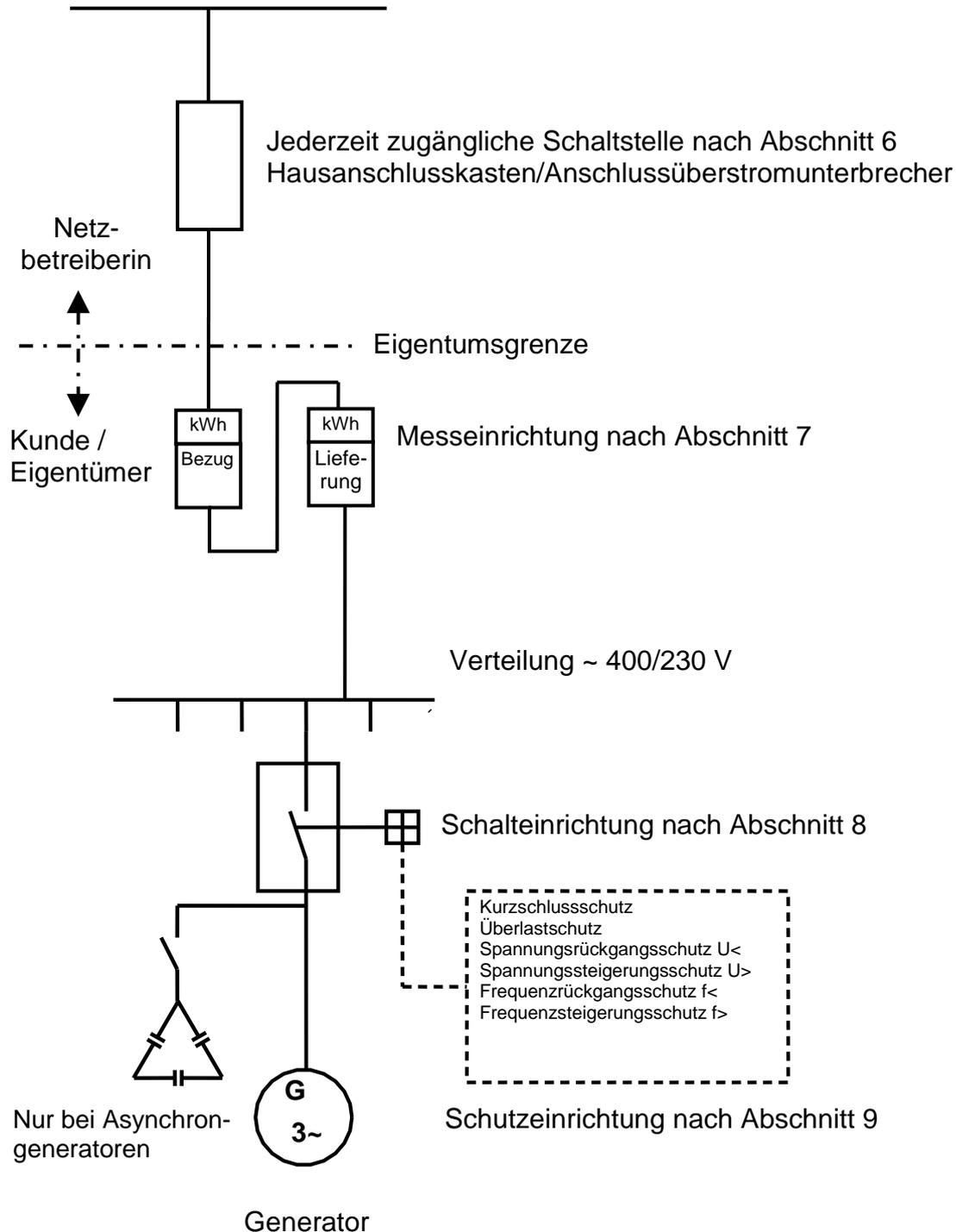
- Potenzielle Gefahr für den sicheren Systembetrieb;
- Engpässe bzw. Gefahr von Überlastungen im Netz des Verteilnetzbetreibers;
- Gefahr einer Inselnetzbildung;
- Gefährdung der statischen oder der dynamischen Netzstabilität;
- systemgefährdender Frequenzanstieg;
- Re-Synchronisation von Teilnetzen;
- im Rahmen des Netzsicherheitsmanagements.

