

2 Netzanschluss

2.1 Grundsätze für die Festlegung des Netzanschlusspunktes

Erzeugungsanlagen sind an einem geeigneten Punkt im Netz, dem Netzanschlusspunkt, anzuschließen. An Hand der unter Kapitel 1.3 aufgeführten Unterlagen ermittelt der Netzbetreiber den geeigneten Netzanschlusspunkt, der auch unter Berücksichtigung der Erzeugungsanlage einen sicheren Netzbetrieb gewährleistet und an dem die beantragte Leistung aufgenommen und übertragen werden kann. Entscheidend für eine Netzanschlussbeurteilung ist stets das Verhalten der Erzeugungsanlage an dem Netzanschlusspunkt sowie im Netz der allgemeinen Versorgung.

Die angefragte Einspeiseleistung (Anschlusswirkleistung P_A und maximale Scheinleistung der Erzeugungsanlage S_{Amax} bzw. vereinbarte Anschlussscheinleistung S_{AV}) wird nach Stellung des Netzanschlussantrages des Anschlussnehmers vom Netzbetreiber netztechnisch geprüft. Hierfür ermittelt der Netzbetreiber den geeigneten Netzanschlusspunkt. Diese Prüfung erfolgt für das Netz der allgemeinen Versorgung unter Berücksichtigung des betriebsüblichen Schaltzustandes. Die Schaltfreiheit des Netzbetreibers darf durch den Betrieb der Erzeugungsanlage zur Wahrung der Versorgungszuverlässigkeit sowie für Instandhaltungsaufgaben nicht eingeschränkt werden. Wenn die vereinbarte Leistung größer ist als die im (n-1)-Fall zulässige Leistung, muss die Erzeugungsanlage im (n-1)-Fall in ihrer Leistung beschränkt oder ganz abgeschaltet werden. Die Erzeugungsanlage selbst wird üblicherweise nicht (n-1)-sicher an das Netz der allgemeinen Versorgung angeschlossen.

Die Beurteilung der Anschlussmöglichkeit unter dem Gesichtspunkt der Netzurückwirkungen erfolgt an Hand der Impedanz des Netzes am Verknüpfungspunkt (Kurzschlussleistung, Resonanzen), der Anschlussleistung sowie der Art und Betriebsweise der Erzeugungsanlage. Sofern mehrere Erzeugungsanlagen im gleichen Mittelspannungsnetz angeschlossen sind, muss deren Gesamtwirkung betrachtet werden.

Anschlussbeispiele befinden sich in Anhang C.

2.2 Bemessung der Netzbetriebsmittel

Erzeugungsanlagen können durch ihre Betriebsweise eine höhere Belastung von Leitungen, Transformatoren und anderen Betriebsmitteln des Netzes verursachen. Daher ist eine Überprüfung der Belastungsfähigkeit der Netzbetriebsmittel im Hinblick auf die angeschlossenen Erzeugungsanlagen nach den einschlägigen Bemessungsvorschriften erforderlich. Im

Gegensatz zu Betriebsmitteln, über die Verbrauchsanlagen versorgt werden, muss hier mit Dauerlast (Belastungsgrad = 1, anstelle der oft üblichen EVU-Last) gerechnet werden.

Bei den meisten Erzeugungsanlagen kann für die thermische Belastung der Netzbetriebsmittel die maximale Scheinleistung $S_{A\max}$ zugrunde gelegt werden. Diese ergibt sich aus der Summe aller maximalen Wirkleistungen $P_{E\max}$ geteilt durch den vom Netzbetreiber am Netzanschlusspunkt vorgegebenen minimalen Leistungsfaktor λ :

$$S_{A\max} = \frac{\sum P_{E\max}}{\lambda} \quad 2.2-1$$

Anmerkung: Bei Erzeugungseinheiten mit spezieller Leistungsbegrenzung sind die auf die begrenzte Leistung bezogenen Werte einzusetzen.

Für Erzeugungsanlagen, die die in Kapitel 2.4.3 formulierten Anforderungen an die eingespeisten Oberschwingungsströme erfüllen, ist der Leistungsfaktor λ praktisch gleich dem Verschiebungsfaktor $\cos \varphi$ der Grundschwingungen von Strom und Spannung. Im praktischen Gebrauch genügt es daher in der Regel, anstelle des Leistungsfaktors den Verschiebungsfaktor für die Bestimmung der maximalen Scheinleistung zu verwenden:

$$S_{A\max} = \frac{\sum P_{E\max}}{\cos \varphi} \quad 2.2-2$$

Bei Windenergieanlagen wird die maximale Wirkleistung über 600 Sekunden angesetzt:

$$S_{A\max} = S_{A\max 600} = \frac{\sum (P_{nG} \cdot p_{600})}{\lambda} \quad \text{bzw.} \quad 2.2-3$$

$$S_{A\max} = S_{A\max 600} = \frac{\sum (P_{nG} \cdot p_{600})}{\cos \varphi} \quad 2.2-4$$

wobei p_{600} dem Prüfbericht nach der „Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen“³, entnommen werden kann.

³ Anhang B, „Technische Richtlinie für Windenergieanlagen“ Teil 3: Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften – Netzverträglichkeit (EMV) -

2.3 Zulässige Spannungsänderung

Im ungestörten Betrieb des Netzes darf der Betrag der von allen Erzeugungsanlagen mit Anschlusspunkt in einem Mittelspannungsnetz verursachten Spannungsänderung an keinem Verknüpfungspunkt in diesem Netz einen Wert von 2 % gegenüber der Spannung ohne Erzeugungsanlagen überschreiten.

$$\Delta u_a \leq 2 \% \quad (2.3-1)$$

Anmerkungen:

- Die Erzeugungsanlagen mit Anschlusspunkt in den unterlagerten Niederspannungsnetzen dieses Mittelspannungsnetzes bleiben hiervon unberücksichtigt. Hierfür gelten die Grenzwerte der Richtlinie „Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“.
- Nach Maßgabe des Netzbetreibers und ggf. unter Berücksichtigung der Möglichkeiten der statischen Spannungshaltung kann im Einzelfall von dem Wert von 2 % abgewichen werden.
- Abhängig vom resultierenden Verschiebungsfaktor aller Erzeugungsanlagen kann die Spannungsänderung positiv oder negativ werden, also eine Spannungsanhebung oder -absenkung erfolgen.
- Da der Netztransformator in der Regel über eine automatische Spannungsregelung verfügt, kann die Sammelschienenspannung als nahezu konstant angesehen werden.

