

9.18 Blitz- und Überspannungsschutz für PV-Anlagen und Solar-kraftwerke

9.18.1 Blitz- und Überspannungs-schutz für Photovoltaik (PV)-Anlagen

Aufgrund der garantierten Lebensdauer der PV-Generatoren von 20 Jahren, deren exponierten Aufstellorten sowie der sensitiven Elektronik des Wechselrichters, ist ein wirksamer Blitz- und Überspannungsschutz zwingend erforderlich. Nicht nur Hausbesitzer entscheiden sich für eine PV-Anlage auf ihrem Hausdach, sondern auch private Betreibergesellschaften investieren immer häufiger in Gemeinschaftsanlagen, die auf großflächigen Dächern von Verkehrsbauten oder nicht genutzten Freiflächen errichtet werden. Aufgrund des großen Flächenbedarfs des PV-Generators und der meist sehr exponierten Lage, sind PV-Anlagen bei Gewittern besonders stark durch die Auswirkung von Blitzentladungen gefährdet. Ursachen von Überspannungen in PV-Anlagen sind induktive oder kapazitive eingekoppelte Spannungen infolge von Blitzentladungen und Schalthandlungen auf dem vorgelagerten Wechselstromnetz. Blitzbedingte Überspannungen in der PV-Anlage können zu Schäden an PV-Modulen und Wechselrichtern führen. Dies kann schwerwiegende Folgen für den Betrieb der Anlage nach sich ziehen. Zum einen schlagen hohe Reparaturkosten, z. B. die des Wechselrichters zu Buche, zum anderen kann der Anlagenausfall zu erheblichen Ertragsminderungen und damit zu Gewinneinbußen für den Anlagenbetreiber führen.

Notwendigkeit des Blitzschutzes

Generell ist bei der Errichtung von PV-Anlagen zu unterscheiden, ob die Errichtung auf einem Gebäude mit oder ohne Blitzschutz erfolgt. Für öffentliche Gebäude, wie z. B. Versammlungsstätten, Schulen, Krankenhäuser, fordern die Bauordnungen der Länder aus Sicherheitsgründen Blitzschutzsysteme. Dabei wird in bauliche Anlagen unterschieden, bei denen nach ihrer Lage, Bauart oder Nutzung ein Blitzeinschlag leicht eintreten oder zu schweren Folgen führen kann. Solche schutzbedürftigen baulichen Anlagen sind mit dauerhaft wirksamen Blitzschutzsystemen zu versehen. Bei privaten, nicht öffentlich genutzten Gebäuden wird oftmals auf Blitzschutzmaßnahmen verzichtet. Dies geschieht teils aus Kostengründen aber auch aus nicht vorhandener Sensibilität gegenüber diesem Thema. Wurde als Stand-

ort für eine PV-Anlage ein Gebäude ohne Äußeren Blitzschutz ausgewählt, ergibt sich die Frage, ob nicht mit der nachträglichen Errichtung des Solar-generators auf dem Dach, Blitzschutzmaßnahmen für die gesamte bauliche Anlage zu treffen sind. Nach dem aktuellen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse erhöht die Installation von PV-Modulen auf Gebäuden nicht das Risiko eines Blitzeinschlags, so dass die Forderung nach Blitzschutzmaßnahmen nicht unmittelbar durch das Vorhandensein einer PV-Anlage abgeleitet werden kann. Jedoch kann es zu einer erhöhten Gefährdung der elektrischen Einrichtungen des Gebäudes bei einem Blitzeinschlag kommen. Dies ist darin begründet, dass durch die Führung der PV-Leitungen innerhalb des Gebäudes in vorhandenen Steigschächten und Kabeltrassen hohe feld- und leitungsgebundene Störungen durch Blitzströme entstehen. Deshalb ist es notwendig das Schadensrisiko durch Blitzeinschlag entsprechend DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) abzuschätzen und die daraus resultierenden Ergebnisse bei der Planung zu berücksichtigen. DEHN + SÖHNE dafür die Software "DEHNSupport" an. Die hier vorgegebene Risikoanalyse stellt sicher, dass ein für alle Beteiligten nachvollziehbares Blitzschutz-Konzept erstellt wird, das technisch und wirtschaftlich optimiert ist, das heißt bei möglichst geringem Aufwand den notwendigen Schutz bieten kann.

Der Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft hat in der VdS-Richtlinie 2010 „Risikoorientierter Blitz- und Überspannungsschutz für Objekte“ die Risikoabschätzung aus der DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) aufgegriffen und führt Blitzschutzmaßnahmen für bauliche Anlagen aus Sicht der Versicherungswirtschaft auf. In dieser Richtlinie werden in Tabelle 3 in vereinfachter Weise Schutzklassen und Überspannungs-Schutzmaßnahmen Objekten zugeordnet. So führt diese Richtlinie auch Gebäude mit alternativen Energieversorgungsanlagen, wie z. B. Gebäude mit einer PV-Anlage (> 10 kW) auf. Demnach ist für solche Objekte der Gefährdungspegel (LPL) III zu berücksichtigen. Daraus resultiert die Ausführung einer Blitzschutzanlage nach Schutzklasse III. Zusätzlich werden Überspannungs-Schutzmaßnahmen gefordert.

In DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) Beiblatt 2 wird beschrieben, dass ein Blitzschutzsystem, das für Schutzklasse III ausgelegt ist, den normalen Anforderungen für PV- und Solarthermischen Anlagen

entspricht: „Photovoltaische- und Solarthermische-Anlagen auf Gebäuden dürfen die vorhandenen Blitzschutzmaßnahmen nicht beeinträchtigen. Photovoltaische und solarthermische Anlagen werden durch getrennte Fangeinrichtungen nach 5.2 und 6.3 in DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) vor direkten Blitzeinschlägen geschützt. Ist ein direkter Anschluss nicht zu vermeiden, dann ist die Auswirkung des in das Innere der baulichen Anlage eingekoppelten Blitzteilströme zu beachten.“

Schutz von Photovoltaik-Wechselrichtern vor Überspannungen auch bei direkten Blitzeinschlägen

Bei der Errichtung einer PV-Anlage auf einem Gebäude mit Äußerem Blitzschutz soll grundsätzlich darauf geachtet werden, dass die PV-Module sich im Schutzbereich einer getrennten Fangeinrichtung befinden. Außerdem ist der Trennungsabstand zwischen dem PV-Traggestell und dem Äußeren Blitzschutz einzuhalten, um unkontrollierte Überschläge zu vermeiden. Andernfalls können erhebliche Blitzteilströme in das Innere der baulichen Anlage verschleppt werden.

Oftmals wird vom Betreiber gewünscht, dass das komplette Dach mit PV-Modulen belegt wird, um einen möglichst hohen Ertrag zu erwirtschaften. In diesen Fällen ist der Trennungsabstand oft nicht zu realisieren und das PV-Traggestell ist in den Äußeren Blitzschutz mit einzubinden. Nach DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) Beiblatt 2 sind in diesem Fall aber die Auswirkungen der in das Innere der baulichen Anlage eingekoppelten Ströme zu beachten und der Blitzschutz-Potentialausgleich sicher zu stellen. Dies bedeutet, dass nun auch für die DC-Leitungen, die blitzstrombehaftet sind, der Blitzschutz-Potentialausgleich ausgeführt werden muss. Entsprechend der DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) müssen die DC-Leitungen mit einem Überspannungsschutzgerät (SPD – engl. Surge protective device) Typ 1 beschaltet werden. Bisher gab es keine Überspannungsschutzgeräte Typ 1 auf Funkenstreckenba-

sis zum Einsatz auf der Gleichspannungsseite von PV-Anlagen. Das Problem bestand darin, dass beim Zünden der Funkenstrecke, diese durch den fließenden Gleichstrom nicht wieder gelöscht werden konnte und somit der Lichtbogen bestehen blieb.

Mit dem Kombi-Ableiter DEHNlimit PV 1000 (Bild 9.18.1.1) ist es DEHN + SÖHNE gelungen, einen Funkenstrecken-Ableiter zu entwickeln, der gleichstromlöschend ist. DEHNlimit PV 1000 ist somit der ideale Ableiter für den Einsatz in photovoltaischen Stromerzeugungsanlagen. Die gekapselte Gleitfunkenstrecken-Technologie ermöglicht einen sicheren Schutz des PV-Generators und des Wechselrichters, auch bei direkten Blitzströmen. Dieser Kombi-Ableiter ist einsetzbar für PV-Anlagen bis 1000 V $U_{OC,STC}$. DEHNlimit PV 1000 hat ein hohes Blitzstrom-Ableitvermögen von 50 kA 10/350 μ s.

Einpoliger Photovoltaik-Ableiter Typ 2 mit integrierter KurzschlieBvorrichtung

Der innere Aufbau der Überspannungs-Ableiter Typ 2, DEHNguard PV 500 SCP (Bild 9.18.1.2) setzt neue Maßstäbe in punkto Sicherheit. In diesem Ableiter wurde die bewährte zweifach wirksame Überwachungs- und Abtrennvorrichtung Thermodynamik-Control mit einer zusätzlichen KurzschlieBvorrichtung kombiniert. Diese völlig neue Art der Ableiterüberwachung bewirkt auch bei Überlastung der Geräte, z. B. durch einen Isolationsfehler im PV-Generatorkreis, einen sicheren Betriebszustand ohne dem Risiko einer Brandgefährdung.