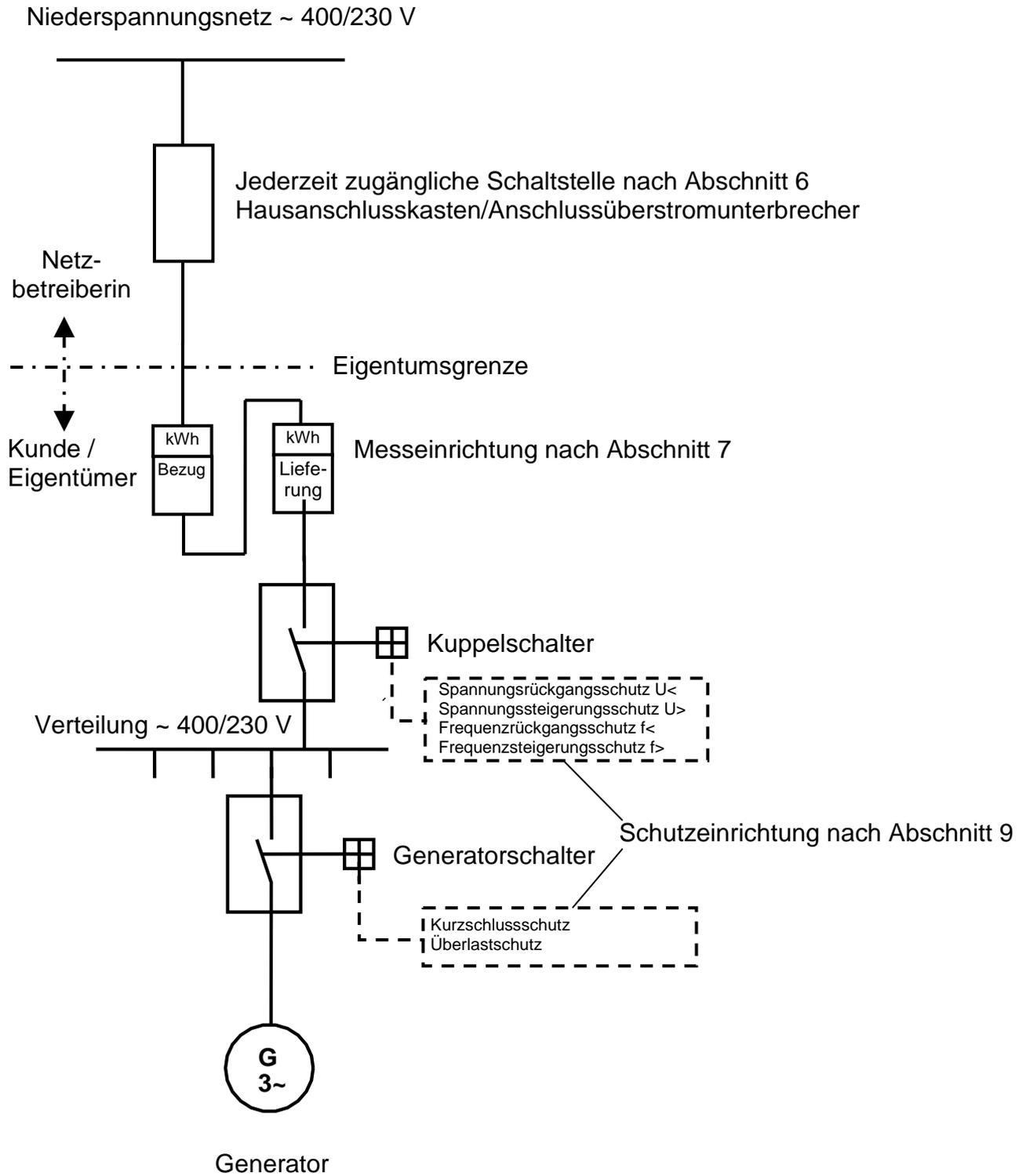
Das Frequenzverhalten ist im Kapitel 7.4.3.4 der VSE-Empfehlung NA/EEA-CH 2014 festgehalten.