Vorzugsweise sind die Spannungsänderungen mit Hilfe der komplexen Lastflussrechnung zu ermitteln.

2.4 Netzurückwirkungen

2.4.1 Schnelle Spannungsänderungen

Die durch die Zu- und Abschaltung von Generatoreinheiten oder Erzeugungseinheiten bedingten Spannungsänderungen am Verknüpfungspunkt führen nicht zu unzulässigen Netzurückwirkungen, wenn die maximale Spannungsänderung aufgrund der Schalthandlung an einer Erzeugungseinheit den Wert von 2 % nicht überschreitet, d. h. wenn

$$\Delta u_{\max} \leq 2 \% \text{ (bezogen auf } U_c) \quad (2.4.1-1)$$

und dabei nicht häufiger als einmal in 3 Minuten geschaltet wird (siehe Erläuterungen).

Bei Abschaltung einer oder der gleichzeitigen Abschaltung mehrerer Erzeugungsanlagen an einem Netzanschlusspunkt ist die Spannungsänderung an jedem Punkt im Netz begrenzt auf:

$$\Delta u_{\max} \leq 5 \% \quad (2.4.1-2)$$

Anmerkung: Hierbei sind all die Erzeugungsanlagen zu betrachten, die sowohl infolge von betrieblichen Abschaltungen als auch von Schutzauslösungen gleichzeitig ausfallen können.

Für die Abschaltung einer gesamten Erzeugungsanlage errechnet sich die entstehende Spannungsänderung als Differenz der Spannungen mit und ohne Einspeisung ohne Berücksichtigung der Spannungsregelung der Netztransformatoren.

2.4.2 Langzeitflicker

Für die Anschlussbeurteilung einer oder mehrerer Erzeugungsanlagen an einem Verknüpfungspunkt ist im Hinblick auf betriebsbedingt flickerwirksame Spannungsschwankungen folgende Langzeitflickerstärke am Verknüpfungspunkt einzuhalten:

$$P_{lt} \leq 0,46 \quad (2.4.2-1)$$

Die Langzeitflickerstärke P_{lt} einer Erzeugungseinheit kann mittels ihres Flickerkoeffizienten c abgeschätzt werden zu:

$$P_{lt} = c \cdot \frac{S_{rE}}{S_{kV}} \quad (2.4.2-2)$$

mit S_{rE} = Bemessungsscheinleistung der Erzeugungseinheit und c = Flickerkoeffizient

Anmerkung: Der Flickerkoeffizient c ist derzeit nur bei Windenergieanlagen bekannt und kann dem Prüfbericht der „Technischen Richtlinie für Windenergieanlagen“⁴ entnommen werden. Er hängt ab vom Netzimpedanzwinkel ψ_k und der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit v_a .

Bei einer Erzeugungsanlage mit mehreren Erzeugungseinheiten ist P_{lti} für jede Erzeugungseinheit getrennt zu berechnen und daraus ein resultierender Wert für den Flickerstörfaktor am Verknüpfungspunkt nach folgender Formel zu bestimmen:

⁴ Anhang A, „Technische Richtlinie für Windenergieanlagen“ Teil 3: Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften – Netzverträglichkeit (EMV) -

$$P_{\text{ltres}} = \sqrt{\sum_i P_{\text{lt}i}^2} \quad (2.4.2-3)$$

Bei einer Erzeugungsanlage, die aus n gleichen Erzeugungseinheiten besteht, ist der resultierende Wert für den Flickerstörfaktor:

$$P_{\text{ltres}} = \sqrt{n} \cdot P_{\text{lt}E} = \sqrt{n} \cdot c \cdot \frac{S_{\text{rE}}}{S_{\text{kV}}} \quad (2.4.2-4)$$

2.4.3 Oberschwingungen und Zwischenharmonische

Die von Erzeugungseinheiten und Erzeugungsanlagen erzeugten Ströme der Oberschwingungen und Zwischenharmonischen sind den in Kapitel 6 aufgeführten Zertifikaten beizufügen.

Bei nur einem Verknüpfungspunkt im Mittelspannungsnetz ergeben sich die insgesamt an diesem Verknüpfungspunkt zulässigen Oberschwingungsströme aus den bezogenen Oberschwingungsströmen i_{vzul} der Tabelle 2.4.3-1 multipliziert mit der Kurzschlussleistung am Verknüpfungspunkt:

$$I_{\text{vzul}} = i_{\text{vzul}} \cdot S_{\text{kV}} \quad (2.4.3-1)$$

Sind an diesem Verknüpfungspunkt mehrere Anlagen angeschlossen, so errechnet man daraus die für eine Erzeugungsanlage zulässigen Oberschwingungsströme durch Multiplikation mit dem Verhältnis der Anschlussscheinleistung S_A dieser Anlage zur insgesamt anschließbaren oder geplanten Einspeiseleistung S_{Gesamt} am betrachteten Verknüpfungspunkt:

$$I_{\text{vAzul}} = I_{\text{vzul}} \cdot \frac{S_A}{S_{\text{Gesamt}}} = i_{\text{vzul}} \cdot S_{\text{kV}} \cdot \frac{S_A}{S_{\text{Gesamt}}} \quad (2.4.3-2)$$

Bei Erzeugungsanlagen, die aus Erzeugungseinheiten gleichen Typs bestehen, kann $S_A = \sum S_{\text{rE}}$ gesetzt werden. Das gilt an dieser Stelle auch für Windenergieanlagen. Bei Erzeugungseinheiten ungleichen Typs stellt diese Aussage nur eine obere Abschätzung dar.

