

# Die neue VDE-AR-N 4105

## Bessere Integration dezentraler Stromerzeugungsanlagen

Die vollständige Bezeichnung der in diesem Beitrag erläuterten VDE-Anwendungsregel lautet: **VDE-AR-N 4105 (AR-N-4105):2011-08, Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz – Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz.**

**D**iese VDE-Anwendungsregel ersetzt die 4. Ausgabe der VDEW-Richtlinie »Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz«. Insbesondere Änderungen an elektrischen Erzeugungsanlagen sind zu beachten, da diese wesentliche Auswirkungen auf das elektrische Verhalten am Netzanschluss haben. Anschlussveränderungen umfassen Umbau, Erweiterung, Rückbau oder die Demontage einer Kundenanlage sowie die Änderung der maximalen Scheinleistung einer Erzeugungsanlage oder des Netzanschlusskonzepts.

### Definition von Erzeugungsanlagen

Zur Planung eines Netzanschlusses sowie für den umgebauten, veränderten Teil einer Erzeugungsanlage gelten

die zum Zeitpunkt der Antragstellung gültigen technischen Anschlussbedingungen (TAB) der Netzbetreiber. Bei Erzeugungsanlagen, die zwar auf der Niederspannungsebene angeschlossen werden, aber über einen separaten Kundentransformator mit dem Mittelspannungsnetz des Netzbetreibers verbunden sind, liegt der Anschlusspunkt im Mittelspannungsnetz. Für die Anschlussbeurteilung in diesem Fall ist die Richtlinie »Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz« des BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.) zuständig. Als Erzeugungsanlagen gelten:

- Wasserkraft-, PV- und Brennstoffzellenanlagen sowie

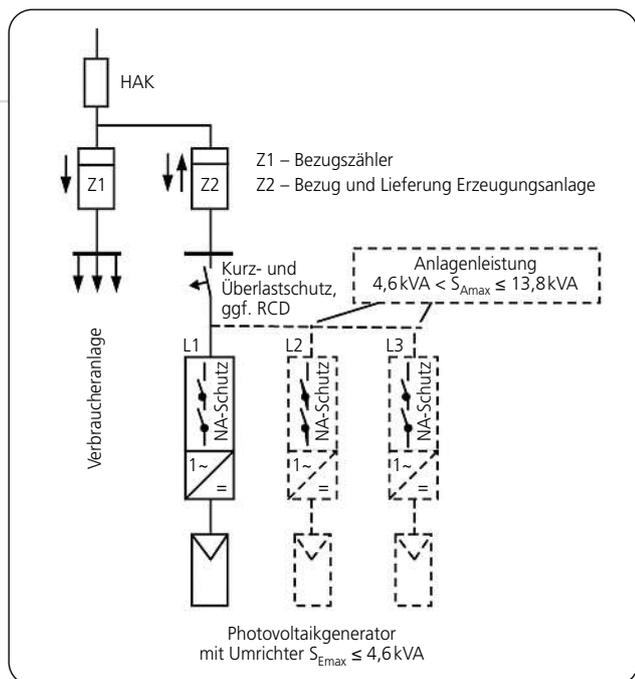
Diese neue Anwendungsregel gilt für die Planung, Errichtung, für den Betrieb und Veränderungen an Erzeugungsanlagen, die an das Niederspannungsnetz eines Netzbetreibers angeschlossen werden. Sie stellt eine markante Änderung im Vergleich zur früher gültigen VDEW-Richtlinie »Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz« dar und ist als Meilenstein auf dem Weg zur zunehmenden Ausrichtung auf Erneuerbare Energien in Deutschland zu sehen. Es geht vor allem darum, dezentrale Stromerzeugungsanlagen besser in das Stromnetz zu integrieren.

- Generatoren, die von Wärmekraftmaschinen angetrieben werden (Blockheizkraftwerke).