## 16. Ausführungsbeispiele

### Beispiel 1: Energieerzeugungsanlage im Parallelbetrieb ohne Inselbetrieb

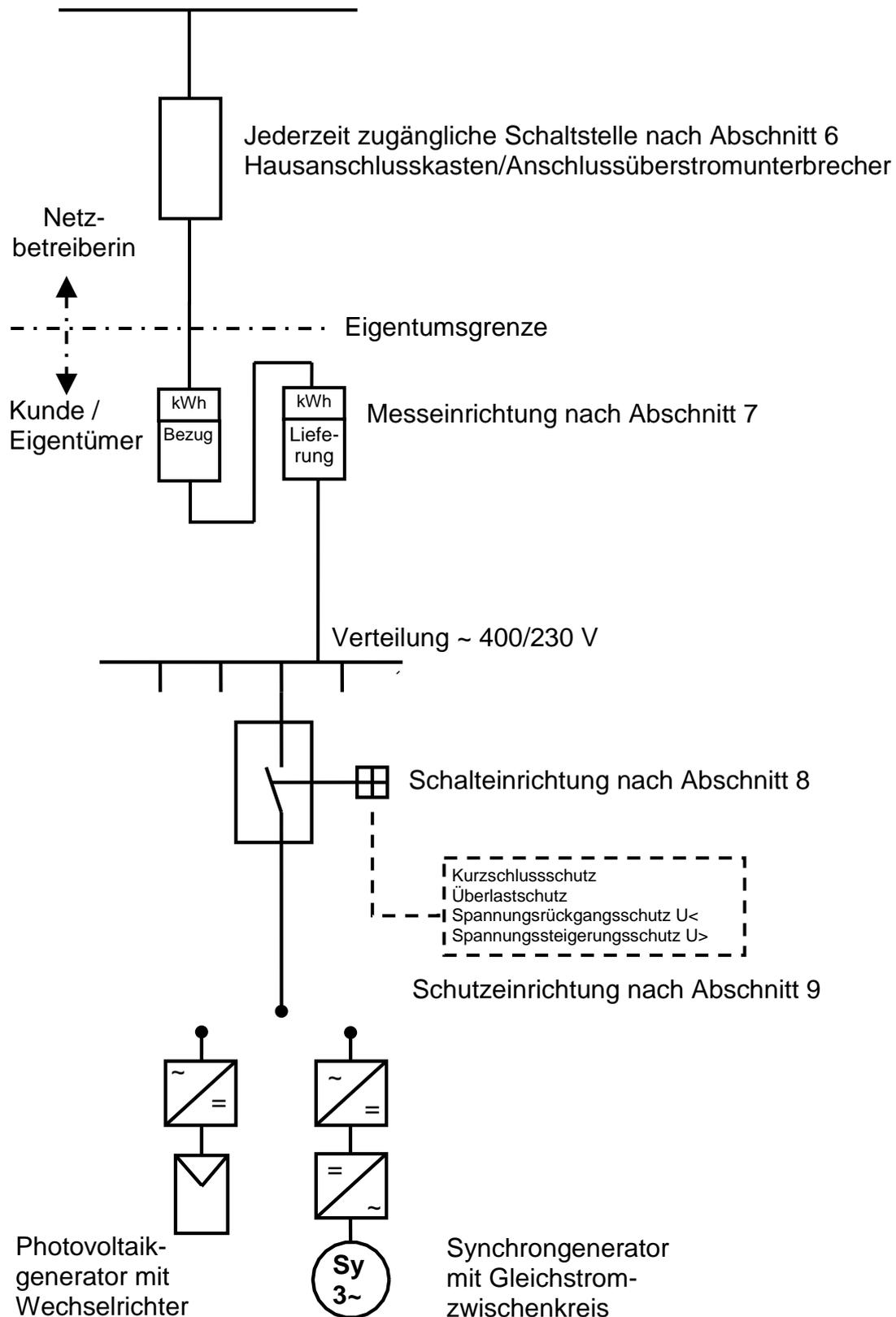
Niederspannungsnetz ~ 400/230 V



**Beispiel 2: Energieerzeugungsanlage im Parallelbetrieb mit Inselbetrieb**

**Beispiel 3: Energieerzeugungsanlage mit Wechselrichter im Parallelbetrieb***Dreiphasige