Für Oberschwingungen der ungeraden, durch drei teilbaren Ordnungszahlen können die in der Tabelle für die nächsthöhere ungeradzahlige Ordnungszahl angegebenen Werte zugrunde gelegt werden, solange ein Nullsystem des Stromes nicht in das Netz eingespeist wird (Bei den üblicherweise in den Netzen der Netzbetreiber eingesetzten MS/NS-Netztransformatoren wird ein Nullsystem nicht übertragen.).

Ordnungszahl v, μ	Zulässiger, bezogener Oberschwingungsstrom $i_{v, \mu \text{ zul}}$ in A/MVA		
	10-kV-Netz	20-kV-Netz	30-kV-Netz
5	0,058	0,029	0,019
7	0,082	0,041	0,027
11	0,052	0,026	0,017
13	0,038	0,019	0,013
17	0,022	0,011	0,07
19	0,018	0,009	0,006
23	0,012	0,006	0,004
25	0,010	0,005	0,003
$25 < v < 40$ ¹⁾	$0,01 \times 25/v$	$0,005 \times 25/v$	$0,003 \times 25/v$
geradzahlige	$0,06/v$	$0,03/v$	$0,02/v$
$\mu < 40$	$0,06/\mu$	$0,03/\mu$	$0,02/\mu$
$\mu, v > 40$ ²⁾	$0,18/\mu$	$0,09/\mu$	$0,06/\mu$

Tabelle 2.4.3-1 Auf die Netzkurzschlussleistung bezogene zulässige Oberschwingungsströme I_v und Zwischenharmonischenströme I_μ , die insgesamt in das Mittelspannungsnetz eingespeist werden dürfen.

- 1) ungeradzahlig
- 2) ganzzahlig und nicht ganzzahlig innerhalb einer Bandbreite von 200 Hz. Messung gemäß EN 61000-4-7, Anhang B

Bei mehreren Verknüpfungspunkten in einem Mittelspannungsnetz müssen bei der Beurteilung der Verhältnisse an einem Verknüpfungspunkt auch alle anderen Verknüpfungspunkte in die Betrachtung einbezogen werden. Danach sind die Verhältnisse in einem Mittelspannungsnetz als zulässig zu betrachten, wenn an jedem Verknüpfungspunkt der eingespeiste Oberschwingungsstrom folgenden Wert nicht überschreitet:

$$I_{v \text{ zul}} = i_{v \text{ zul}} \cdot S_{kV} \cdot \frac{S_{\text{Gesamt}}}{S_{\text{Netz}}} \tag{2.4.3-3}$$

Für Oberschwingungen oberhalb der 13. Ordnung sowie für Zwischenharmonische gilt:

$$I_{v, \mu \text{ zul}} = i_{v, \mu \text{ zul}} \cdot S_{kV} \cdot \sqrt{\frac{S_{\text{Gesamt}}}{S_{\text{Netz}}}} \tag{2.4.3-4}$$

wobei S_{Gesamt} die Summe der Einspeisescheinleistungen aller Erzeugungsanlagen an diesem Verknüpfungspunkt darstellt und S_{Netz} die Leistung des einspeisenden Netztransformators im Umspannwerk des Netzbetreibers. Für Umrichter mit Gleichspannungszwischenkreis und

Taktfrequenzen größer 1 kHz gilt Gleichung 2.4.3-4 für Oberschwingungen oberhalb der 2. Ordnung.

Ergibt die Rechnung eine Überschreitung der zulässigen Oberschwingungsströme, dann sind Abhilfemaßnahmen erforderlich, es sei denn, es kann durch genauere Rechnungen nach den „Technischen Regeln zur Beurteilung von Netzurückwirkungen“⁵ nachgewiesen werden, dass die zulässigen Oberschwingungsspannungen im Netz nicht überschritten werden. Besondere Situationen, wie z. B. die Berücksichtigung von Resonanzen, sollten einer speziellen Untersuchung zugeführt werden.

Für andere Netz-Nennspannungen als in der Tabelle angegeben lassen sich die bezogenen Oberschwingungsströme aus den Tabellenwerten durch Umrechnung (umgekehrt proportional zur Spannung) ermitteln.

Die Einhaltung der zulässigen Rückwirkungsströme gemäß den Gleichungen 2.4.3-1 und 2.4.3-2 kann durch Messung des Gesamtstromes am Verknüpfungspunkt oder durch Berechnung aus den Strömen der angeschlossenen Erzeugungseinheiten nachgewiesen werden. Bezüglich der Addition von Oberschwingungsströmen aus Erzeugungseinheiten gelten die Gleichungen in Anhang B.2.4.

Oberschwingungsströme sind gemäß 61000-4-7 zu messen.

Anmerkung: Von der in der Norm 61000-4-7 aufgeführten Verfahren sind anzuwenden:

- *bei Oberschwingungen: Effektivwerte von Oberschwingungs-Untergruppen*
- *bei Zwischenharmonischen: Effektivwerte von zentrierten zwischenharmonischen Untergruppen.*

Oberschwingungsströme, die aufgrund einer verzerrten Netzspannung in die Erzeugungsanlage fließen (z.B. in Filterkreise), werden nicht der Erzeugungsanlage zugerechnet. Gleiches gilt, wenn die Erzeugungsanlage als aktives Oberschwingungsfilter arbeitet und durch ihre Arbeitsweise eine kontinuierliche Reduzierung der in der Netzspannung vorhandenen Oberschwingungsspannungen bewirkt. Rundsteuersysteme dürfen dabei nicht unzulässig beeinflusst werden (siehe Kapitel 2.4.5).

