1.0 Bezugsanlagen

1.1 Mittelspannungsnetz

1.1.1 Vorbemerkungen

Im Verteilnetz der Stadtwerke EVB Huntetal Netz GmbH (SWN) ist der Schutz für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb der Netze, der Kundenanlage und der Erzeugungseinheiten von erheblicher Bedeutung.

Um zu vermeiden, dass Fehler in der Kundenanlage zu Störungen im Netz der SWN führen, sind in der Übergabestation Schutzeinrichtungen vorzusehen, die das fehlerhafte Netz oder die gesamte Übergabestation automatisch abschalten.

Die Schutzeinrichtung muss so ausgewählt und eingestellt sein, dass sie selektiv zu den übrigen Abschalteinrichtungen im Netz der SWN wirkt.

Der Anlagenbetreiber ist für den zuverlässigen Schutz seiner Anlagen (Eigenschutz, z. B. Schutz bei Kurzschluss, Erdschluss, Überlast, Schutz gegen elektrischen Schlag usw.) selbst verantwortlich. Hierzu hat der Anlagenbetreiber Schutzeinrichtungen in angemessenem Umfang zu installieren.

Bei inselbetriebsfähigen Anlagen sind diese Schutzmaßnahmen auch für den Inselbetrieb sicherzustellen.

Schutzeinrichtungen müssen in der Lage sein, ihre Aufgabe auch bei ausgefallener Netzspannung zu erfüllen, beispielsweise durch eine netzspannungsunabhängige Hilfsenergie.

Die Verantwortung für die Konzeption und für die mit SWN abgestimmten Einstellwerte der Schutzeinrichtungen liegt bei demjenigen, für dessen Betriebsmittel die Schutzeinrichtungen den Hauptschutz darstellen.

Die Verantwortung für die Umsetzung der Einstellwerte und den ordnungsgemäßen Betrieb der Schutzeinrichtungen liegt beim jeweiligen Betreiber der Schutzeinrichtungen.

Konzepte und Schutzeinstellungen an den Schnittstellen zwischen der SWN und Anlagenbetreiber / Anschlussnehmer sind auf der Grundlage dieser VDE-Anwendungsregel so zu realisieren, dass eine Gefährdung der aneinandergrenzenden Netze und Anlagen ausgeschlossen werden kann.

Der Umfang der Schutzeinrichtungen ist wesentlich abhängig von der konkreten Netz- bzw. Anlagenkonfiguration.

1.1.2 Einstellwerte

Die Einstellwerte für die Schutzeinrichtungen (Kurzschluss- und Entkupplungsschutzeinrichtungen) werden, soweit sie Einfluss auf das Netz der SWN haben, von diesem vorgegeben.
Wesentliche Änderungen an den Schutzeinrichtungen. (Entkupplungsschutzeinrichtungen, Kurzschlussschutzeinrichtung am Übergabepunkt) bzw. deren Einstellung werden zwischen der SWN und dem Anlagenbetreiber rechtzeitig abgestimmt.
Wenn erforderlich, wird SWN nachträglich andere Einstellwerte für die Schutzeinrichtungen vorgeben.

Zu beachten ist, dass sich die Abschaltzeiten aus der Summe der Einstellzeiten und den Eigenzeiten von Schaltgerät und Schutz ergeben.

1.1.3 Erdschlussüberwachung in Kundenanlagen

Die Erdschlussrichtungserfassung nach dem Erdschlusswischerverfahren oder dem wattmetrischen Verfahren kann im UMZ-Schutz oder durch ein separates Gerät realisiert werden.
Ein separates Gerät kann über Wandlerstrom / -spannung oder über eine separate Gleichspannungsquelle versorgt werden.
Im Falle des wattmetrischen Verfahrens sind in dem betroffenen Feld Kabelumbauwandler zu installieren.

Folgende Anschlussbedingungen und Einstellungen müssen realisiert werden können:

Nennspannung	U_n = 100/110 V AC, 50 Hz
Nennstrom	I_n = 1 A
Einstellbereich	I_0> = 30 ... 300 mA
Verlagerungsspannungs-Ansprechwert	U_{NE}> = 20 ... 35 V
Verzögerungszeit	t_{UNE}> = 0,1 ... 2 s
Toleranzen	für alle Einstellwerte 10 %
kommandofähige Schaltkontakte für Auslösung Leistungsschalter	
Bedienelemente und ggf. die PC-Schnittstelle müssen frontseitig erreichbar sein.	

Die Meldung „Erdschluss-Kundennetz“ muss auch bei Ausfall der Netzspannung erhalten bleiben.
Es ist eine automatische Rückstellung mit einstellbarer Zeit (i.d.R. 4 Stunden) vorzusehen.

Gibt SWN für die Erdschlussrichtungserfassung die Funktion „Auslösung“ vor, so muss diese auf den zugeordneten Leistungsschalter bzw. Lasttrennschalter wirken.

2.0 Einspeiseanlagen

2.1 Vorbemerkungen

Maßgebend für den Netz- und Anlagenschutz im Verteilnetz der SWN sind im Wesentlichen die entsprechenden VDE-Anwendungsregeln sowie ggf. weitere gesetzliche Regelungen bzw. Verordnungen. Diese werden nachfolgend entsprechend aufgeführt.

2.1.1 VDE-AR-N 4105 (VDE-AR-N 4105)

(Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz)

2.1.2 VDE-AR-N 4110 (VDE-AR-N 4110)

(Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb - TAR Mittelspannung)

2.1.3 Energieanlagen-Anforderungen-Verordnung (EAAV)

(Verordnung über technische Anforderungen an Energieanlagen)

In § 3 EAAV werden technische Anforderungen an die Anlagen beschrieben.