Bild 9.18.1.1 Kombi-Ableiter Typ 1, DEHNlimit PV, zum Schutz von Photovoltaik-Wechselrichtern vor Überspannungen auch bei direkten Blitzeinschlägen



Bild 9.18.1.2 Einpoliger Photovoltaik-Ableiter Typ 2, DEHNguard PV 500 SCP, mit integrierter KurzschlieBvorrichtung

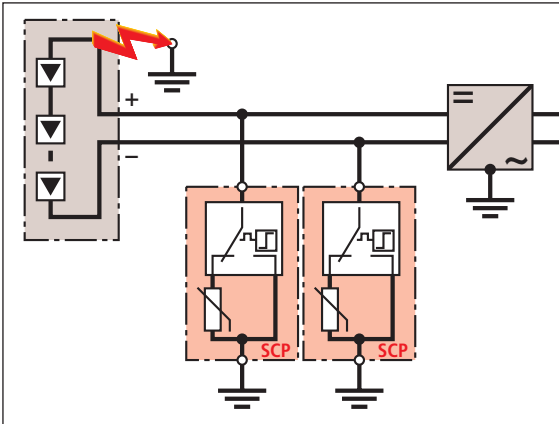


Bild 9.18.1.3 Isolationssfehler am PV-Generator

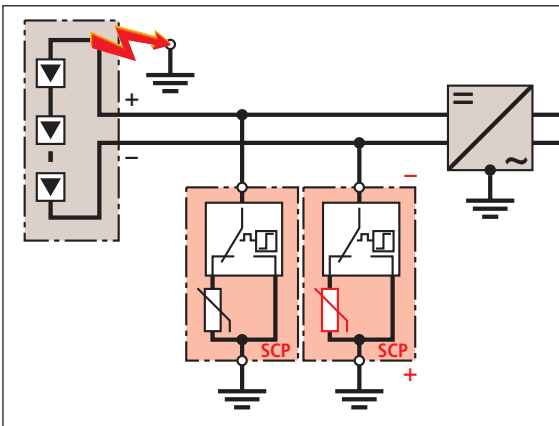


Bild 9.18.1.4 Überlastung des Überspannungs-Ableiters aufgrund eines Isolationssfehlers

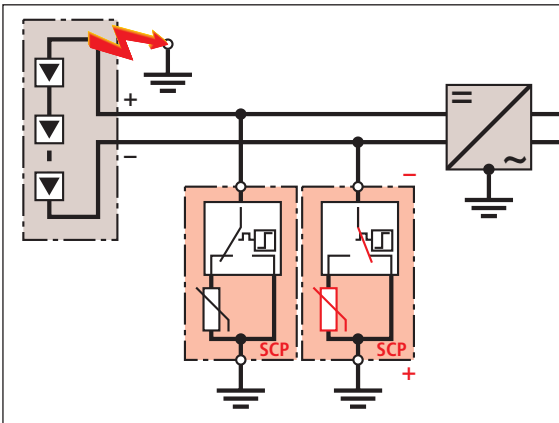


Bild 9.18.1.5 Aktivierung der Abtrenn- und Kurzschließvorrichtung des DEHNGuard PV 500 SCP; dadurch sicherer Betriebszustand trotz Isolationssfehler im PV-Generatorkreis

Im nachfolgenden Beispiel wird die Wirkungsweise der Kurzschließvorrichtung im DEHNGuard PV 500 SCP näher erläutert:

1. **Bild 9.18.1.3:** Während des Betriebs der PV-Anlage tritt ein Isolationssfehler am PV-Generator auf

2. **Bild 9.18.1.4:** Dies führt zur Überlastung des Überspannungs-Ableiters durch Überschreitung der maximal zulässigen Dauerspannung U_c .

3. **Bild 9.18.1.5:** Die kombinierte Abtrenn- und Kurzschließvorrichtung des DEHNGuard PV 500 SCP wird aktiviert. Diese ist in der Lage, einen Kurzschlussstrom bis zu 50 A bis zur Instandsetzung der PV-Anlage selbstständig zu führen. Damit ist selbst bei einem Isolationssfehler im PV-Generatorkreis ein sicherer Betriebszustand hergestellt ohne dass dabei eine Brandgefährdung für die Anlage entsteht.

Anwendungsbeispiele

Gebäude ohne Äußeren Blitzschutz

Im **Bild 9.18.1.6** ist das Überspannungsschutz-Konzept für eine PV-Anlage auf einem Gebäude ohne Äußeren Blitzschutz gezeigt. Mögliche Einsatzorte der Überspannungsschutzgeräte können hierbei sein:

- ⇒ DC-Eingang des Wechselrichters
- ⇒ AC-Ausgang des Wechselrichters
- ⇒ Niederspannungs (NS)-Einspeisung

In der NS-Einspeisung des Gebäudes kommt ein Überspannungsschutzgerät SPD vom Typ 2, DEHNGuard zum Einsatz. Dieser Überspannungs-Ableiter vom Typ DEHNGuard M ist als verdrahtungsfer-tige Komplett-einheit für jedes Niederspannungs-system (TN-C, TN-S, TT) lieferbar (**Tabelle 9.18.1.1**). Befindet sich der PV-Wechselrichter nicht weiter entfernt als 5 m vom Einsatzort dieses DEHNGuard (NS-Einspeisung), dann ist der AC-Ausgang des Wechselrichters ausreichend geschützt. Bei größeren Leitungslängen sind zusätzliche Überspannungsschutzgeräte SPD Typ 2 vor dem AC-Eingang des Wechselrichters notwendig (**Tabelle 9.18.1.1**).