2.4.4 Kommutierungseinbrüche

Die relative Tiefe von Kommutierungseinbrüchen d_{kom} durch netzgeführte Umrichter darf am Verknüpfungspunkt im ungünstigsten Betriebszustand den Wert von

⁵ „Technische Regeln zur Beurteilung von Netzurückwirkungen“, 2. Ausgabe 2007, herausgegeben vom VDN

$$d_{\text{kom}} = 2,5 \% \quad (2.4.4-1)$$

nicht überschreiten ($d_{\text{kom}} = \Delta U_{\text{kom}} / \hat{U}_c$ mit \hat{U}_c = Scheitelwert der vereinbarten Versorgungsspannung U_c).

2.4.5 Tonfrequenz-Rundsteuerung

Tonfrequenz-Rundsteueranlagen (TRA) werden üblicherweise mit Frequenzen zwischen ca. 100 und 1500 Hz betrieben. Die örtlich verwendete Rundsteuerfrequenz ist beim Netzbetreiber zu erfragen. Die Sendepiegel der Tonfrequenzimpulse liegen normalerweise bei etwa 1 % bis 4 % U_c .

Rundsteueranlagen werden für eine Belastung dimensioniert, die der 50-Hz-Bemessungsleistung des Versorgungsnetzes entspricht, in das die Einspeisung der Steuerungsspannung erfolgt. Grundsätzlich können Erzeugungsanlagen durch eine zusätzliche Belastung der Rundsteuersendeanlagen oder durch eine unzulässig starke Reduzierung des Steuerpegels im Netz des Netzbetreibers die Rundsteueranlagen unzulässig beeinflussen.

Grundsätzlich gilt, dass der Tonfrequenzpegel durch den Betrieb von Erzeugungsanlagen in keinem Punkt eines Mittelspannungsnetzes um mehr als 5 % gegenüber dem Betrieb ohne Erzeugungsanlagen abgesenkt werden darf, wobei Verbraucher- und Erzeugungsanlagen entsprechend ihrer Tonfrequenz-Impedanz zu berücksichtigen sind.

Bei dieser Pegelabsenkung durch Erzeugungsanlagen ist zu berücksichtigen, dass Erzeugungsanlagen, die ihre Leistung über statische Umrichter ohne Filterkreise in das Netz einspeisen, in der Regel keine merkliche Absenkung des Rundsteuerpegels verursachen. Bei vorhandenen Filterkreisen oder Kompensationskondensatoren ist die Serienresonanz mit der Kurzschlussreaktanz des Kundentransformators der Anlage zu überprüfen.

Neben der Begrenzung der Pegelabsenkung dürfen auch keine unzulässigen Störspannungen erzeugt werden. Im Einzelnen gilt:

- Die von einer Erzeugungsanlage verursachte Störspannung, deren Frequenz der örtlich verwendeten Rundsteuerfrequenz entspricht oder in deren unmittelbarer Nähe liegt, darf den Wert von 0,1 % U_c nicht übersteigen.
- Die von einer Erzeugungsanlage verursachte Störspannung, deren Frequenz auf den Nebenfrequenzen von +/- 100 Hz zur örtlich verwendeten Rundsteuerfrequenz oder dazu in unmittelbarer Nähe liegt, darf am Verknüpfungspunkt nicht mehr als 0,3 % U_c betragen.

Diese Grenzwerte sowie nähere Einzelheiten können der Richtlinie „Tonfrequenz-Rundsteuerung“⁶ entnommen werden.

Falls eine Erzeugungsanlage den Betrieb der Rundsteueranlagen unzulässig beeinträchtigt, sind vom Betreiber der Erzeugungsanlage Maßnahmen zur Beseitigung der Beeinträchtigung zu treffen, auch wenn die Beeinträchtigungen zu einem späteren Zeitpunkt festgestellt werden.

2.5 Verhalten der Erzeugungsanlage am Netz

2.5.1 Grundsätze für die Netzstützung

Erzeugungsanlagen müssen sich während der Netzeinspeisung an der Spannungshaltung beteiligen können. Dabei wird in statische Spannungshaltung und dynamische Netzstützung unterschieden.

2.5.1.1 Statische Spannungshaltung

Unter statischer Spannungshaltung ist die Spannungshaltung im Mittelspannungsnetz für den normalen Betriebsfall zu verstehen, bei der die langsamen Spannungsänderungen im Verteilungsnetz in verträglichen Grenzen gehalten werden.

Wenn netztechnische Belange dies erfordern und der Netzbetreiber diese Forderung erhebt, müssen sich die Erzeugungsanlagen an der statischen Spannungshaltung im Mittelspannungsnetz beteiligen.

⁶ „Tonfrequenz-Rundsteuerung, Empfehlung zur Vermeidung unzulässiger Rückwirkungen“, 3. Ausgabe 1997, herausgegeben vom VDEW

2.5.1.2 Dynamische Netzstützung

Unter dynamischer Netzstützung ist die Spannungshaltung bei Spannungseinbrüchen im Hoch- und Höchstspannungsnetz zu verstehen, um eine ungewollte Abschaltung großer Einspeiseleistungen und damit Netzzusammenbrüche zu verhindern.

Mit Blick auf die stark steigende Anzahl im Mittelspannungsnetz anzuschließender Erzeugungsanlagen wird die Einbeziehung dieser Anlagen zur dynamischen Netzstützung immer bedeutsamer. Insofern müssen sich generell auch diese Erzeugungsanlagen an der dynamischen Netzstützung beteiligen, auch wenn dies vom Netzbetreiber zum Zeitpunkt des Netzanschlusses nicht gefordert wird. Dies bedeutet, dass Erzeugungsanlagen technisch dazu in der Lage sein müssen:

- sich bei Fehlern im Netz nicht vom Netz zu trennen,
- während eines Netzfehlers die Netzspannung durch Einspeisung eines Blindstromes in das Netz zu stützen,
- nach Fehlerklärung dem Mittelspannungsnetz nicht mehr induktive Blindleistung zu entnehmen als vor dem Fehler.