Einspeisung*

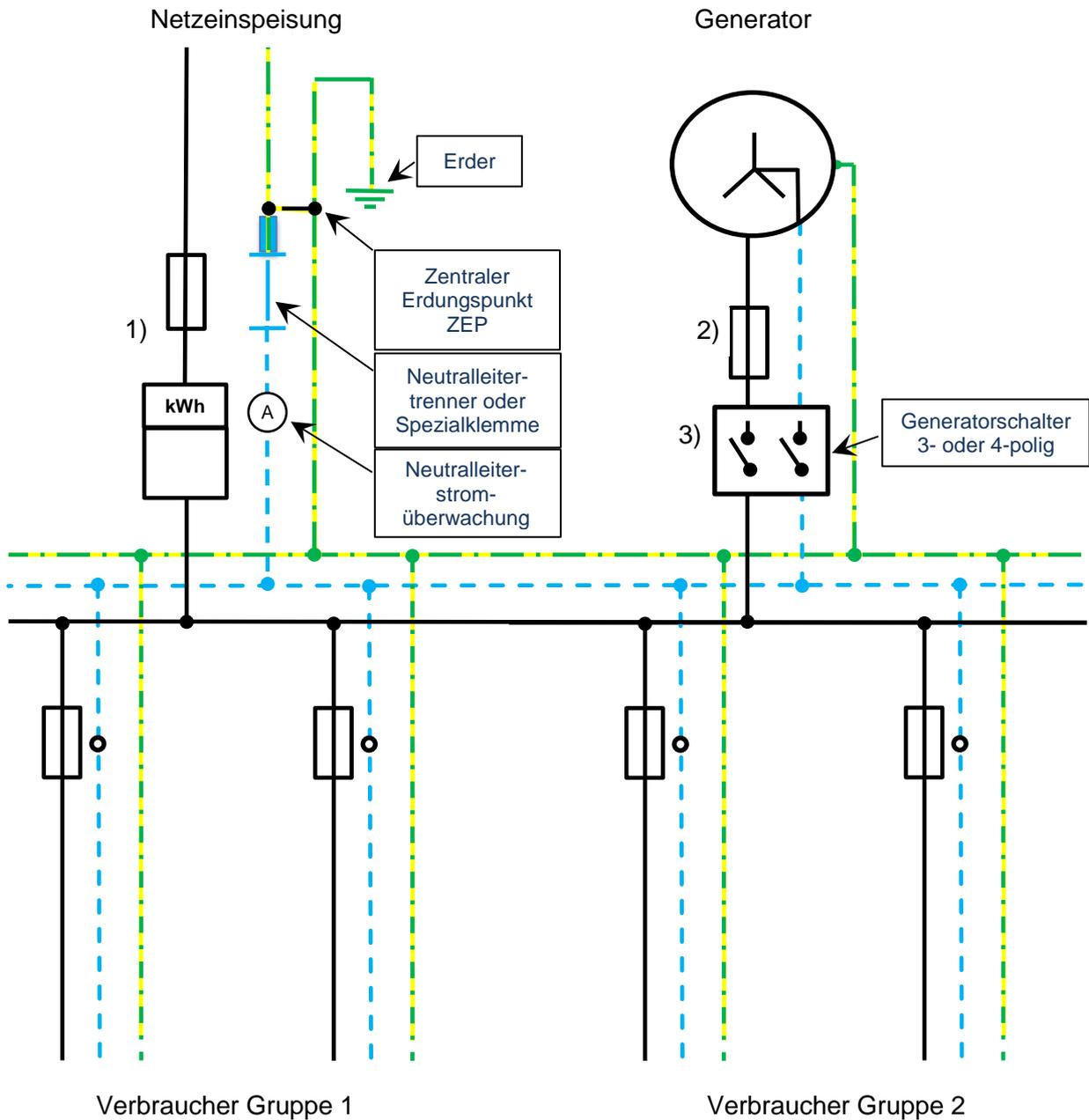
Niederspannungsnetz ~ 400/230 V



## Beispiel 4: Anschluss des Generators für den Parallelbetrieb, Einspeisung Niederspannung, gebäudeexterne Trafostation

EMV-richtige Ausführung mit zentralem Erdungspunkt

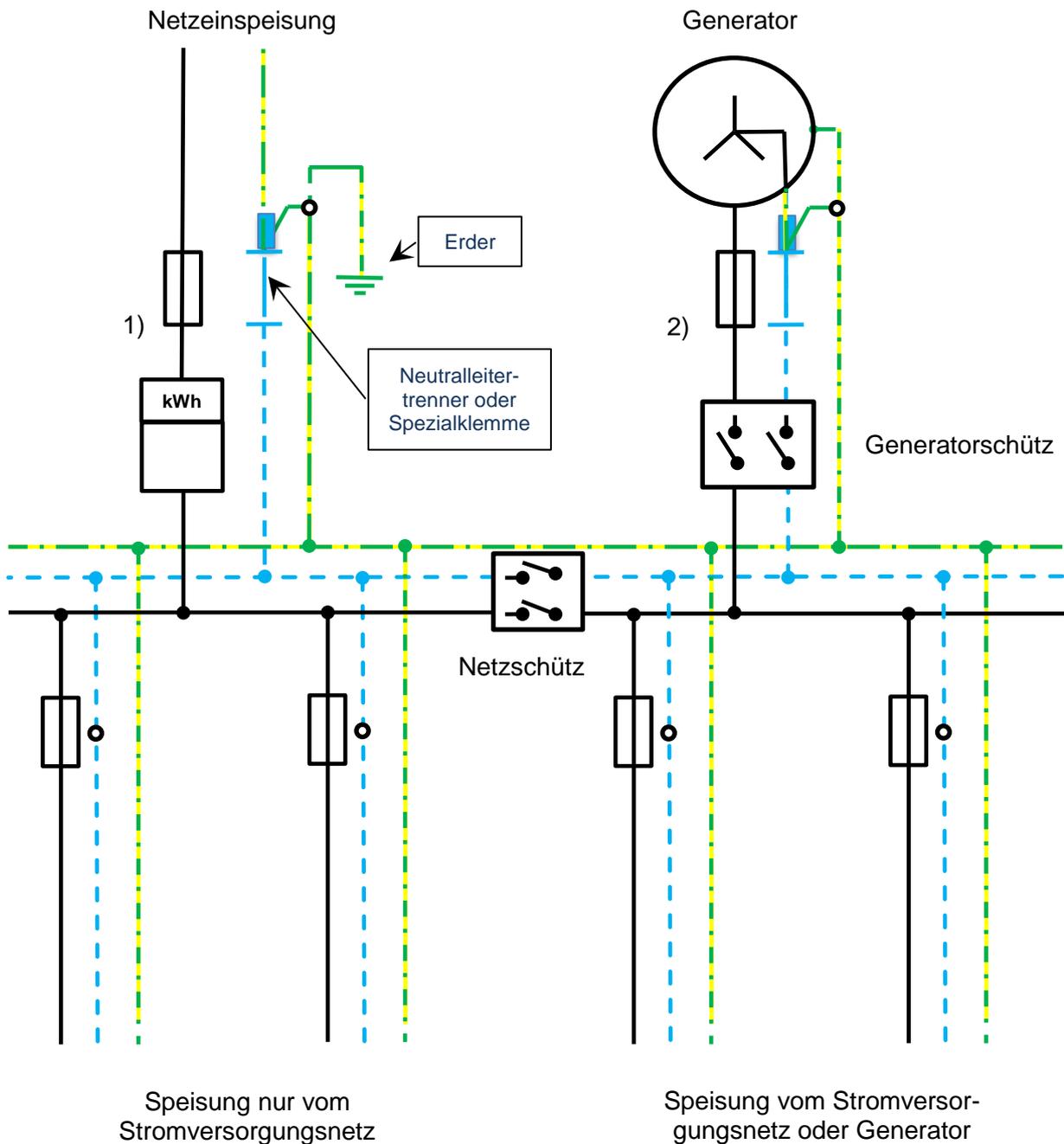