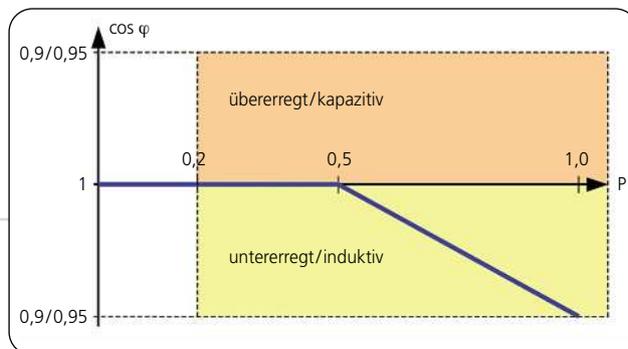
### Allgemeine Voraussetzungen

Erzeugungsanlagen sind unter Beachtung der gültigen Bestimmungen und Vorschriften so zu errichten und zu betreiben, dass diese für den Parallelbetrieb mit dem Niederspannungsnetz geeignet sind und unzulässige Rückwirkungen auf das Netz oder andere Kundenanlagen vermieden werden.

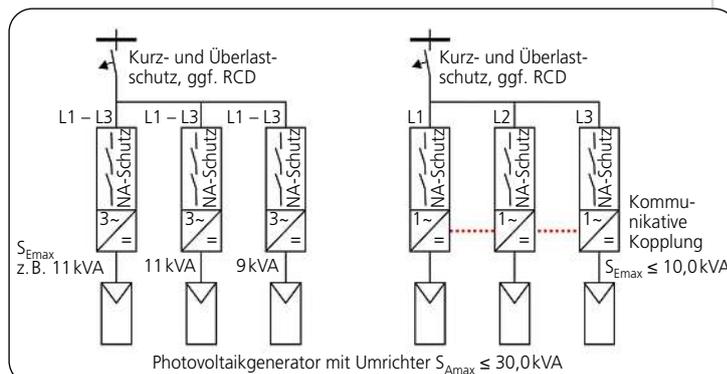
Wie in den höheren Spannungsebenen werden zukünftig auch die in



**Bild 1: Anschlussbeispiel für Volleinspeisung bis max. 13,8kVA**



**Bild 2: Standardkennlinie für blindleistungsfähige Wechselrichter**



**Bild 3: Anschlussbeispiele für Volleinspeisung bis max. 30,0kVA**

Niederspannungsnetze einspeisenden Erzeugungsanlagen an der statischen Spannungshaltung beteiligt. Sie haben daher während des normalen Netzbetriebs ihren Beitrag zur Spannungshaltung im Niederspannungsnetz zu leisten. Dies hat unmittelbare Auswirkungen auf die Ausführung der Anlagen, damit auch in Zukunft die Einhaltung der Spannungsqualität nach DIN EN 50160 gewährleistet bleibt.

Folgende Vorschriften sind für das Errichten und den Betrieb einzuhalten:

- die jeweils gültigen gesetzlichen und behördlichen Vorschriften;
- die gültigen DIN-Normen und DIN-VDE-Normen,
- die Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften der zuständigen Berufsgenossenschaften und
- die Bestimmungen und Richtlinien des Netzbetreibers, insbesondere die Technischen Anschlussbedingungen (TAB).

Alle Arbeiten an elektrischen Anlagen hinter der Hausanschlussicherung dürfen nur durch einen im Installateurver-

zeichnis des Netzbetreibers geführten Elektroinstallateur ausgeführt werden – ausgenommen: Instandhaltungsarbeiten hinter der Messeinrichtung.

### Bedeutung für PV-Anlagen

Die neue VDE-AR-N 4105 befindet sich zurzeit in der Einführung und wird eine Veränderung der Ausführung der Schutzmaßnahmen, Einstellungen an Schutz- und Überwachungseinrichtungen und den allgemeinen Anschlussbedingungen bewirken. Von diesen Änderungen sind insbesondere die Wechselrichterhersteller, Planer und Errichter von PV-Systemen und Elektroinstallateure betroffen.

Eine Änderung der Netzanschlussbedingungen wurde erforderlich, da seit Juli 2011 PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 18 GW größtenteils am Niederspannungsnetz betrieben werden. Damit hat die solare Stromerzeugung eine nicht unbeachtliche Rolle für die Stromversorgung übernommen. Aus diesem Grunde muss gewährleistet wer-

den, dass diese installierte Leistung das Verbundnetz bei Lastschwankungen und Kurzschlüssen mit aufrecht erhält.

Somit wird gefordert, dass solare Stromerzeuger in Zukunft Blindleistung im Verbundnetz zur Verfügung stellen, bei Frequenzabweichung nicht gleichzeitig abschalten, die Leistung steuerbar wird und eine schlagartige Wiedereinschaltung der Gesamtleistung verhindert wird.