Jede eingehende Stringleitung ist am DC-Eingang des Wechselrichters jeweils mit einem Überspannungsschutzgerät vom Typ DEHNGuard PV 500 SCP

zwischen Plus und Minus gegen Erde zu beschalten. Mit dieser Überspannungs-Schutzbeschaltung können PV-Anlagen mit einer Generatorspannungen bis 1000 V DC sicher geschützt werden.

Die Betriebsspannung der Überspannungsschutzgeräte ist so wählen, dass sie ca. 10 % höher liegt als die an einem kalten Wintertag bei maximaler Einstrahlung zu erwartende Leerlaufspannung des Solargenerators.

Gebäude mit Äußerem Blitzschutz und Einhaltung des Trennungsabstandes

Der ordnungsgemäße Zustand des Blitzschutzsystems ist durch vorhandene Prüfprotokolle oder durch Wiederholungsprüfung zu belegen. Werden bei der Prüfung des Blitzschutzsystems Mängel am Äußeren Blitzschutz festgestellt (z. B. starke Korrosion, lockere und lose Klemmverbindungen), so hat der Errichter der PV-Anlage die Pflicht den Gebäudeeigentümer auf diese Mängel schriftlich hinzuweisen.

Der Aufbau der PV-Anlage auf der Dachfläche hat unter der Berücksichtigung des bestehenden Äußeren Blitzschutzes zu erfolgen. Dabei ist die PV-Anlage zum Schutz vor einem direkten Blitzschlag so zu installieren, dass sich diese im Schutzbereich des Äußeren Blitzschutzes befindet. Durch geeignete Fangeinrichtungen, wie z. B. Fangstangen, können direkte Blitzeinschläge in die PV-Module verhindert werden. Die notwendigen, eventuell zusätzlich zu montierenden Fangstangen sind so anzuordnen, dass sie mit ihrem Schutzraum einen Direkteinschlag in das PV-Modul verhindern und andererseits dabei keinen Kernschatten auf die Module werfen. Zu beachten ist, dass zwischen den

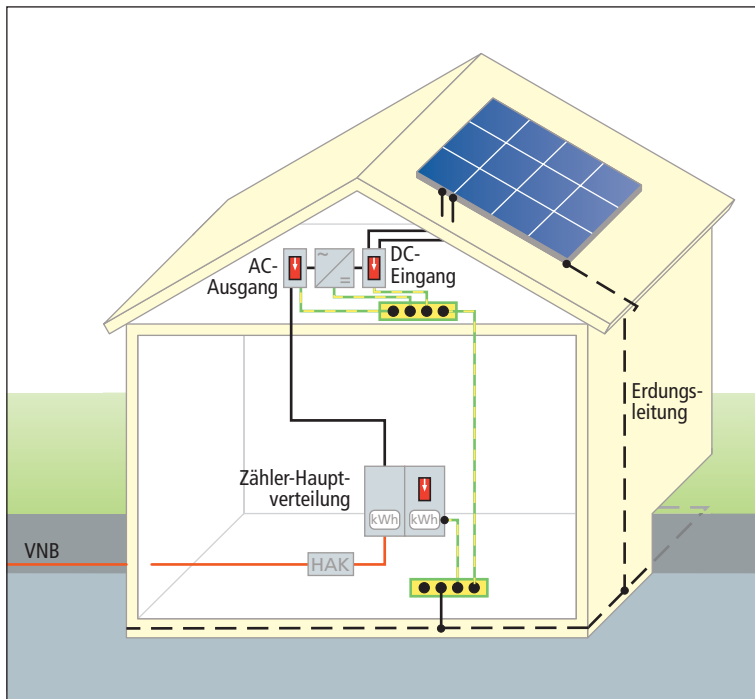


Bild 9.18.1.6 Überspannungsschutz-Konzept für eine PV-Anlage auf einem Gebäude ohne Äußeren Blitzschutz