### System TN-S



- 1) Anschlussüberstromunterbrecher Stromversorgungsnetz mit Schild «Achtung Fremdspannung EEA»
- 2) Überstromschutzeinrichtung Generator
- 3) Schild «Achtung Fremdspannung EEA»

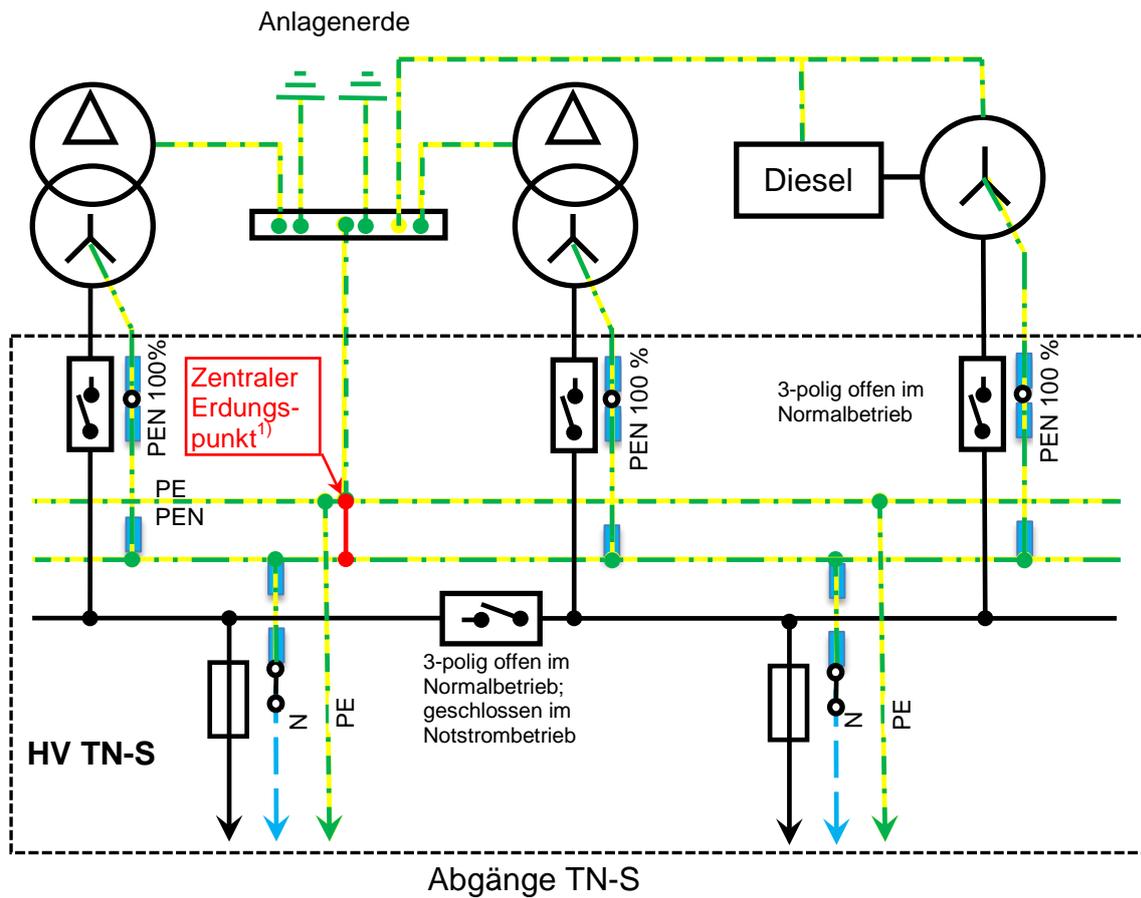
## Beispiel 5: Anschluss des Generators ohne Parallelbetrieb, Einspeisung Niederspannung, gebäudeexterne Trafostation, gemäss Werkvorschriften