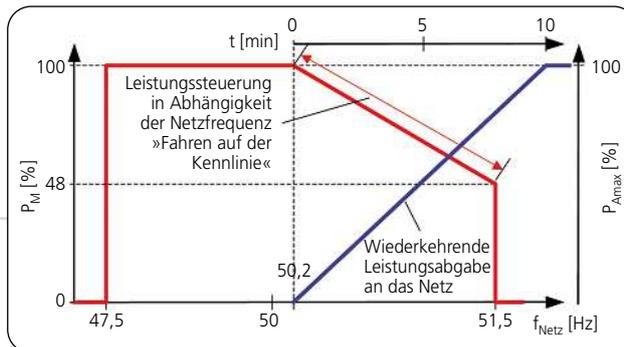
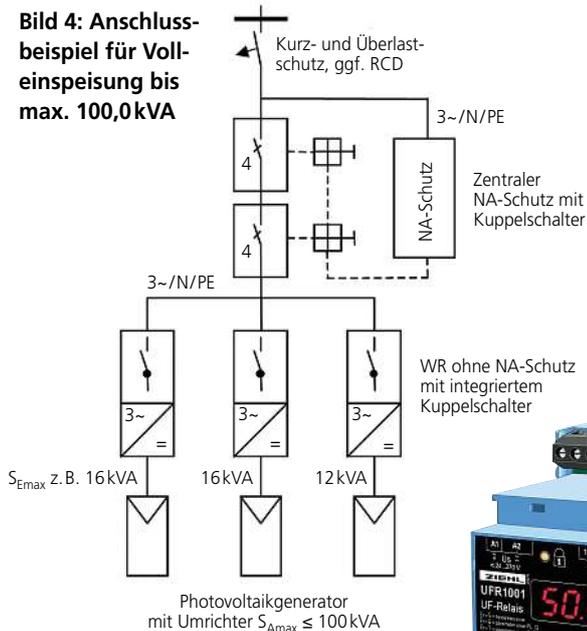
### Installierte Scheinleistung

Die Anforderungen hinsichtlich der Umsetzung der Schutzziele und Erreichung der statischen Spannungshaltung werden abhängig von der gesamt installierten Scheinleistung definiert.

Die maximale Scheinleistung einer Erzeugungsanlage ( $S_{Amax}$ ) ergibt sich aus der maximalen Wirkleistung und dem vom Netzbetreiber vorgegebenen Verschiebungsfaktor:

$$S_{Amax} = \frac{P_{Amax}}{\cos \varphi}$$

**Bild 4: Anschlussbeispiel für Voll-einspeisung bis max. 100,0kVA**



**Bild 5: Kennlinie zur Leistungsreduktion bei Frequenzanstieg**

**Bild 6: NA-Schutzrelais – der Netz- und Anlagenschutz wirkt auf einen Kuppelschalter**



Quelle: www.zieh.de

Diese maximale Scheinleistung bildet die Grundlage für die Netzanschlussprüfung seitens des Netzbetreibers.

**Anmelden und Inbetriebsetzen**

Das Anmeldeverfahren zum Anschluss an das Niederspannungsnetz wird durch den zuständigen Verteilnetzbetreiber (VNB) der Region in den technischen Anschlussbedingungen (TAB) geregelt. Zur Anmeldung sind dem VNB, die in der VDE-AR-N 4105 beschriebenen Unterlagen zu übergeben.

Eine alleinige Inbetriebsetzung durch den Errichter ist zur Gewährleistung der Sicherheit beim Netzbetrieb und der Spannungsqualität nicht zulässig. Der erstmalige Parallelbetrieb und die Inbetriebsetzung erfolgt nach gemeinsamer Terminabstimmung mit dem VNB durch den Errichter und wird bei Bedarf durch den Netzbetreiber begleitet. Es ist ein Inbetriebsetzungsprotokoll in zweifacher Ausfertigung anzufertigen, wobei ein Exemplar dem Anlagenbetreiber und das andere dem Netzbetreiber ausgehändigt wird. Das Inbetriebsetzungsprotokoll ist durch den Anlagenbetreiber und den Anlagenerrichter zu unterschreiben.