Diese Anforderungen gelten für alle Arten von Kurzschlüssen (also für 1-, 2- und 3-polige Kurzschlüsse).

Wie im TransmissionCode 2007 wird hinsichtlich des Verhaltens der Erzeugungsanlagen bei Störungen im Netz auch in dieser Richtlinie nach Typ 1- und Typ 2-Anlagen differenziert. Eine Erzeugungseinheit des Typ 1 liegt vor, wenn ein Synchrongenerator direkt (nur über den Maschinentransformator) mit dem Netz gekoppelt ist. Eine Erzeugungseinheit des Typ 2 liegt bei allen anderen Anlagen vor.

Für Typ 1-Anlagen wird der TransmissionCode 2007 folgendermaßen präzisiert:

- Bei Spannungseinbrüchen auf Werte oberhalb der in Bild 2.5.1.2-1 rot dargestellten Grenzkurve dürfen sich Erzeugungsanlagen nicht vom Netz trennen.

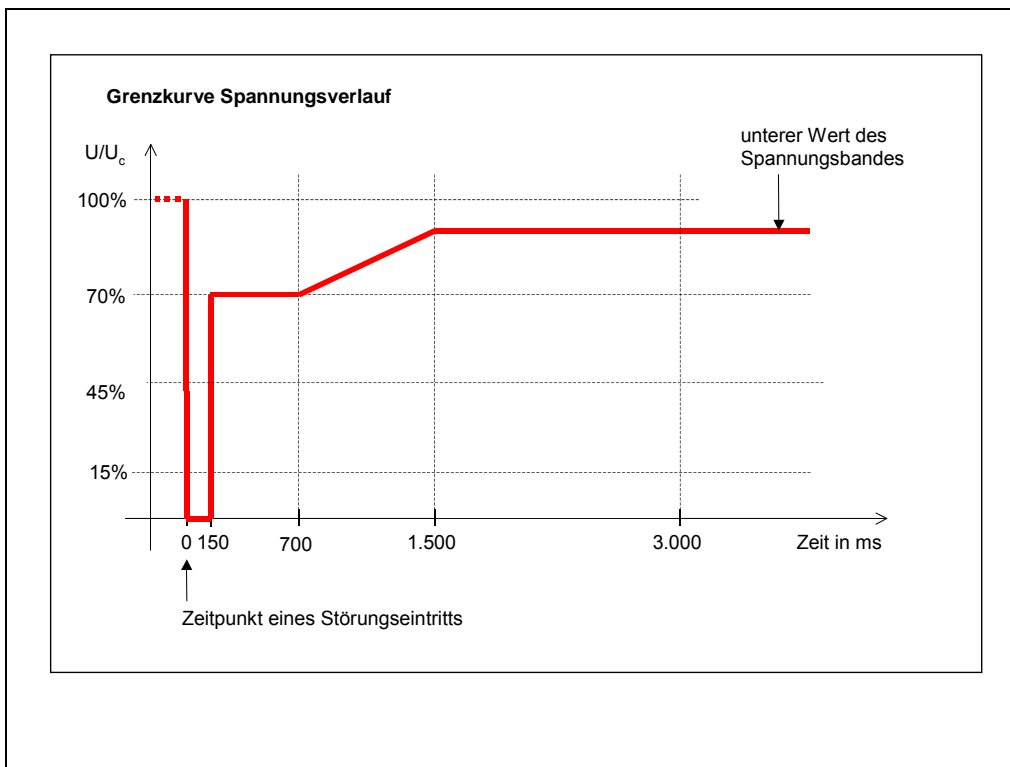


Bild 2.5.1.2-1: Grenzlinie für den Spannungsverlauf am Netzanschlusspunkt für eine Erzeugungsanlage vom Typ 1

Für alle Erzeugungsanlagen des Typ 2 gelten unter Berücksichtigung des TransmissionCode 2007, Kapitel 3.3.13.5, folgende Bedingungen:

- Erzeugungsanlagen dürfen sich bei Spannungseinbrüchen bis auf 0 % U_c mit einer Dauer von ≤ 150 ms nicht vom Netz trennen.
- Unterhalb der in Bild 2.5.1.2-2 dargestellten blauen Kennlinie bestehen keine Anforderungen hinsichtlich des Verbleibens am Netz.