EMV-konforme Ausführung gem. Ziff. 4.4.4 NIN, Massnahmen gegen elektromagnetische Einflüsse



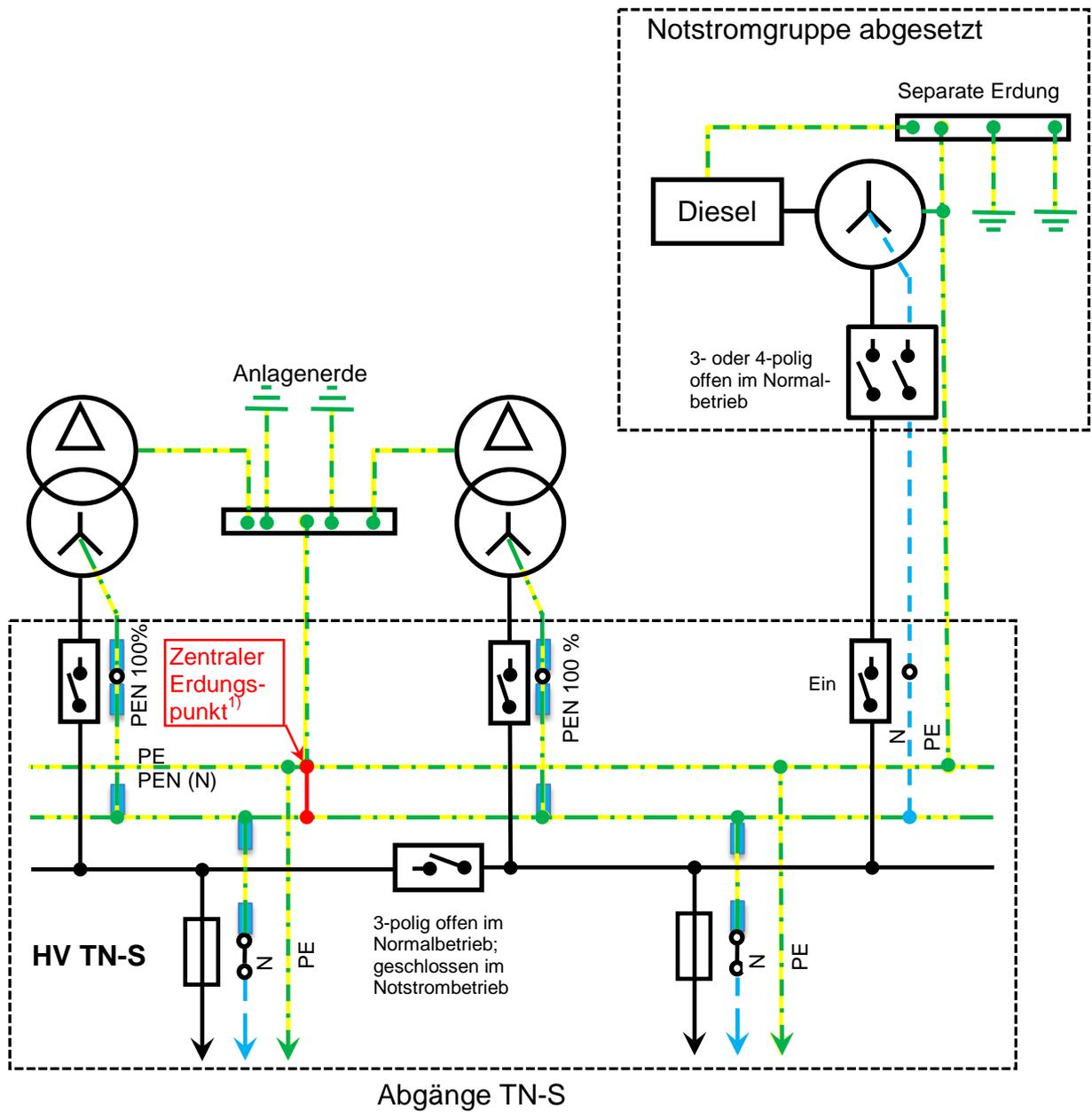
- 1 Anschlussüberstromunterbrecher Stromversorgungsnetz mit Schild «Achtung Fremdspannung EEA»
- 2 Überstromschutzeinrichtung Generator

### Beispiel 6: Anschluss des Generators an Transformatorstation mit System TN-C, Parallel- oder Inselbetrieb



<sup>1)</sup> Der zentrale Erdungspunkt muss beschriftet werden.