**Netzanschlusspunkt und Netzzrückwirkungen**

Der Netzbetreiber ermittelt auf Grundlage der eingereichten Unterlagen den geeigneten Netzanschlusspunkt, an dem die Erzeugungsanlage an das öffentliche

Stromversorgungsnetz angeschlossen wird. Dieser Netzübergabepunkt muss die beantragte Leistung in einer Art und Weise übertragen können, dass keine störenden Rückwirkungen durch die Eigenerzeugungsanlage bestehen und die Versorgung anderer Kunden beeinträchtigt wird.

Im Regelfall wird die bestehende Übergabestelle der Bezugsanlage hierfür genutzt. Wird eine separate Übergabestelle für die Erzeugungsanlage notwendig, so ist sicherzustellen, dass die Erzeugungs- und Verbraucheranlage voneinander elektrisch getrennt bleibt. Der neue Übergabepunkt ist mit der Aufschrift »Trennstelle Erzeugungsanlage – Versorgungsnetz« vom Eigentümer der Übergabestelle zu beschriften.

Die Erzeugungsanlage ist so zu planen, zu bauen und zu betreiben, dass Rückwirkungen auf das Netz des Netzbetreibers und die Anlagen anderer Kunden auf ein zulässiges Maß dauer-

haft begrenzt werden. Treten trotzdem störende Rückwirkungen auf, so hat der Kunde in seiner Anlage Maßnahmen zu treffen, die mit dem Netzbetreiber abzustimmen sind.

Schnelle Spannungsänderungen, Flicker, Oberschwingungen, Spannungsunsymmetrien und Kommutierungseinbrüche können unzulässige Störungen verursachen und sind aus diesem Grunde auf die in der AR-N-4105 angegebenen Werte begrenzt.

**Anschlusskriterien des Netzbetreibers**

Für die technische Ausführung der Kundenanlage mit einer Erzeugungsanlage sind die technischen Anschlussbedingungen (TAB) des Netzbetreibers zu beachten. Die Erzeugungsanlage ist im Falle einer Volleinspeisung in das Netz des Netzbetreibers fest an einem der gültigen TAB entsprechenden Zählerplatz anzuschließen. Dabei erfolgt die Einspeisung auf den Zählerplatz immer über den oberen Anschlussraum.

Ausnahme bilden hier die Erzeugungsanlagen, die mit Überschusseinspeisung betrieben werden. In diesem Fall können die Erzeugungsanlagen auch an Unterverteilungen angeschlossen werden. Erzeugungsanlagen sind grundsätzlich als symmetrische, dreiphasige Drehstromgeneratoren auszuliegen und an das Netz anzuschließen. Die Anlagenleistung der Erzeugungsanlage bestimmt die genaue Ausführung der Drehstromgeneratoren, die erforderlichen Schutzmaßnahmen, die Maßnahmen zur statischen Spannungshaltung und die Einstellwerte für den NA-Schutz.

**MEHR INFOS**

**Fachbeitrag zum Thema**  
 Krampitz, Iris: Wechselrichter in der Pflicht, »pv-praxis.de« 2/2011, S. 32 ff.

**Link zum Thema**  
[www.bfe.de](http://www.bfe.de)

### Anlagen bis 4,6kVA je Außenleiter

Zur Vermeidung von Spannungsunsymmetrien ist die einphasige Einspeisung nur bis zu einer maximalen Scheinleistung einer Erzeugungseinheit (Wechselrichter) von  $S_{E_{max}} \leq 4,6\text{kVA}$  für jeden Außenleiter zulässig. Somit ist es möglich, ohne weitere Maßnahmen bis zu drei einphasige Wechselrichter mit 4,6kVA (Summe 13,8kVA) an das Niederspannungsnetz anzuschließen (**Bild 1**).

PV-Anlagen müssen ab einer Leistung von 3,68kVA über eine Blindleistungssteuerung zur statischen Spannungshaltung im Niederspannungsnetz verfügen. Wechselrichter müssen hierzu kapazitive Blindleistung aus dem Netz aufnehmen können, wofür ein übererregter Verschiebungsfaktor ( $\cos \varphi$ ) notwendig ist. Zur Aufnahme induktiver Blindleistung ist ein untererregter Verschiebungsfaktor ( $\cos \varphi$ ) notwendig. PV-Anlagen bis zu einer Gesamtleistung von 13,8kVA müssen einen  $\cos \varphi$  übererregt/untererregt von 0,95 bereitstellen. Die Aufnahme der Blindlei-