Dabei gilt:

(1) Anlagen im Sinne des § 2 mit einer maximalen Einspeiseleistung von 270 Kilowatt, deren Verknüpfungspunkt mit dem Netz der allgemeinen Versorgung in der Mittelspannung oder in einer höheren Spannungsebene liegt, haben zum Zeitpunkt des Netzanschlusses und während der gesamten Betriebsdauer die technischen Regeln des in § 49 Absatz 2 Satz 1 Nummer 1 des Energiewirtschaftsgesetzes vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621) in der jeweils geltenden Fassung bezeichneten Verbandes für Erzeugungsanlagen mit Anschluss an ein Niederspannungsnetz einzuhalten sowie ergänzend die nachfolgenden Anforderungen zu erfüllen:

1. Einhaltung der Einstellwerte für Frequenzvermögen und Frequenzschutz nach den technischen Regeln für Erzeugungsanlagen mit Anschluss an ein Mittelspannungsnetz des in § 49 Absatz 2 Satz 1 Nummer 1 des Energiewirtschaftsgesetzes bezeichneten Verbandes und

2. Deaktivierung der Inselnetzerkennung.

(2) Für Anlagen nach Absatz 1, die hinter demselben Verknüpfungspunkt mit einem Netz der allgemeinen Versorgung eine kumulierte installierte Leistung von über 270 Kilowatt aufweisen, ist zusätzlich zu den in Absatz 1 genannten Anforderungen zum Zeitpunkt des Netzanschlusses und während der gesamten Betriebsdauer Folgendes anzuwenden:

1. Es sind übergeordnete Entkupplungsschutzeinrichtungen nach den technischen Regeln des in § 49 Absatz 2 Satz 1 Nummer 1 des Energiewirtschaftsgesetzes bezeichneten Verbandes für Erzeugungsanlagen mit Anschluss an die jeweilige Spannungsebene fachgerecht zu installieren und in Betrieb zu nehmen,

2. bei der Überwachung der mit dem Netzbetreiber vertraglich vereinbarten Anschlusswirkleistung für Einspeisung ist für die mit dem Netzbetreiber vereinbarte Anschlusswirkleistung ein Minimalwert von 54 Prozent der installierten Wirkleistung aller hinter demselben Verknüpfungspunkt mit dem Netz der allgemeinen Versorgung betriebenen Erzeugungsanlagen anzuwenden; ein Unterschreiten dieses Wertes ist erlaubt, soweit für die Überwachung der mit dem Netzbetreiber vertraglich vereinbarten Anschlusswirkleistung die technischen Regeln des in § 49 Absatz 2 Satz 1 Nummer 1 des Energiewirtschaftsgesetzes bezeichneten Verbandes für Erzeugungsanlagen mit Anschluss an ein Mittelspannungsnetz eingehalten werden.

Anstelle einer übergeordneten Entkupplungsschutzeinrichtung nach Satz 1 Nummer 1 kann auch eine alternative Einrichtung verwendet werden, die in den technischen Regeln für Erzeugungsanlagen des in § 49 Absatz 2 Satz 1 Nummer 1 des Energiewirtschaftsgesetzes bezeichneten Verbandes als der Entkupplungsschutzeinrichtung im Hinblick auf die Schutzfunktion gleichwertig anerkannt ist.

2.2 PAV, E-Überwachung (Einspeisebegrenzung)

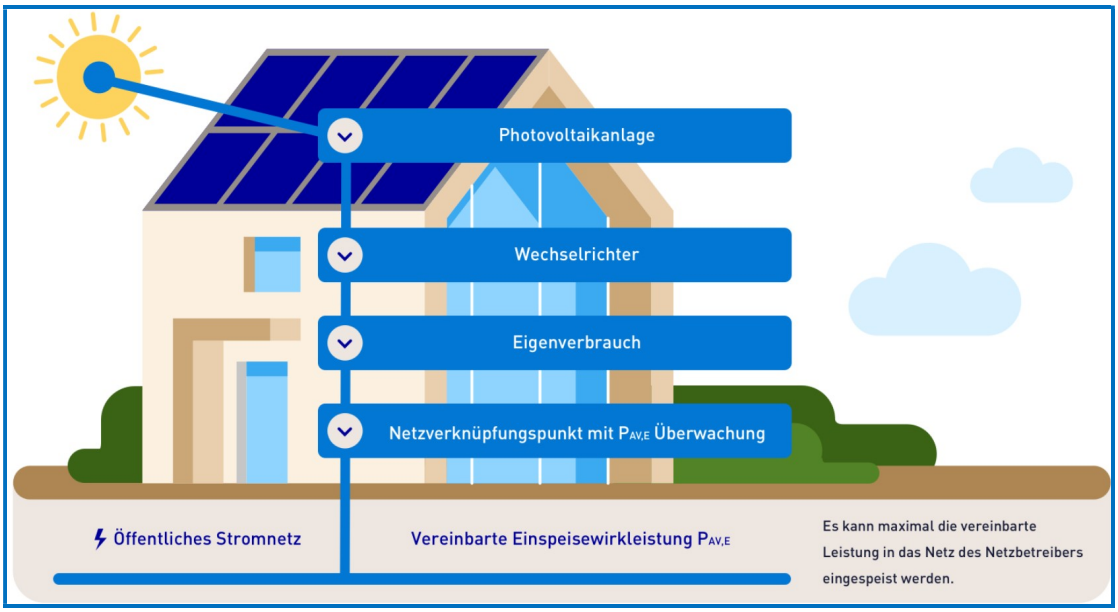
2.2.1 Erzeugungsanlagen gemäß VDE-AR-N 4105

Für Erzeugungsanlagen, die gemäß der VDE-Anwendungsregel VDE-AR-N 4105 (Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz) angeschlossen werden, besteht mit einer $P_{AV,E}$ - Überwachung die Möglichkeit, eine von der installierten Leistung P_{inst} der Erzeugungsanlage abweichende (niedrigere) Anschlussleistung $P_{AV,E}$ mit SWN zu vereinbaren und einzustellen.
Um unzulässige Netzrückwirkungen zu vermeiden, muss die mit SWN vereinbarte Anschlusswirkleistung $P_{AV,E}$ dabei aber **mindestens 60 %** der installierten Wirkleistung P_{inst} aller in der Kundenanlage betriebenen Erzeugungsanlagen und aller in das Netz der SWN zeitgleich einspeisenden Speicher betragen.