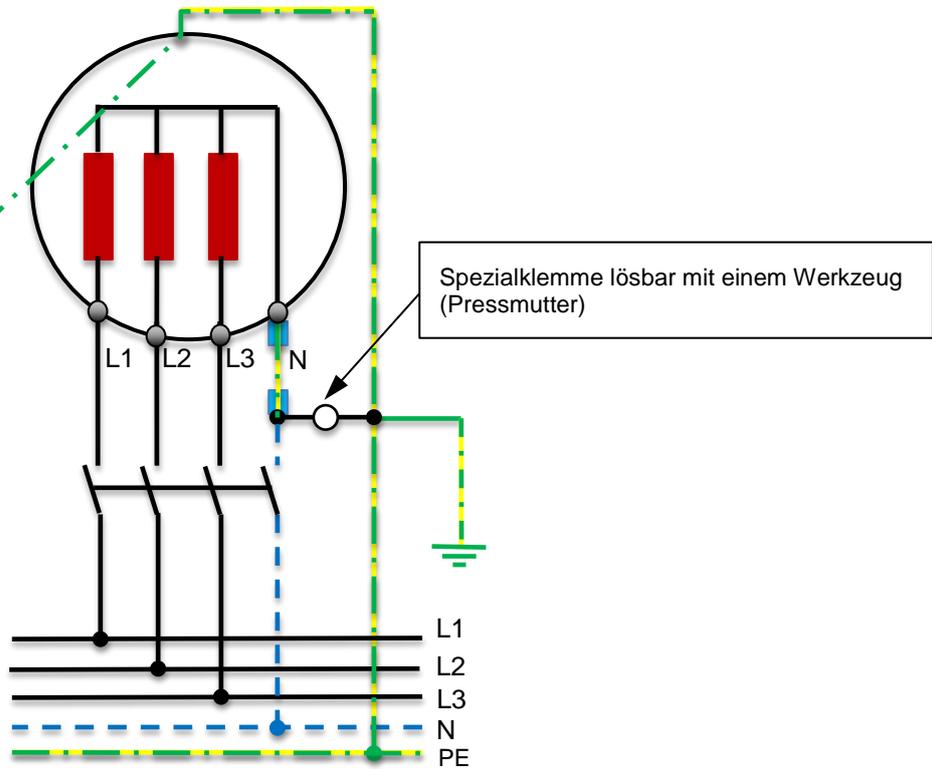
### Beispiel 7: Anschluss eines abgesetzten Generators an Transformatorstation mit separater Erdung, Parallel- oder Inselbetrieb



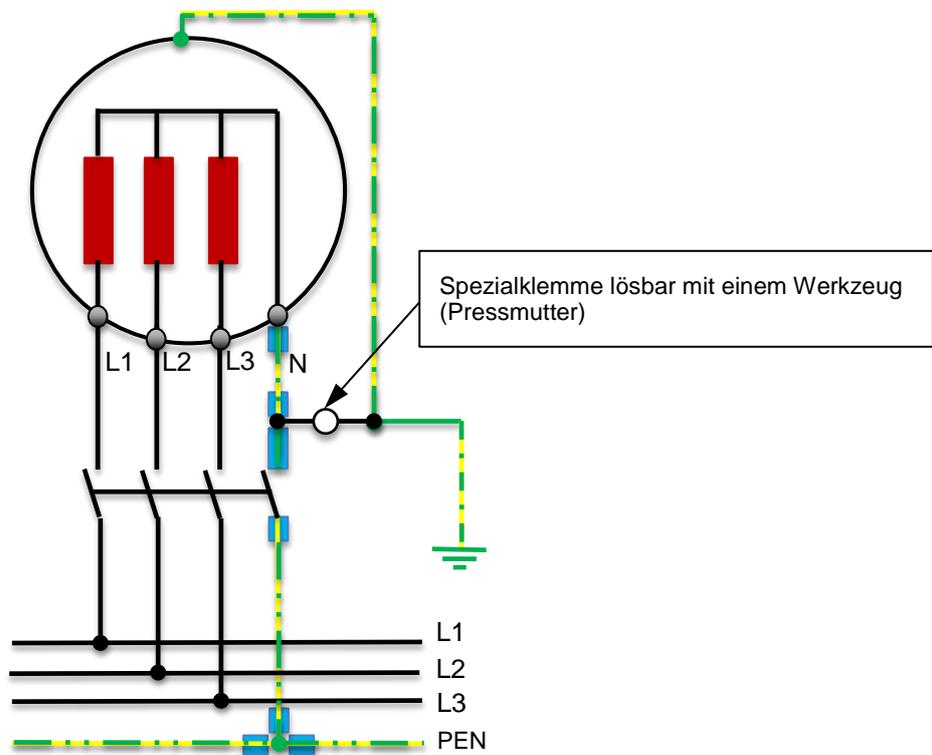
<sup>1)</sup> Der zentrale Erdungspunkt muss beschriftet werden.