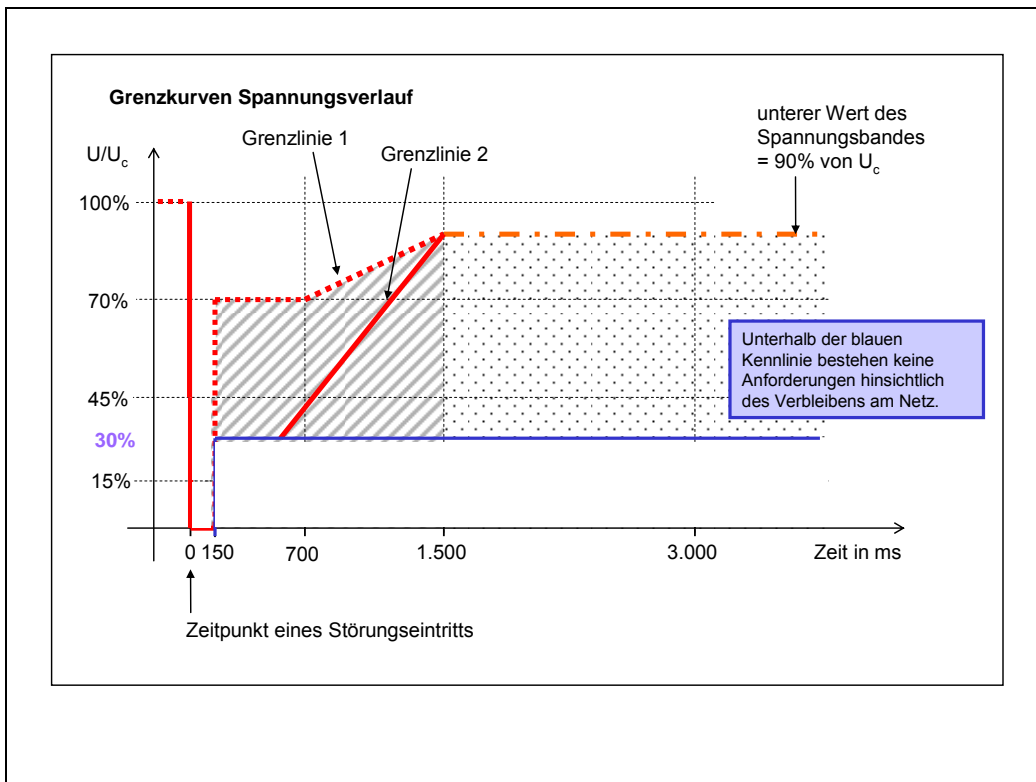


Bild 2.5.1.2-2 Grenzkurven für den Spannungsverlauf am Netzanschlusspunkt für eine Erzeugungsanlage vom Typ 2

Anmerkung: U bezeichnet den kleinsten Wert der drei verketteten Spannungen

Spannungseinbrüche mit Werten oberhalb Grenzlinie 1 dürfen nicht zur Instabilität oder zum Trennen der Erzeugungsanlage vom Netz führen (TC2007; 3.3.13.5 Abschnitt 13; ausgedehnt auf unsymmetrische Einbrüche).

Bei Spannungseinbrüchen mit Werten oberhalb der Grenzlinie 2 und unterhalb der Grenzlinie 1 sollen Erzeugungsanlagen den Fehler durchfahren, ohne sich vom Netz zu trennen; die Einspeisung eines Kurzschlussstromes während dieser Zeit ist mit dem Netzbetreiber abzustimmen. In Abstimmung mit dem Netzbetreiber ist eine Verschiebung der Grenzlinie 2 erlaubt, wenn dies das Netzanschlusskonzept der Erzeugungsanlage erfordert. Ebenfalls in Abstimmung mit dem Netzbetreiber ist eine kurzzeitige Trennung (KTE) vom Netz erlaubt, falls die Erzeugungsanlage spätestens 2 s nach Beginn der KTE resynchronisiert werden kann. Nach erfolgter Resynchronisation muss die Wirkleistung mit einem Gradienten von mindestens 10% der Nennleistung pro Sekunde gesteigert werden (TC2007; 3.3.13.5 Abschnitt 14).

Unterhalb der Grenzlinie 2 darf eine KTE in jedem Fall durchgeführt werden. Dabei sind in Abstimmung mit dem Netzbetreiber auch längere Resynchronisationszeiten und kleinere Gradienten der Wirkleistungssteigerung nach Resynchronisation als oberhalb der Grenzlinie 2 zulässig (TC2007, 3.3.13.5 Abschnitt 15).

Das Verhalten der Erzeugungsanlagen vom Typ 2 bei einer Automatischen Wiedereinschaltung wird in Anhang B.3 näher erläutert.

Abhängig von den konkreten netztechnischen Bedingungen kann die tatsächliche Dauer des Verbleibens der Erzeugungsanlage am Mittelspannungsnetz durch schutztechnische Vorgaben des Netzbetreibers verkürzt werden.

Für alle Erzeugungsanlagen gilt, dass während der Dauer des symmetrischen Fehlers ein Strom gemäß TransmissionCode 2007 in das Netz einzuspeisen ist. Für unsymmetrische Fehler gilt, dass während der Fehlerdauer keine Blindströme eingespeist werden dürfen, die am Netzanschlusspunkt in den nicht fehlerbehafteten Phasen Spannungen hervorrufen, die größer als $1,1 U_c$ sind.

Die Anforderungen hinsichtlich der dynamischen Netzstützung gelten grundsätzlich für alle Anlagen unabhängig vom Typ und auch unabhängig von der Anschlussvariante. Sie sind durch die Einstellung der Steuerung / Regelung der Erzeugungsanlagen bzw. -einheiten umzusetzen.

Der Netzbetreiber legt fest, in welchem Maße sich Erzeugungsanlagen an der dynamischen Netzstützung beteiligen müssen. Hierbei wird unterschieden in Anschlüsse

- direkt über ein gesondertes Leistungsschalterfeld an die Sammelschiene eines Umspannwerkes und
- im Mittelspannungsnetz des Netzbetreibers.

Als Grundanforderung gilt dabei aber generell, dass alle Erzeugungsanlagen bei Spannungseinbrüchen oberhalb der Grenzlinie in Bild 2.5.1.2-1 bzw. der Grenzlinie 1 in Bild 2.5.1.2-1 am Netz bleiben. Der Netzbetreiber legt insofern nur fest, ob bzw. mit welchem Maße ein Blindstrom bei Spannungseinbrüchen in das Netz durch die Erzeugungsanlage einzuspeisen ist.

Kundenanlagen mit Erzeugungsanlagen, die bei Störungen im vorgelagerten Netz zur Deckung des eigenen Energiebedarfes in den Inselbetrieb gehen, müssen sich bis zur Tren-

nung vom Mittelspannungsnetz des Netzbetreibers an der Netzstützung beteiligen. Ein vom Kunden vorgesehener Inselbetrieb ist vertraglich mit dem Netzbetreiber zu vereinbaren.