Es gilt dabei: $P_{AV,E} \geq 0{,}6 * P_{inst}$

Zur Überwachung und Reglung der Erzeugungsanlage und / oder der Verbraucher ist in der Kundenanlage eine PAV, E-Überwachung als eigenständiges Betriebsmittel am zentralen Zählerplatz, in einem dafür geeigneten Stromkreisverteiler oder als Bestandteil einer Erzeugungseinheit / Speichers / Ladeeinrichtung für Elektrofahrzeuge zu installieren.
Bezugspunkt für die Einhaltung der $P_{AV,E}$ ist der zentrale Zählerplatz.

Für die PAV, E-Überwachung ist der SWN ein Zertifikat, das die Einhaltung der Vorgaben gemäß VDE-AR-N 4105 bestätigt, vorzulegen.



Schema einer PAV, E-Einspeiseüberwachung

Beispiel:

Ist die vereinbarte Anschlussleistung ($P_{AV, E}$) am Netzanschlusspunkt kleiner ist als die Summe aller installierten Leistungen ($P_{inst.}$) beim Anschlussnehmer, greift nach Absprache mit SWN die PAV, E-Überwachung.

Dabei sichert der Netzbetreiber dem Anlagenbetreiber zu, dass er mit **mindestens 60%** seiner installierten Anlagenleistung einspeisen darf.

Am Beispiel mit einer möglichen Anschlussleistung von 130 kWp ergibt sich folgende Berechnung:

$$130\ kWp \geq 0{,}6 * P_{inst.}$$

$$\frac{130\ kWp}{0{,}6} \geq P_{inst.}$$

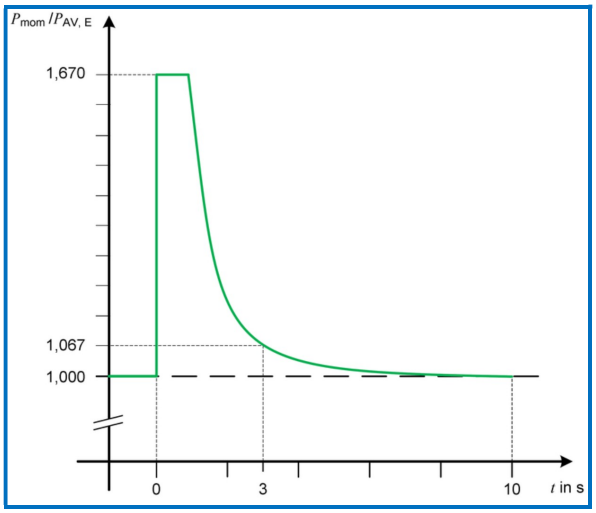
$$216{,}67\ kWp \geq P_{inst.}$$

Somit darf der Anschlussnehmer eine maximale Anlagenleistung von 216,67 kWp installieren und eine maximale Leistung von 130 kWp einspeisen.

2.2.2.1 Abregelung einer Erzeugungsanlage mit PAV, E-Überwachung

Bei Überschreitung der mit dem Netzbetreiber vereinbarten Einspeiseleistung ($P_{AV, E}$) muss die Anlage nach folgender Formel abgeregelt werden:

$$P_{AV, E}(t) = 0{,}67 \times e^{-1{,}05 \times (t - 0{,}8)} + 1$$



2.2.2 Erzeugungsanlagen gemäß VDE-AR-N 4110

Für Erzeugungsanlagen, die gemäß der VDE-Anwendungsregel VDE-AR-N 4110 (Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb - TAR Mittelspannung) angeschlossen werden, besteht mit einer PAV, E - Überwachung die Möglichkeit, eine von der installierten Leistung Pinst der Erzeugungsanlage abweichende (niedrigere) Anschlussleistung PAV, E mit SWN zu vereinbaren und einzustellen.

In der VDE-Anwendungsregel VDE-AR-N 4110 ist der Einsatz einer solchen technischen Umsetzung allerdings bisher nicht geregelt.

Geeignet ist hierfür ein Lösungsansatz mit PAV, E – Überwachung analog der VDE-Anwendungsregel VDE-AR-N 4105 (Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz).