### Beispiel 8: Anschlussmöglichkeiten des Generators ohne Parallelbetrieb

Anschluss Notstromgenerator bei System TN-S 4-polig



Anschluss Notstromgenerator bei System TN-C 4-polig



Spezialklemme

**Elektrizitätsversorgungsunternehmen (Netzbetreiber)****Anschlussgesuch für Energieerzeugungsanlagen (EEA) im Parallelbetrieb mit Stromversorgungsnetz****1. Allgemeine Angaben**

☒ Zutreffendes ankreuzen

Name und Anschrift des Kunden (Betriebsinhaber)		Telefon-Nr.
		Fax-Nr.
Standort der Anlage, evtl. Parzellen-Nr.	Art des Gebäudes	Telefon-Nr.
	<input type="checkbox"/> EFH <input type="checkbox"/> MFH <input type="checkbox"/> Gewerbe <input type="checkbox"/> Industrie	Fax-Nr.
Name und Anschrift des ausführenden Unternehmens	Sachbearbeiter	Telefon-Nr.
	Voraussichtliche Inbetriebnahme	Fax-Nr.

**2. Anlageart / Energieträger**

<input type="checkbox"/> Neuanlage	<input type="checkbox"/> Erzeugung nur Elektrizität	<input type="checkbox"/> Wasserkraft	<input type="checkbox"/> Sonne	<input type="checkbox"/> Dieselöl
<input type="checkbox"/> Umbau bestehende Anlage	<input type="checkbox"/> WKK-Anlage/BHKW	<input type="checkbox"/> Erdgas	<input type="checkbox"/> Biogas	<input type="checkbox"/> Kehricht
<input type="checkbox"/> _____		<input type="checkbox"/> _____		

**3. Betriebsart / Energieproduktion**

<input type="checkbox"/> Anlage dauernd mit dem Netz verbunden	<input type="checkbox"/> Rücklieferung ins Netz	WKK-Anlage
<input type="checkbox"/> Notstromanlage, zeitweise mit dem Netz verbunden	<input type="checkbox"/> Rückliefermessung	<input type="checkbox"/> wärmegeführt <input type="checkbox"/> stromgeführt
Max. Leistungsabgabe ans Netz _____ kW	Voraussichtliche Energierücklieferung	
Max. Leistungsbedarf bei Ausfall der Anlage _____ kW	im Winterhalbjahr (Oktober bis März) _____ kWh	
Vorgesehene Betriebsstunden pro Jahr _____ h/a	im Sommerhalbjahr (April bis Sept.) _____ kWh	

**4. Technische Angaben / Nenndaten**

Gesamte installierte Leistung		elektrisch _____ kW	thermisch _____ kW
<input type="checkbox"/> Wechselrichter	<input type="checkbox"/> Synchrongenerator	<input type="checkbox"/> Asynchrongenerator	Anzahl _____
Panelfläche _____ m <sup>2</sup>	Fabrikat/Typ _____	Nennleistung _____ kW	
Spannung _____ x _____ V	Scheinleistung _____ kVA	cos φ _____	
Kurzschlussleistung ___ kVA	Blindleistungskompensation _____ kVar	Verdrosselungsfrequenz _____ Hz	

**5. Beilagen**

<input type="checkbox"/> Schutzkonzeption	<input type="checkbox"/> _____
<input type="checkbox"/> Kopie genehmigte ESTI-Vorlage	<input type="checkbox"/> _____

**6. Unterschrift des Netzbetreibers**

Ort	Datum	Unterschrift

**7. Entscheid des Netzbetreibers**

<input type="checkbox"/> Bewilligt	<input type="checkbox"/> Bewilligt mit Massnahmen	Datum	Unterschrift
Bemerkungen _____			
_____			

**8. Abnahmekontrollen**

	Datum	Visum
Installationskontrolle nach NIV		
Kontrolle Schutzkonzept		
Betriebsbewilligung		
Statistische Erfassung		