2.5.2 Maximal zulässiger Kurzschlussstrom

Durch den Betrieb einer Erzeugungsanlage wird der Kurzschlussstrom des Netzes, insbesondere in der Umgebung des Netzanschlusspunktes, um den Kurzschlussstrom der Erzeugungsanlage erhöht. Die Angabe der zu erwartenden Kurzschlussströme der Erzeugungsanlage am Netzanschlusspunkt hat daher mit dem Antrag zum Netzanschluss zu erfolgen.

Überschlägig können zur Ermittlung des Kurzschlussstrombeitrages einer Erzeugungsanlage folgende Werte angenommen werden:

- bei Synchrongeneratoren das 8-fache
- bei Asynchrongeneratoren und doppelt gespeisten Asynchrongeneratoren das 6-fache
- bei Generatoren mit Wechselrichtern das 1-fache

des Bemessungsstromes. Für eine genaue Berechnung müssen die Impedanzen zwischen Generator und Netzanschlusspunkt (Kudentransformator, Leitungen, etc.) berücksichtigt werden.

Wird durch die Erzeugungsanlage der Kurzschlussstrom im Mittelspannungsnetz über den Bemessungswert erhöht, so sind zwischen Netzbetreiber und Anschlussnehmer geeignete Maßnahmen, wie die Begrenzung des Kurzschlussstromes aus der Erzeugungsanlage (z.B. durch den Einsatz von I_s -Begrenzern), zu vereinbaren.

2.5.3 Wirkleistungsabgabe

Die Erzeugungsanlage muss mit reduzierter Leistungsabgabe betrieben werden können. In folgenden Fällen ist der Netzbetreiber berechtigt, eine vorübergehende Begrenzung der Einspeiseleistung zu verlangen oder eine Anlagenabschaltung vorzunehmen:

- potenzielle Gefahr für den sicheren Systembetrieb,
- Engpässe bzw. Gefahr von Überlastungen im Netz des Netzbetreibers,
- Gefahr einer Inselnetzbildung,
- Gefährdung der statischen oder der dynamischen Netzstabilität,
- systemgefährdender Frequenzanstieg,

- Instandsetzungen bzw. Durchführung von Baumaßnahmen,
- im Rahmen des Erzeugungsmanagements/ Einspeisemanagements/ Netzsicherheitsmanagements (siehe „Grundzüge zum Erzeugungsmanagement“⁷).

Die Erzeugungsanlagen müssen ihre Wirkleistung in Stufen von höchstens 10 % der vereinbarten Anschlusswirkleistung P_{AV} reduzieren können. Diese Leistungsreduzierung muss bei jedem Betriebszustand und aus jedem Betriebspunkt auf einen vom Netzbetreiber vorgegebenen Sollwert möglich sein. Dieser Sollwert wird in der Regel am Netzanschlusspunkt stufenlos oder in Stufen vorgegeben und entspricht einem Prozentwert bezogen auf die vereinbarte Anschlusswirkleistung P_{AV} . Bewährt haben sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt Sollwerte von 100 % / 60 % / 30 % / 0 %. Der Netzbetreiber greift nicht in die Steuerung der Erzeugungsanlagen ein. Er ist lediglich für die Signalgebung verantwortlich.

Die Reduzierung der Einspeiseleistung erfolgt in Eigenverantwortung des Anlagenbetreibers. Die Reduzierung der Leistungsabgabe auf den jeweiligen Sollwert muss unverzüglich, jedoch innerhalb von maximal einer Minute erfolgen. Dabei muss eine Reduzierung bis auf den Sollwert 10 % ohne automatische Trennung vom Netz technisch möglich sein; unterhalb von 10 % der vereinbarten Anschlusswirkleistung P_{AV} darf sich die Erzeugungsanlage vom Netz trennen.

Alle Erzeugungseinheiten müssen im Betrieb bei einer Frequenz von mehr als 50,2 Hz die momentane Wirkleistung (zum Zeitpunkt der Anforderung; Einfrieren des Wertes) mit einem Gradienten von 40 % der momentan verfügbaren Leistung des Generators je Hertz absenken (siehe Bild 2.5.3-1 „Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz“, übernommen aus dem TransmissionCode 2007, Kapitel 2.3.13.3, Bild 1 ebd.).

Die Wirkleistung darf erst bei Rückkehr der Frequenz auf einen Wert von $f \leq 50,05$ Hz wieder gesteigert werden, solange die aktuelle Frequenz 50,2 Hz nicht überschreitet. Der Unempfindlichkeitsbereich muss kleiner 10 mHz sein.

⁷ „Grundzüge zum Erzeugungsmanagement zur Umsetzung des §4 Abs. 3 EEG (Stand vom 27.02.2006)“, herausgegeben vom VDN