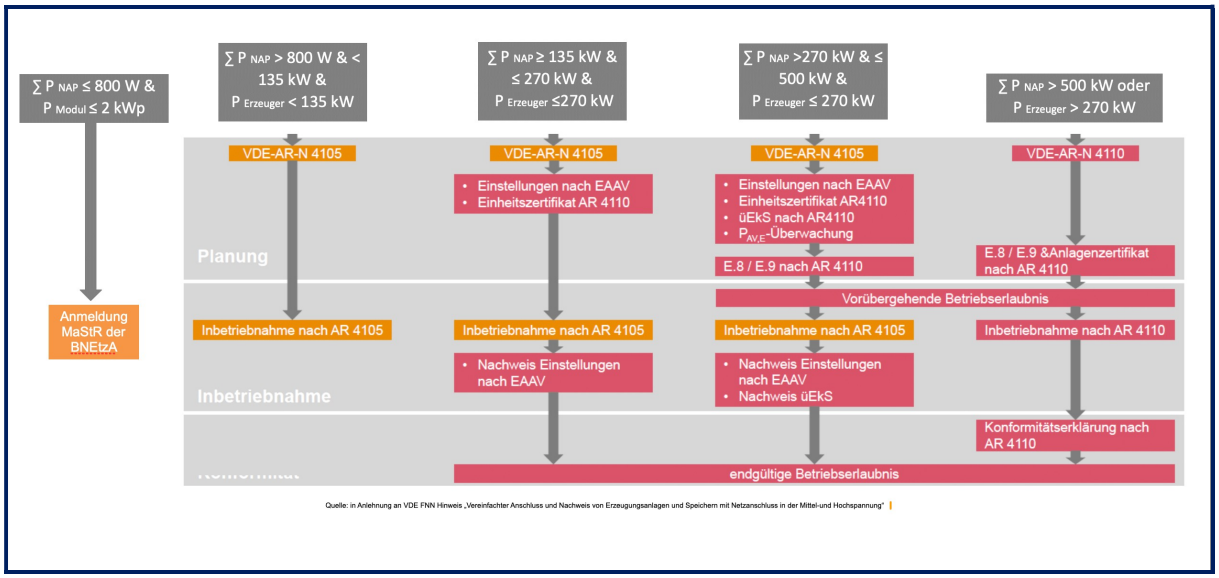
Die Grundlage für die Umsetzung ist der FNN-Hinweis PAV, E - Überwachung bei Anschlüssen am Mittel- und Hochspannungsnetz (Umsetzungsempfehlung zur Einspeiseüberwachung).

2.3 Elektrotechnische-Eigenschaften-Nachweis-Verordnung (NELEV)

Betreiber von Erzeugungsanlagen haben dem zuständigen nachzuweisen, dass die allgemeinen technischen Mindestanforderungen nach § 19 des Energiewirtschaftsgesetzes und die technischen Anforderungen nach § 3 der Energieanlagen-Anforderungen-Verordnung eingehalten werden.

Auf Anlagen zur Speicherung elektrischer Energie sind die Regelungen der NELEV entsprechend anzuwenden.

Die nachfolgende Übersicht zeigt die notwendigen Komponenten für den Netz- und Anlagenschutz sowie die erforderlichen Nachweise für den Anschluss / Betrieb der Erzeugungsanlage.



2.4 Ausführung / Einstellung des Netz- und Anlagenschutzes

2.4.1 Allgemeines

Der Netz- und Anlagenschutz ist, örtlich, wie nachfolgend beschrieben zu installieren:

PAV,E:	<= 30 kVA:	- NA-Schutz an der Erzeugungsanlage (integriert)
PAV,E:	270 kW* =< > 30 kVA:	- Zentraler NA-Schutz mit Wirkung auf einen zentralen Kuppelschalter oder auf einen integrierten Kuppelschalter an der Erzeugungsanlage
PAV,E:	> 270 kW*:	- Übergeordneter Entkupplungsschutz mit Wirkung auf einen Kuppelschalter am Netzanschlusspunkt. Die Messwerte für den Entkupplungsschutz sind auf der MS-Ebene zu erfassen. - Untergeordneter Entkupplungsschutz mit Wirkung auf den Kuppelschalter an der Erzeugungsanlage - NA-Schutz an der Erzeugungsanlage (integriert)

*Umrechnung von kVA nach kW mit einem cos-phi von 0,95

2.4.2 Einstellwerte

2.4.2.1 Niederspannungsnetz

Ausführung / Einstellung des Netz- und Anlagenschutzes (NA-Schutz)

Nachfolgend sind die möglichen Varianten von Einspeisung und Schutz für PV-Anlagen in Abhängigkeit der maximalen Scheinleistung der Erzeugungsanlage SAmax dargestellt.

	EZA ≤ 13,8 kVA	13,8 kVA ≤ EZA ≤ 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 … 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 … 1,15 U_n

In Abhängigkeit der Summe der maximalen Scheinleistungen aller Erzeugungsanlagen und Speicher an einem Netzanschlusspunkt ∑SAmax ergeben sich für den NA-Schutz folgende Bedingungen:

∑SAmax <= 30kVA:

- Zentraler NA-Schutz am zentralen Zählerplatz oder dezentral in einer Unterverteilung oder integrierter NA-Schutz.

∑SAmax > 30kVA:

- Zentraler NA-Schutz am zentralen Zählerplatz.

  Ausnahme 1:
  Bei Blockheizkraftwerken ist auch bei Erzeugungsanlagen > 30 kVA ein integrierter NA-Schutz zulässig, wenn am Netzanschlusspunkt eine für das Personal des Netzbetreibers jederzeit zugängliche Schaltstelle mit Trennfunktion vorhanden ist.

  Ausnahme 2:
  Bei Speichern, die nicht in das Niederspannungsnetz des Netzbetreibers einspeisen, ist auch > 30 kVA ein integrierter NA-Schutz zulässig.

In der folgenden Tabelle sind die Einstellwerte für den NA-Schutz aufgeführt.

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

[a] Die zeitliche Vorgabe „< 100 ms" für den Schutzrelais-Einstellwert geht von einer maximalen Eigenzeit für den NA-Schutz + Kuppelschalter von ebenfalls 100 ms aus. Damit ergeben sich die maximal 200 ms „Gesamtabschaltzeit". Ist die Eigenzeit der Komponenten < 100 ms (z. B. 50 ms), so kann entsprechend mehr Zeit für die Messung und die Auswertung der Schutzfunktion verwendet werden (z. B. dann bis zu 150 ms). Es würde sich dann also ein höherer Schutzrelais-Einstellwert als „< 100 ms" ergeben können, nämlich „< 150 ms". Als Einstellwert sind in diesem Fall jedoch auch nur die 100 ms am NA-Schutz zu visualisieren. Die Abschaltzeit von 200 ms darf aber in keinem Fall überschritten werden.