stung erfolgt, je nach Netzbetreibervorgaben, in Abhängigkeit der abgegebenen Wirkleistung gemäß einer vorgegebenen Standardkennlinie (**Bild 2**) oder auf Grundlage eines fest eingestellten Verschiebungsfaktors. Der Verteilnetzbetreiber kann die Einstellung einer anderen Kennlinie in Abhängigkeit von der Netztopologie, Auslastung u. a. netztechnischen Erfordernissen bei Bedarf verlangen. Entsprechende Vorgaben erhält der Anlagenbetreiber vom Netzbetreiber mit der Anschlussgenehmigung.

### Anlagen 13,8kVA bis 30kVA

Bei einer Anlagenleistung über 13,8kVA ist die einzusetzende Wechselrichtertechnik dreiphasig auszuführen. Dieses kann durch den Einsatz von dreiphasig einspeisenden Umrichtern erreicht werden oder durch die Möglichkeit, die Umrichter kommunikativ zu koppeln. Die kommunikative Koppelung muss so ausgeführt sein, dass die einphasigen Erzeugungseinheiten jederzeit auch bei Ausfall einzelner Bau-

gruppen wie ein symmetrischer Drehstromumrichter einspeisen (**Bild 3**). PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 13,8kVA bis 30kVA müssen einen  $\cos \varphi$  übererregt/untererregt von 0,90 gewährleisten.

### Anlagen 30kVA bis 100kVA

Für Anlagen > 30kVA gelten die gleichen grundlegenden Anforderungen, wie für Anlagen von 13,8kVA bis 30kVA. Hier wird ein zentraler NAschutz in einfehlersicherer Ausführung gefordert. Dieser NAschutz wirkt auf einen oder mehrere Kuppelschalter. Somit kann die bisher geforderte jederzeit zugängliche Trennstelle entfallen (**Bild 4**).

### Anlagen größer 100kVA

Für Anlagen > 100kVA gelten die gleichen grundlegenden Anforderungen, wie für Anlagen von 30kVA bis 100kVA. Hinzu kommt hier ein Erzeugungsmanagement mit der Möglichkeit einer ferngesteuerten Leistungsbegrenzung durch den Netzbetreiber.

---

Durch den Netzbetreiber wird nur das benötigte Signal zur Anforderung der Leistungsreduktion auf einen bestimmten prozentualen Wert der Gesamtleistung übertragen. Bewährt haben sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt Sollwerte von 100 %, 60 %, 30 % und 0 %. Die Reduzierung der Einspeiseleistung liegt im Verantwortungsbereich des Anlagenbetreibers.

Eine entsprechende Steuerung der Wechselrichter ist durch den Anlagenbetreiber sicherzustellen. Die durch eine Abschaltung entstandenen Ertragsausfälle werden durch den Netzbetreiber ermittelt und dem Anlagenbetreiber erstattet.

### Netz- und Anlagenschutz bei Überfrequenz

Eine selbsttätige Schaltstelle zwischen einer netzparallelen Eigenerzeugungsanlage und dem öffentlichen Niederspannungsnetz nach DIN V VDE V 0126-1-1, wie sie bisher gefordert war, musste beim Übersteigen einer Frequenz von 50,2 Hz zur Abschaltung des Wechselrichters führen. Durch die sprunghafte Änderung der Erzeugungsleistung sind Netzausfälle zu erwarten. Für die Netzsicherheit werden daher mit der AR-N 4105 veränderte Parameter eingeführt, die in dem Entwurf DIN V VDE V 0126-1-1/A1:2011-06 eingearbeitet wurden.

Beim Überschreiten der Grenzfrequenz von 50,2 Hz wird eine stufenlose Leistungsreduzierung vorgenommen. Hierzu wird die zum Zeitpunkt der Überschreitung der 50,2 Hz momentan erzeugte Wirkleistung ( $P_M$ ) festgehalten und mit einem Gradienten von 40 % von  $P_M$  je Hertz abgesenkt (**Bild 5**). Beim Erreichen der Frequenz von 51,5 Hz muss sich die Anlage vom Netz trennen. Bei einem Wechselrichter mit integriertem **Netz- und Anlagenschutz (NA-Schutz)**, sind die Parameter gemäß Bild 5 für den Frequenzrückgangsschutz  $f < 47,5$  Hz und den Frequenzsteigerungsschutz  $f > 51,5$  Hz einzustellen.