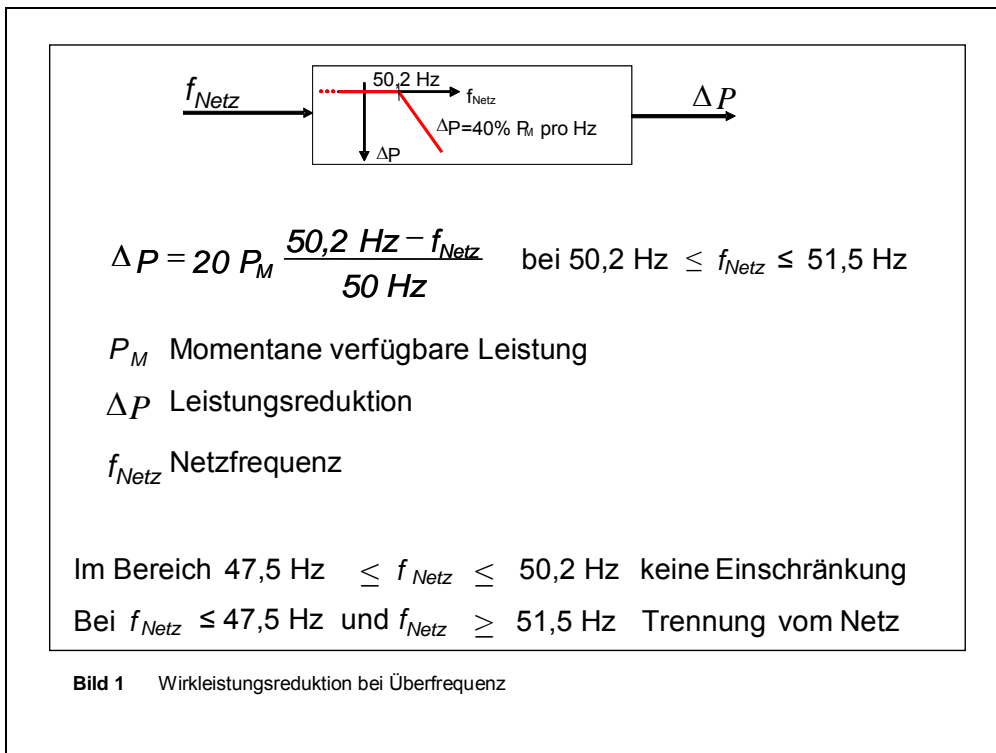


Bild 2.5.3-1: Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz (aus TransmissionCode 2007)

2.5.4 Blindleistung

Bei Wirkleistungsabgabe muss die Erzeugungsanlage in jedem Betriebspunkt mindestens mit einer Blindleistung betrieben werden können, die einem Verschiebungsfaktor am Netzanschlusspunkt von

$$\cos \varphi = 0,95_{\text{untererregt}} \text{ bis } 0,95_{\text{übererregt}}$$

entspricht. Davon abweichende Werte sind vertraglich zu vereinbaren. Das bedeutet im Verbraucherzählpfeilsystem (siehe Anhang B.4) den Betrieb im Quadranten II (untererregt) oder III (übererregt).

Bei Wirkleistungsabgabe wird vom Netzbetreiber für die Blindleistungs-Einstellung entweder ein fester Sollwert oder ein variabel per Fernwirkanlage (oder anderer Steuertechniken) einstellbarer Sollwert in der Übergabestation vorgegeben. Der Sollwert ist entweder

- ein festen Verschiebungsfaktor $\cos \varphi$ oder
- ein Verschiebungsfaktor $\cos \varphi (P)$ oder
- eine feste Blindleistung in MVar oder
- eine Blindleistungs-/Spannungskennlinie $Q(U)$.

Die Blindleistung der Erzeugungsanlage muss einstellbar sein. Der vereinbarte Blindleistungsbereich muss innerhalb weniger Minuten und beliebig oft durchfahren werden können. Wenn vom Netzbetreiber eine Kennlinie vorgegeben wird, muss sich jeder aus der Kennlinie ergebende Blindleistungswert automatisch einstellen, und zwar

- innerhalb von 10 Sekunden für die $\cos \varphi$ (P)-Kennlinie und
- einstellbar zwischen 10 Sekunden und 1 Minute für die Q(U)-Kennlinie (wird vom Netzbetreiber vorgegeben).

Ein Beispiel für eine $\cos \varphi$ (P)-Kennlinie ist in Bild 2.5.4-1 dargestellt.

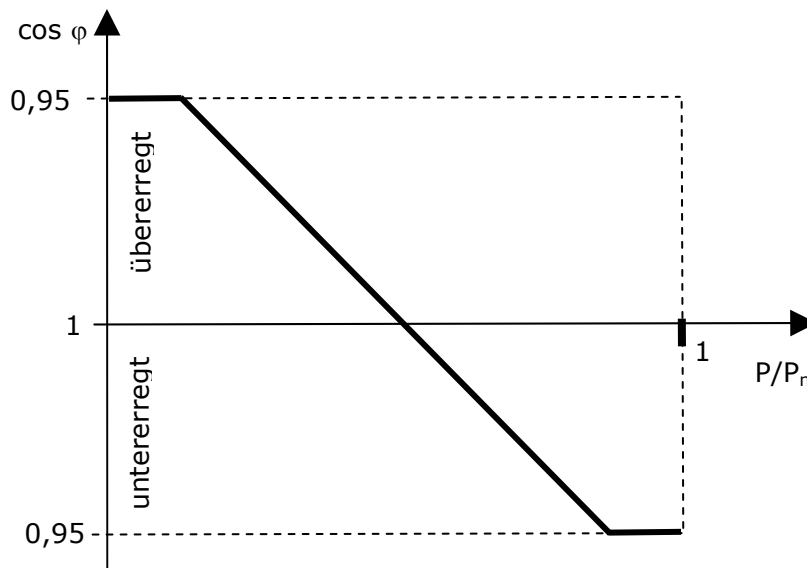


Bild 2.5.4-1: Beispiel für eine $\cos \varphi$ (P)-Kennlinie

Um bei schwankender Wirkleistungs-Einspeisung Spannungssprünge zu vermeiden, sollte eine Kennlinie mit kontinuierlichem Verlauf und begrenzter Steilheit gewählt werden.

Sowohl das gewählte Verfahren als auch die Sollwerte werden vom Netzbetreiber individuell für jede Erzeugungsanlage festgelegt. Die Vorgabe kann erfolgen durch:

- Vereinbarung eines Wertes oder ggf. eines Fahrplans
- Online-Sollwertvorgabe

Für den Fall der Online-Sollwertvorgabe sind die jeweils neuen Vorgaben für den Arbeitspunkt des Blindleistungsaustausches spätestens nach einer Minute am Netzanschlusspunkt zu realisieren.