[b] Es muss sichergestellt sein, dass am Netzanschlusspunkt die Spannung 1,10 U_n nicht überschritten wird. Wird diese Anforderung durch einen zentralen NA-Schutz sichergestellt, ist es zulässig, den Spannungssteigerungsschutz an der dezentralen Erzeugungseinheit/-anlage auf bis zu 1,15 U_n einzustellen. Der Anlagenerrichter sollte in diesem Fall mögliche Auswirkungen auf die Kundeninstallation berücksichtigen. Die Kombination von zentralem NA-Schutz ($U>$: 1,1 U_n) und integriertem NA-Schutz ($U>$: 1,1 U_n bis 1,15 U_n) ist dann zu empfehlen, wenn der Spannungsfall in der Hausinstallation nicht zu vernachlässigen ist. Dies ist typischerweise bei längeren Anschlussleitungen der Fall.

[c] Zum Schutz der Erzeugungseinheit darf auch schon vor Erreichen des Einstellwertes von 0,8 U_n eine Abschaltung durch einen zusätzlichen Eigenschutz-Einstellwert (z. B. 0,83 U_n) realisiert werden.

[d] Wird das der Erzeugungsanlage vorgelagerte Mittelspannungsnetz des Netzbetreibers, mit einer Automatischen Wiedereinschaltung (AWE) betrieben, so werden folgende Schutzeinstellungen empfohlen: $U<<$-Relais: 0,45 U_{NS}, unverzögert (d. h. kleinstmöglicher Zeitverzögerung) und $U<$-Relais: 0,8 U_{NS}, 300 ms. Die Vorgabe trifft der Netzbetreiber.

Kommt bei Erzeugungsanlagen <=30 kVA ausschließlich ein integrierter NA-Schutz zum Einsatz, darf der Wert des Spannungssteigerungsschutzes U > von 1,1 Un nicht verändert werden.

Die zulässige Toleranz zwischen Einstellwert und Auslösewert beträgt für die Spannung maximal + - 1 % Un und für die Frequenz maximal + - 0,1 % fn.

2.4.2.2 Mittelspannungsnetz

2.4.2.2.1 Netzanschluss an der Sammelschiene eines UW

Am Netzanschlusspunkt sind Schutzfunktionen erforderlich, die die Erzeugungsanlage vom Netz trennt, wenn die Spannung die im Normalbetrieb zulässigen Bereiche unter- bzw. überschreitet.
Als Messort dienen die Wandler am Netzanschlusspunkt.
Folgende Schutzeinrichtungen sind erforderlich:

– Spannungssteigerungsschutz U >> und U >
– Spannungsrückgangsschutz U <
– Frequenzsteigerungsschutz f >
– Frequenzrückgangsschutz f <
– Q-U-Schutz Q -> & U <

Die Entkupplungsschutzeinrichtungen wirken auf den Leistungsschalter am Netzanschlusspunkt.

In der folgenden Tabelle sind die Einstellwerte für den Schutz einer Erzeugungsanlage am Netzanschlusspunkt bei Anschluss an die Sammelschiene eines UW aufgeführt.

Funktion	Einstellbereich des Schutzes	Empfohlene Schutz-Einstellwerte	
Spannungssteigerungsschutz U >>	1,00 – 1,30 u_n	1,20 U_c	300 ms
Spannungssteigerungsschutz U >	1,00 – 1,30 u_n	1,10 U_c [a]	180 s
Spannungsrückgangsschutz U <	0,10 – 1,00 u_n	0,80 U_c	2,7 s
Q-U-Schutz ($Q \rightarrow$ & U <)	0,70 – 1,00 u_n	0,85 U_c	500 ms
[a] Höhere Werte als 1,1 U_c sollten im Hinblick auf die Einhaltung der Spannungsqualität nicht eingestellt werden.			

ANMERKUNG 1:
Die Einstellwerte beziehen sich auf die vereinbarte Spannung Uc im Mittelspannungsnetz. Diese ist im Normalfall gleich der Nennspannung Un des Netzes. Uc ist entsprechend der Wandlerübersetzung auf die sekundäre Wandlernennspannung „un“ umzurechnen.
„un“ ist damit die Bezugsspannung der Schutzeinrichtung.

ANMERKUNG 2:
Zu beachten ist, dass sich die Abschaltzeiten aus der Summe der Einstellzeiten und der Eigenzeiten von Schaltgerät und Schutz ergeben.

An den Erzeugungseinheiten sind folgende Schutzeinrichtungen erforderlich:

– Spannungssteigerungsschutz U >>
– Spannungsrückgangsschutz U < und U <<
– Frequenzsteigerungsschutz f > und f >>
– Frequenzrückgangsschutz f <

In der folgenden Tabelle sind die Einstellwerte für den Schutz an der Erzeugungseinheit bei Anschluss der Erzeugungsanlage an die Sammelschiene eines UW aufgeführt

Funktion	Geforderter Einstellbereich des Schutzes	Empfohlene Schutz-Einstellwerte	
Spannungssteigerungsschutz $U>>$	1,00 – 1,30 U_{NS}	1,25 U_{NS}	100 ms
Spannungsrückgangsschutz $U<$	0,10 – 1,00 U_{NS}	0,80 U_{NS} [a]	1,5 – 2,4 s [b]
Spannungsrückgangsschutz $U<<$	0,10 – 1,00 U_{NS}	0,30 U_{NS} [a]	800 ms
Frequenzsteigerungsschutz $f>>$	50,0 – 55,0 Hz	52,5 Hz [c]	≤ 100 ms
Frequenzsteigerungsschutz $f>$	50,0 – 55,0 Hz	51,5 Hz [c]	≤ 5 s
Frequenzrückgangsschutz $f<$	45,0 – 50,0 Hz	47,5 Hz [d]	≤ 100 ms

[a] Bei Anschluss der Erzeugungseinheit direkt an das Mittelspannungsnetz (ohne Maschinentransformator) ist der Spannungsrückgangsschutz $U<<$ zwischen Netzbetreiber und Anlagenbetreiber abzustimmen.