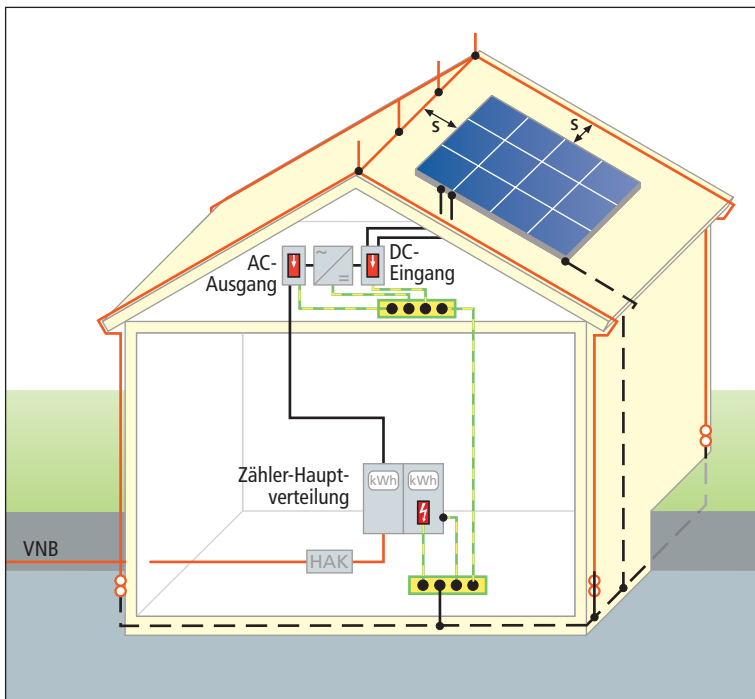


Bild 9.18.1.7 Überspannungsschutz-Konzept für eine PV-Anlage auf einem Gebäude mit Äußeren Blitzschutz und bei Einhaltung des Trennungsabstandes s

PV-Komponenten und Metallteilen wie Blitzschutzanlagen, Dachrinnen, Dachfenster, Solarkollektoren oder Antennenanlagen ein Trennungsabstand s nach DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) eingehalten werden muss. Der Trennungsabstand ist nach DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) zu berechnen. Die im **Bild 9.18.1.7** gezeigte PV-Anlage befindet sich im Schutzbereich des Äußeren Blitzschutzes.

Das Überspannungs-Schutzkonzept für eine PV-Anlage auf einem Gebäude mit Äußerem Blitzschutz und ausreichendem Trennungsabstand der PV-Module zum Äußerem Blitzschutz zeigt **Bild 9.18.1.7**.

Wesentlicher Bestandteil eines Blitzschutzsystems ist der Blitzschutz-Potentialausgleich für alle von außen ins Gebäude eingeführten leitfähigen Systeme. Die Forderungen des Blitzschutz-Potential-

Bild 9.18.1.6	Schutz für...	Schutzgeräte	Art.-Nr.
NS-Einspeisung			
	TN-C-System	DEHNguard M, DG M TNC 275 DEHNguard M, DG M TNC 275 FM	952 300 952 305
	TN-S-System	DEHNguard M, DG M TNS 275 DEHNguard M, DG M TNS 275 FM	952 400 952 405
	TT-System	DEHNguard M, DG M TT 275 DEHNguard M, DG M TT 275 FM	952 310 952 315
AC-Ausgang des Wechselrichters/Wechselstrom, Installationsort des Wechselrichters im Dachgeschoss			
	TN-System	DEHNguard M, DG M TN 275 DEHNguard M, DG M TN 275 FM	952 200 952 205
	TT-System	DEHNguard M, DG M TT 2P 275 DEHNguard M, DG M TT 2P 275 FM	952 110 952 115
DC-Eingang des Wechselrichters			
	2 x (jeweils zwischen Plus und Minus gegen Erde)	DEHNguard, DG PV 500 SCP DEHNguard, DG PV 500 SCP FM	950 500 950 505

Tabelle 9.18.1.1 Auswahl der Überspannungsschutzgeräte für PV-Anlagen auf Gebäuden ohne Äußeren Blitzschutz

Bild 9.18.1.7	Schutz für...	Schutzgeräte	Art.-Nr.
NS-Einspeisung			
	TN-C-System	DEHNventil ZP, DV ZP TNC 255	900 390
	TN-S-System und TT-System	DEHNventil ZP, DV ZP TT 255	900 391
AC-Ausgang des Wechselrichters/Wechselstrom, Installationsort des Wechselrichters im Dachgeschoss			
	TN-System	DEHNguard M, DG M TN 275 DEHNguard M, DG M TN 275 FM	952 200 952 205
	TT-System	DEHNguard M, DG M TT 2P 275 DEHNguard M, DG M TT 2P 275 FM	952 110 952 115
DC-Eingang des Wechselrichters			
	2 x (jeweils zwischen Plus und Minus gegen Erde)	DEHNguard, DG PV 500 SCP DEHNguard, DG PV 500 SCP FM	950 500 950 505

Tabelle 9.18.1.2 Auswahl der Überspannungsschutzgeräte für PV-Anlagen auf Gebäuden mit Äußerem Blitzschutz und bei Einhaltung des Trennungsabstandes s

ausgleichs wird erfüllt durch den direkten Anschluss aller metallenen Systeme und den indirekten Anschluss aller unter Betriebsspannung stehenden Systeme über Blitzstrom-Ableiter. Der Blitzschutz-Potentialausgleich soll möglichst nahe an der Eintrittsstelle der Systeme und Leitungen in die bauliche Anlage erfolgen, um ein Eindringen von Blitzteilströmen in das Gebäude zu verhindern. Die Niederspannungseinspeisung im Gebäude wird durch einen mehrpoligen Kombi-Ableiter DEHNventil ZP mit Funkenstreckentechnologie geschützt. Dieser ist für den Einsatz auf 40 mm-Sammelschienensystem im Zählerplatz ausgelegt. Die Auswahl des Schutzgerätes erfolgt entsprechend des vorhandenen Versorgungssystems (Tabelle 9.18.1.2).