Liegt der Wert für die Netzfrequenz wieder  $< 50,2$  Hz, darf die bereitstehende Erzeugungsleistung nicht sprunghaft wieder zugeschaltet werden. Die Leistungsabgabe der Wechselrichter wird mit einem Gradienten von 10 % der maximalen Wirkleistung ( $P_{Amax}$ ) in 1 min, wieder auf das verfügbare Maximum hochgefahren. Nicht regelbare Wechselrichter dürfen sich im Frequenzbereich zwischen 50,2 Hz und 51,5 Hz in 0,1-Hz-Schritten abschalten.

### Netz- und Anlagenschutz bei $> 30$ kVA

Der Netz- und Anlagenschutz (NA)-Schutz soll die Eigenerzeugungsanlage bei unzulässigen Spannungs- und Frequenzwerten vom Netz abschalten und somit verhindern, dass die Anlage im Inselbetrieb weiter das versorgende Netz speist. Bis auf den Spannungssteigerungsschutz U sind alle Schutzfunktionen unveränderbar im NA-Schutz einzustellen.

Bei einem NA-Schutz handelt es sich um eine typgeprüfte Schutzeinrichtung mit Konformitätsnachweis (**Bild 6**). Dieser NA-Schutz ist am zentralen Zählerplatz für Anlagen  $> 30$  kVA gefordert. Er ist in einem Verteilerfeld (nicht im oberen Anschlussraum)

unterzubringen und muss plombierbar oder passwortgeschützt sein.

Der NA-Schutz wirkt auf einen Kuppelschalter. Die Funktion des Kuppelschalters wird über eine am NA-Schutz befindliche Prüftaste erprobt. Die Abschaltung muss innerhalb von 200ms erfolgen. Der Kuppelschalter besteht aus zwei in Reihe geschalteten, elektrischen Schalteinrichtungen und ist somit redundant ausgeführt. Die allpoligen Schalteinrichtungen müssen u.a. über ein Lastschaltvermögen verfügen und sind für die jeweilige Bemessungsleistung und die auftretenden Kurzschlussströme auszulegen. Das allpolige Schalten aktiver Leiter schließt den Neutralleiter mit ein. Die Schalteinrichtungen müssen keine Trennfunktion nach DIN VDE 0100-460 (VDE 0100-460) aufweisen, so dass auch Schütze bei Anlagen bis 100kVA zum Einsatz kommen dürfen.

**Prinzip der Einfehlersicherheit**

Der zentrale NA-Schutz muss den Anforderungen der Einfehlersicherheit

ZENTRALER NA-SCHUTZ		
Schutzfunktion	Schutzrelais-Einstellwerte	
Spannungsrückgangsschutz U <	$0,8 \cdot U_n$	< 100ms
Spannungssteigerungsschutz U >	$1,1 \cdot U_n$	< 100ms
Spannungssteigerungsschutz U >>	$1,15 \cdot U_n$	< 100ms
Frequenzrückgangsschutz f <	47,5Hz	< 100ms
Frequenzsteigerungsschutz f >	51,5Hz	< 100ms

**Einstellwerte für den zentralen NA-Schutz**

genügen. Diese Betriebsmittel müssen unter Verwendung der grundlegenden Sicherheitsprinzipien ausgelegt sein, so dass sie den zu erwartenden Betriebsbeanspruchungen und äußeren Einflüssen standhalten können. Fehler einzelner Bauteile müssen durch andere Baugruppen erkannt werden und zur Abschaltung führen.

Die Einstellwerte der Schutzfunktionen und die letzten fünf datierten Fehlermeldungen müssen am NA-Schutz, in jedem Betriebszustand und ohne

weitere Hilfsmittel, ablesbar sein. Es sind die in der obigen **Tabelle** dargestellten Schutzfunktionen am zentralen NA-Schutz einzustellen. Die zeitliche Vorgabe von 100 ms für den Schutzrelais-Einstellwert geht von einer maximalen Eigenzeit für den NA-Schutz + Kuppelschalter von ebenfalls 100 ms aus. Damit ergibt sich eine Gesamtab-schaltzeit von maximal 200ms.

Sven Bonhagen,  
BFE Oldenburg