[b] Die Einstellzeiten werden vom Netzbetreiber vorgegeben. Üblicherweise sollen je Mittelspannungsnetz ein Viertel der Erzeugungsanlagen nach 1,5 s und je ein weiteres Viertel nach 1,8 s, 2,1 s und nach 2,4 s vom Netz getrennt werden.

[c] Falls die Erzeugungseinheit nur bis zu der geforderten Netzfrequenz von 51,5 Hz betrieben werden kann, ist als Frequenzsteigerungsschutz eine Frequenzstufe mit 51,5 Hz/≤ 100 ms zu nutzen. Falls die Erzeugungseinheit nicht vollständig bis zu einer Netzfrequenz von 52,5 Hz betrieben werden kann, ist der Wert von 52,5 Hz auf den technisch maximal möglichen Wert zwischen 51,5 Hz und 52,5 Hz einzustellen.

[d] Der Netzbetreiber darf einen anderen unteren Wert vorgegeben, wenn die Erzeugungseinheit in einem Netzgebiet angeschlossen ist, welches zum automatischen Lastabwurf herangezogen wird.

Die Entkupplungsschutzeinrichtung wirkt auf den Kuppelschalter der Erzeugungseinheit.

ANMERKUNG 1:
UNS ist die Spannung auf der Niederspannungsseite des Maschinentransformators der Erzeugungseinheit (UNS = Uc / ü mit ü = Übersetzungsverhältnis des Maschinentransformators).

ANMERKUNG 2:
Zu beachten ist, dass sich die Abschaltzeiten aus der Summe der Einstellzeiten und der Eigenzeiten von Schaltgerät und Schutz ergeben.

2.4.2.2.2 Netzanschluss im Mittelspannungsnetz

Am Netzanschlusspunkt sind als übergeordneter Entkupplungsschutz folgende Einrichtungen erforderlich:

– Spannungssteigerungsschutz U >> und U >
– Spannungsrückgangsschutz U <
– Frequenzsteigerungsschutz f >
– Frequenzrückgangsschutz f <
– Q-U-Schutz Q -> & U <

Der Entkupplungsschutz wirkt bei Anschluss über einen Leistungsschalter auf diesen bzw. auf den Kuppelschalter der Erzeugungsanlage. Bei Anschluss über eine nur mechanisch steuerbare Lastschalter-Sicherungs-Kombination wirkt der Entkupplungsschutz auf den generatorseitigen Leistungsschalter bzw. auf den Kuppelschalter. In diesem Falle ist zu berücksichtigen, dass der übergeordnete Entkupplungsschutz und der Entkupplungsschutz an den Erzeugungseinheiten auf zwei separate Schaltgeräte wirken.

In der folgenden Tabelle sind die Einstellwerte für den Schutz einer Erzeugungsanlage am Netzanschlusspunkt bei Anschluss im Mittelspannungsnetz aufgeführt.

Funktion	Einstellbereich des Schutzes	Empfohlene Schutz-Einstellwerte	
Spannungssteigerungsschutz $U>>$	1,00 – 1,30 u_n	1,20 U_c	300 ms
Spannungssteigerungsschutz $U>$	1,00 – 1,30 u_n	1,10 U_c [a]	180 s
Spannungsrückgangsschutz $U<$	0,10 – 1,00 u_n	0,80 U_c	2,7 s
Q-U-Schutz ($Q \rightarrow$ & $U<$)	0,70 – 1,00 u_n	0,85 U_c	500 ms
[a] Höhere Werte als 1,1 U_c sollten im Hinblick auf die Einhaltung der Spannungsqualität nicht eingestellt werden.			

ANMERKUNG 1:
Die Einstellwerte beziehen sich auf die vereinbarte Spannung Uc im Mittelspannungsnetz. Diese ist im Normalfall gleich der Nennspannung Un des Netzes. Uc ist entsprechend der Wandlerübersetzung auf die sekundäre Wandlernennspannung „un“ umzurechnen.
„un“ ist damit die Bezugsspannung der Schutzeinrichtung.

ANMERKUNG 2:
Zu beachten ist, dass sich die Abschaltzeiten aus der Summe der Einstellzeiten und der Eigenzeiten von Schaltgerät und Schutz ergeben.

An den Erzeugungseinheiten sind folgende Schutzeinrichtungen erforderlich:

– Spannungssteigerungsschutz U >>
– Spannungsrückgangsschutz U < und U <<
– Frequenzsteigerungsschutz f > und f >>
– Frequenzrückgangsschutz f <

In der folgenden Tabelle sind die Einstellwerte für den Schutz an der Erzeugungseinheit bei Anschluss im Mittelspannungsnetz aufgeführt.

Funktion	Geforderter Einstell-bereich des Schutzes	Empfohlene Schutz-Einstellwerte	
Spannungssteigerungsschutz $U>>$	1,00 – 1,30 U_{NS}	1,25 U_{NS}	100 ms
Spannungsrückgangsschutz $U<$	0,10 – 1,00 U_{NS}	0,80 U_{NS} [a]	1,0 s [a]
Spannungsrückgangsschutz $U<<$	0,10 – 1,00 U_{NS}	0,45 U_{NS} [a]	300 ms [a]
Frequenzsteigerungsschutz $f>>$	50,0 – 55,0 Hz	52,5 Hz [c]	≤ 100 ms
Frequenzsteigerungsschutz $f>$	50,0 – 55,0 Hz	51,5 Hz [c]	≤ 5 s
Frequenzrückgangsschutz $f<$ [b]	45,0 – 50,0 Hz	47,5 Hz [d]	≤ 100 ms

[a] Wird auf der Leitung, an der die Erzeugungsanlage angeschlossen ist, eine AWE durchgeführt, werden folgende Schutzeinstellungen empfohlen: $U<<$-Relais: 0,45 U_{NS}, unverzögert und $U<$-Relais: 0,8 U_{NS}, 300 ms.