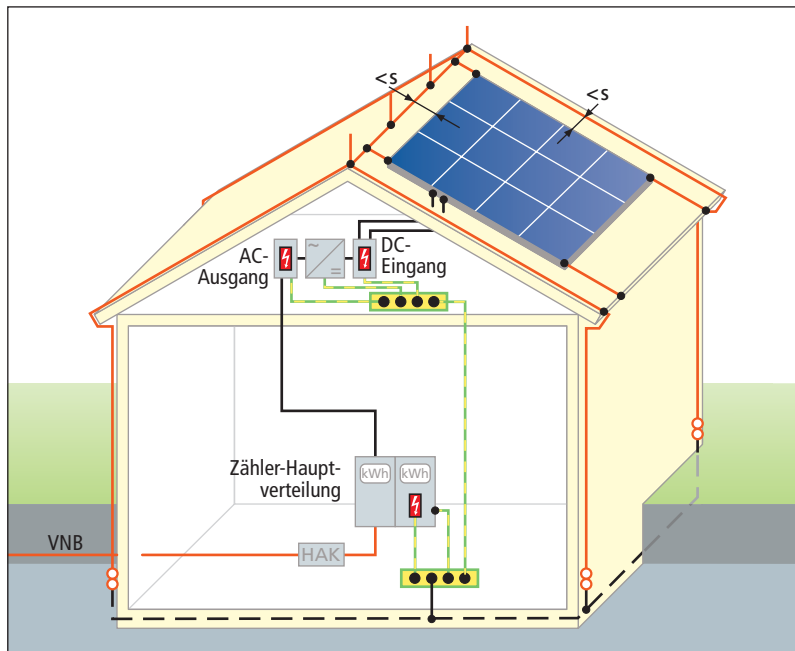


Bild 9.18.1.8 Überspannungsschutz-Konzept für eine PV-Anlage auf einem Gebäude mit Äußerem Blitzschutz ohne Einhaltung des Trennungsabstandes s

Dieser Kombi-Ableiter vereint Blitzstrom- und Überspannungs-Ableiter in einem Gerät, kommt ohne Entkopplungsdrössel aus und ist als verdrahtungsfertige Kompletteneinheit für jedes Niederspannungssystem (TN-C, TN-S, TT) lieferbar. Bis zu Leitungslängen von < 5 m zwischen DEHNventil und Endgerät besteht ausreichender Schutz ohne zusätzliche Schutzgeräte. Bei größeren Leitungslängen sind zusätzlich Überspannungsschutzgerä-

te SPD Typ 2 oder 3 einzusetzen. Befindet sich der AC-Ausgang des Wechselrichters nicht weiter weg als 5 m vom Einsatzort des DEHNventils ZP, so sind AC-seitig keine weiteren Schutzgeräte erforderlich.

Jede eingehende Stringleitung ist am DC-Eingang des Wechselrichters jeweils mit einem Überspannungsschutzgerät vom Typ DEHNguard PV 500 SCP

Bild 9.18.1.8	Schutz für...	Schutzgeräte	Art.-Nr.
NS-Einspeisung			
	TN-C-System	DEHNventil ZP, DV ZP TNC 255	900 390
	TN-S-System und TT-System	DEHNventil ZP, DV ZP TT 255	900 391
AC-Ausgang des Wechselrichters / Wechselstrom, Installationsort des Wechselrichters im Dachgeschoss			
	TN-C-System	DEHNventil M, DV M TN 255	951 200
		DEHNventil M, DV M TN 255 FM	951 205
	TT-S-System und TT-System	DEHNventil M, DV M TT 255	951 110
		DEHNventil M, DV M TT 255 FM	951 115
DC-Eingang des Wechselrichters			
	Je Stringleitung	DEHNlimit, DLM PV 1000	900 330

Tabelle 9.18.1.3 Auswahl von Überspannungsschutzgeräten für PV-Anlagen auf Gebäuden mit Äußerem Blitzschutz ohne Einhaltung des Trennungsabstandes s

zwischen Plus und Minus gegen Erde zu beschalten.