Um bei einem gelöscht betriebenen Netz die Wahrscheinlichkeit von Inselnetzbildungen bei Doppelerdschlüssen mit einem Fußpunkt auf der Leitung, an der die Erzeugungsanlage angeschlossen ist, zu reduzieren, sollte die eingestellte Verzögerungszeit des $U<<$-Schutzes kleiner bzw. gleich der am kleinsten eingestellten Ansprechverzögerung der Kurzschlussschutzeinrichtungen dieser Leitung sein. Dadurch wird erreicht, dass durch den Entkupplungsschutz der Erzeugungseinheit der Fehler annähernd zeitgleich mit den Netzschutzeinrichtungen abgeschaltet werden kann. Bei einer größer eingestellten Zeit des $U<<$-Relais würde das Kriterium „Unterspannung" nicht mehr funktionieren, da netzseitig der Fehler früher abgeschaltet wäre. Dadurch wird durch die Erzeugungsanlage ein isoliertes Netz mit einem Erdschluss betrieben. Die verketteten Spannungen bleiben hier gleich. Der Unterspannungsschutz „verliert" somit sein Anregekriterium. Gleiches gilt für einpolige Fehler im niederohmig geerdeten Netz.

[b] Bei der Vorgabe ist zu berücksichtigen, ob die Erzeugungsanlage in einem Gebiet mit automatischer Frequenzentlastung angeschlossen ist. Diesbezüglich wird die Einstellung durch den Netzbetreiber entsprechend angepasst.

[c] Falls die Erzeugungseinheit nur bis zu der geforderten Netzfrequenz von 51,5 Hz betrieben werden kann, ist als Frequenzsteigerungsschutz eine Frequenzstufe mit 51,5 Hz/≤ 100 ms zu nutzen. Falls die Erzeugungseinheit nicht vollständig bis zu einer Netzfrequenz von 52,5 Hz betrieben werden kann, ist der Wert von 52,5 Hz auf den technisch maximal möglichen Wert zwischen 51,5 Hz und 52,5 Hz einzustellen.

[d] Der Netzbetreiber darf einen anderen unteren Wert vorgegeben, wenn die Erzeugungseinheit in einem Netzgebiet angeschlossen ist, welches zum automatischen Lastabwurf herangezogen wird.

Die Entkupplungsschutzeinrichtungen wirken auf den Kuppelschalter der Erzeugungseinheit.

ANMERKUNG 1:
UNS ist die Spannung auf der Niederspannungsseite des Maschinentransformators der Erzeugungseinheit (UNS = Uc / ü mit ü = Übersetzungsverhältnis des Maschinentransformators).

ANMERKUNG 2:
Zu beachten ist, dass sich die Abschaltzeiten aus der Summe der Einstellzeiten und der Eigenzeiten von Schaltgerät und Schutz ergeben.

2.5 Dynamische Netzunterstützung

2.5.1 Vollständige dynamische Netzunterstützung

Dynamische Netzstützung beschreibt die Spannungshaltung bei Spannungseinbrüchen, um eine ungewollte Abschaltung großer Erzeugungsanlagen und damit verbundener Netzzusammenbrüche zu verhindern.
Erzeugungsanlagen im Modus „Energielieferung“ und Speicher in den Modi „Energiebezug“ und „Energielieferung“ müssen sich an der dynamischen Netzstützung beteiligen. Dies bedeutet, dass Erzeugungsanlagen in der Lage sein müssen, insbesondere die folgenden Anforderungen zu erfüllen.

- Bei Fehler nicht vom Netz trennen
- Bei Netzfehlern die Netzspannung durch Einspeisung eines Blindstromes zu stützen
- Nach Fehlerklärung dem Mittelspannungsnetz nicht mehr induktive Blindleistung zu entnehmen als vor dem Fehler

2.5.2 Eingeschränkte dynamische Netzunterstützung

Bei eingeschränkter dynamischer Netzstützung gelten bei Spannungen oberhalb von $0{,}7 * U_c$ die Anforderungen an die vollständige dynamische Netzstützung.

In Abstimmung mit dem Netzbetreiber darf bei Erzeugungsanlagen mit eingeschränkter dynamischer Netzstützung oder Erzeugungsanlagen < 1 MVA auf den *Q-U*-Schutz verzichtet werden.

2.6 Verfahren zur Blindleistungsbereitstellung

Übererregter Betrieb

Auswirkung:

- Der Generator speist induktive Blindleistung (Q > 0) ins Netz ein.
- Dies führt zu einer **Erhöhung der Netzspannung** an der Einspeisestelle.

Untererregter Betrieb

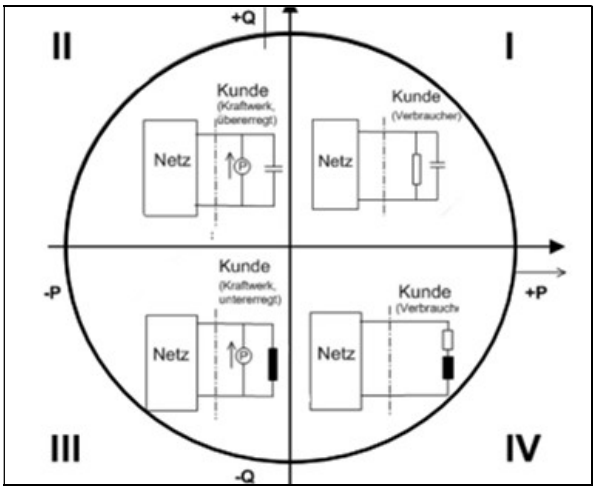
Auswirkung:

- Der Generator nimmt induktive Blindleistung (Q < 0) aus dem Netz auf.
- Dies führt zu einer **Reduzierung der Netzspannung** an der Einspeisestelle.