Gebäude mit Äußerem Blitzschutz ohne Einhaltung des Trennungsabstandes

Oftmals belegen die PV-Module das komplette Dach, um einen möglichst hohen Ertrag zu erwirtschaften. Aus montagetechnischer Sicht kann dann der Trennungsabstand häufig nicht mehr eingehalten werden. An diesen Stellen muss eine direkte leitfähige Verbindung zwischen dem Äußeren Blitzschutz und den metallenen PV-Komponenten hergestellt werden. Nach DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) Beiblatt 2 sind in diesem Fall aber die Auswirkungen der in das Innere der baulichen Anlage eingekoppelten Ströme auf den DC-Leitungen zu beachten und der Blitzschutz-Potentialausgleich ist sicher zu stellen. Dies bedeutet, dass nun auch für die DC-Leitungen, die blitzstrombehaftet sind, der Blitzschutz-Potentialausgleich ausgeführt werden muss (**Bild 9.18.1.8**). Entsprechend der DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) müssen die DC-Leitungen mit einem Überspannungsschutzgerät (SPD – engl. Surge protective device) Typ 1 beschaltet werden. Zum Einsatz kommt der Kombi-Ableiter DEHNlimit PV 1000, der in diesem Fall parallel in die String-Leitung eingesetzt wird. Der Kombi-Ableiter DEHNlimit PV 1000 wurde speziell für den Einsatz in photovoltaischen Stromerzeugungsanlagen entwickelt. Die gekapselte Gleitfunkenstrecken-Technologie ermöglicht einen sicheren Schutz des PV-Generators und des Wechselrichters, auch bei direkten Blitzströmen.

Der Blitzschutzpotentialausgleich muss ebenfalls in der NS-Einspeisung ausgeführt werden. Dort wird das DEHNventil ZP, ein Überspannungsschutzgerät mit Funkenstreckentechnologie, eingesetzt (**Tabelle 9.18.1.3**). Befindet sich der PV-Wechselrichter in der Nähe der NS-Einspeisung, also nicht weiter weg als 5 m, so ist der AC-Ausgang des Wechselrichters ebenfalls geschützt. Überspannungs-Schutzmaßnahmen sind immer nur lokal wirksam, so auch der Schutz für den PV-Wechselrichter. Ist der PV-Wechselrichter im Dachgeschoss montiert, so ist der Überspannungsschutz des AC-Ausgangs des Wechselrichters durch weitere Überspannungsschutzgeräte sicherzustellen. In diesem Fall erfolgt dies ebenfalls mit Überspannungsschutzgeräten Typ 1, DEHNventil. Grund für den Einsatz dieses Schutzgerätes ist, dass über den

Schutzleiter und die AC-Zuleitung ebenfalls Blitzteilströme fließen, die vom Überspannungsschutzgerät beherrscht werden müssen.

Anmerkung

Die Überspannungsschutzbeschaltung von sogenannten Dünnschichtmodulanwendungen bedarf unter Umständen einer separaten Betrachtung.

9.18.2 Blitz- und Überspannungsschutz für Solarkraftwerke

Bei einem derartig komplexen Anlagentyp, wie einem Solarkraftwerk, ist es notwendig das Schadensrisiko durch Blitzschlag entsprechend DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) abzuschätzen und die daraus resultierenden Ergebnisse bei der Planung zu berücksichtigen. Schutzziel bei einem Solarkraftwerk ist es, sowohl das Betriebsgebäude als auch das Modulfeld gegen Schäden durch Feuer (direkter Blitzeinschlag) und die elektrischen und elektronischen Systeme (Wechselrichter, Ferndiagnosesystem, Generatorhauptleitung) gegen die Wirkung des elektromagnetischen Blitzimpulses (LEMP) zu schützen.

Fangeinrichtung und Ableitungen

Zum Schutz des PV-Modulfelds gegen direkte Blitzeinschläge ist es notwendig, die Solarmodule im Schutzbereich einer getrennten Fangeinrichtung anzuordnen. Für deren Planung wird nach der VdS-Richtlinie 2010 für PV-Anlagen größer 10 kW die Schutzklasse III zugrundegelegt. Entsprechend der Schutzklasse wird mit dem Blitzkugelverfahren die Anzahl und die Höhe der Fangstangen ermittelt. Außerdem ist darauf zu achten, dass der Trennungsabstand s nach DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) zwischen den PV-Traggestellen und den Fangstangen eingehalten wird. Ebenfalls wird das Betriebsgebäude mit einem Äußeren Blitzschutz der Schutzklasse III ausgerüstet. Über Anschlussfahnen erfolgt der Anschluss der Ableitungen an die Erdungsanlage. Aufgrund der Korrosionsgefahr an der Austrittsstelle der Anschlussfahnen aus dem Erdreich oder Beton ist diese korrosionsbeständig auszuführen (nichtrostender Stahl V4A, Werkst.-Nr. 1.4571) oder bei Verwendung von verzinktem Stahl mit entsprechenden Maßnahmen zu schützen (z. B. Densobinde oder Schrumpfschlauch).