Zusammenfassung der Spannungsauswirkung

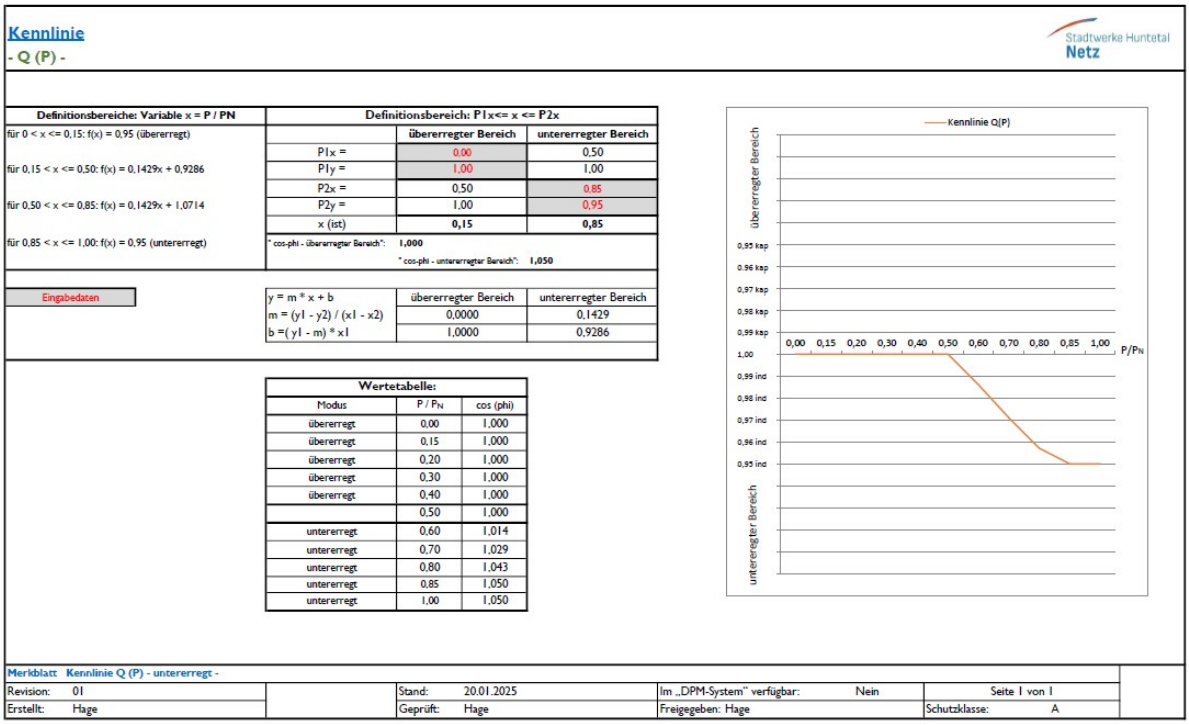
- **Übererregt**: Spannung wird angehoben (Blindleistung wird ins Netz eingespeist).
- **Untererregt**: Spannung wird abgesenkt (Blindleistung wird aus dem Netz aufgenommen).

Nachfolgend ist das „Erzeuger-Zähl-Pfeilsystem“ dargestellt, aus dem das das Verhalten der Anschlussnehmer in den jeweiligen Quadranten I – IV hervorgeht.



2.6.1 Kennlinie

SWN stellt für die Einstellung der Parameter zur Bereitstellung von Blindleistung eine entsprechende Kennlinie „Q(P)“ zur Verfügung.



Kennlinie
- Q (P) -

Stadtwerke Huntetal Netz

Definitionsbereiche: Variable x = P / PN
für 0 < x <= 0,15: f(x) = 0,95 (übererregt)
für 0,15 < x <= 0,50: f(x) = 0,1429x + 0,9286
für 0,50 < x <= 0,85: f(x) = 0,1429x + 1,0714
für 0,85 < x <= 1,00: f(x) = 0,95 (untererregt)

Definitionsbereich: P1x<= x <= P2x		
	übererregter Bereich	untererregter Bereich
P1x =	0,00	0,50
P1y =	1,00	1,00
P2x =	0,50	0,85
P2y =	1,00	0,95
x (ist)	**0,15**	**0,85**
" cos-phi - übererregter Bereich":	**1,000**	
" cos-phi - untererregter Bereich":		**1,050**

Eingabedaten

y = m * x + b	übererregter Bereich	untererregter Bereich
m = (y1 - y2) / (x1 - x2)	0,0000	0,1429
b = (y1 - m) * x1	1,0000	0,9286

Wertetabelle:		
Modus	P / PN	cos (phi)
übererregt	0,00	1,000
übererregt	0,15	1,000
übererregt	0,20	1,000
übererregt	0,30	1,000
übererregt	0,40	1,000
	0,50	1,000
untererregt	0,60	1,014
untererregt	0,70	1,029
untererregt	0,80	1,043
untererregt	0,85	1,050
untererregt	1,00	1,050

Merkblatt Kennlinie Q (P) - untererregt -							
Revision:	01		Stand:	20.01.2025	Im „DPM-System“ verfügbar:	Nein	Seite 1 von 1
Erstellt:	Hage		Geprüft:	Hage	Freigegeben: Hage		Schutzklasse: A