Erdungsanlage

Die Erdungsanlage (Bild 9.18.2.1) der PV-Anlage wird als Ringerder (Oberflächenerder) mit einer Masche 20 m x 20 m ausgeführt. Die metallenen Traggestelle, auf denen die PV-Module befestigt sind, werden etwa alle 10 m an die Erdungsanlage angebunden. Die Erdungsanlage des Betriebsgebäudes ist als Fundamenterder nach DIN 18014 ausgelegt. Die Erdungsanlage der PV-Anlage und die des Betriebsgebäudes sind miteinander über mindestens eine Leitung (30 mm x 3,5 mm Bandstahl V4A, Werkst.-Nr. 1.4571 oder Stahl verzinkt) zu verbinden. Der Zusammenschluss der einzelnen Erdungsanlagen verkleinert den Gesamterdungs-widerstand. Durch die Vermaschung der Erdungsanlagen entsteht eine „Äquipotentialfläche“, die die Spannungsbeanspruchung der elektrischen Verbindungsleitungen bei Blitzbeeinflussung zwischen PV-Modulfeld und Betriebsgebäude deutlich reduziert. Die Oberflächenerder sind in mindestens 0,5 m Tiefe verlegt und die Maschen sind mit Kreuzklemmen untereinander verbunden. Die Verbindungsstellen im Erdreich sind mit einer Korrosionsschutzbinde zu umwickeln. Dies gilt auch bei Verlegung von V4A Bandstahl im Erdreich.

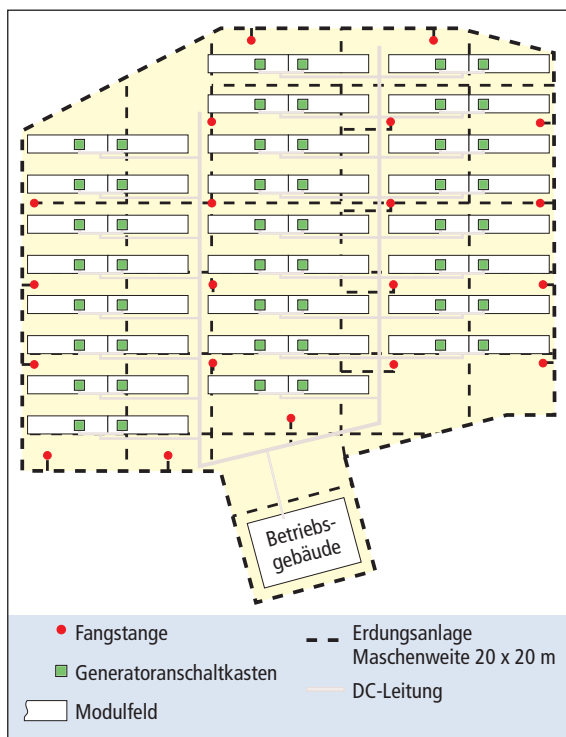


Bild 9.18.2.1 Übersichtsplan einer PV-Großanlage auf einer Freifläche

Blitzschutz-Potentialausgleich

Alle von außen in das Betriebsgebäude eingeführten leitfähigen Systeme müssen grundsätzlich in den Blitzschutz-Potentialausgleich einbezogen werden. Die Forderung des Blitzschutz-Potentialausgleichs wird erfüllt durch den direkten Anschluss aller metallenen Systeme und des indirekten Anschluss aller unter Betriebsspannung stehenden Systeme über Blitzstrom-Ableiter. Der Blitzschutz-Potentialausgleich soll möglichst nahe an der Eintrittsstelle der baulichen Anlage erfolgen, um ein Eindringen von Blitzteilströmen in das Gebäude zu verhindern. In diesem Fall (Bild 9.18.2.2) wird die Niederspannungs-Einspeisung im Betriebsgebäude durch einen mehrpoligen Kombi-Ableiter DEHNventil geschützt (Tabelle 9.18.2.1).

Außerdem müssen die eingehenden DC-Leitungen in den PV-Wechselrichter im Betriebsgebäude über einen Blitzstrom-Ableiter auf Funkenstreckenbasis geschützt werden. Hierfür wird der geeignete Kombi-Ableiter DEHNlimit PV 1000 eingesetzt.

Überspannungs-Schutzmaßnahmen im PV-Modulfeld

Um die Beanspruchung der Isolation im Inneren der Solarmodule im Falle eines Blitzschlages in die getrennte Fangeinrichtung zu reduzieren, kommen möglichst nahe am Solargenerator in einem Generatoranschaltkasten thermisch überwachte Überspannungsschutzgeräte zum Einsatz. Für Generatorspannungen bis 1000 V DC wird hier jeweils zwischen Plus und Minus gegen Erde ein Überspannungsschutzgerät vom Typ DEHNguard PV 500 SCP eingesetzt. In diesem Fall sind Überspannungsschutzgeräte vom Typ 2 ausreichend, da sich die PV-Module im Schutzbereich des Äußeren Blitzschutzes befinden.

In der Praxis hat es sich bewährt, Überspannungsschutzgeräte mit potentialfreien Kontakten zur Signalisierung des Betriebszustandes der thermischen Abtrennvorrichtung zu verwenden. Die Intervalle zwischen den turnusmäßigen Kontrollen der Schutzgeräte vorort werden dadurch verlängert. Die Überspannungsschutzgeräte in den Generatoranschaltkästen übernehmen lokal die Schutzfunktion für die PV-Module und stellen sicher, dass es aufgrund leitungs- und feldgebundener Störungen zu keinen Funkenüberschlägen in die PV-Module kommt.

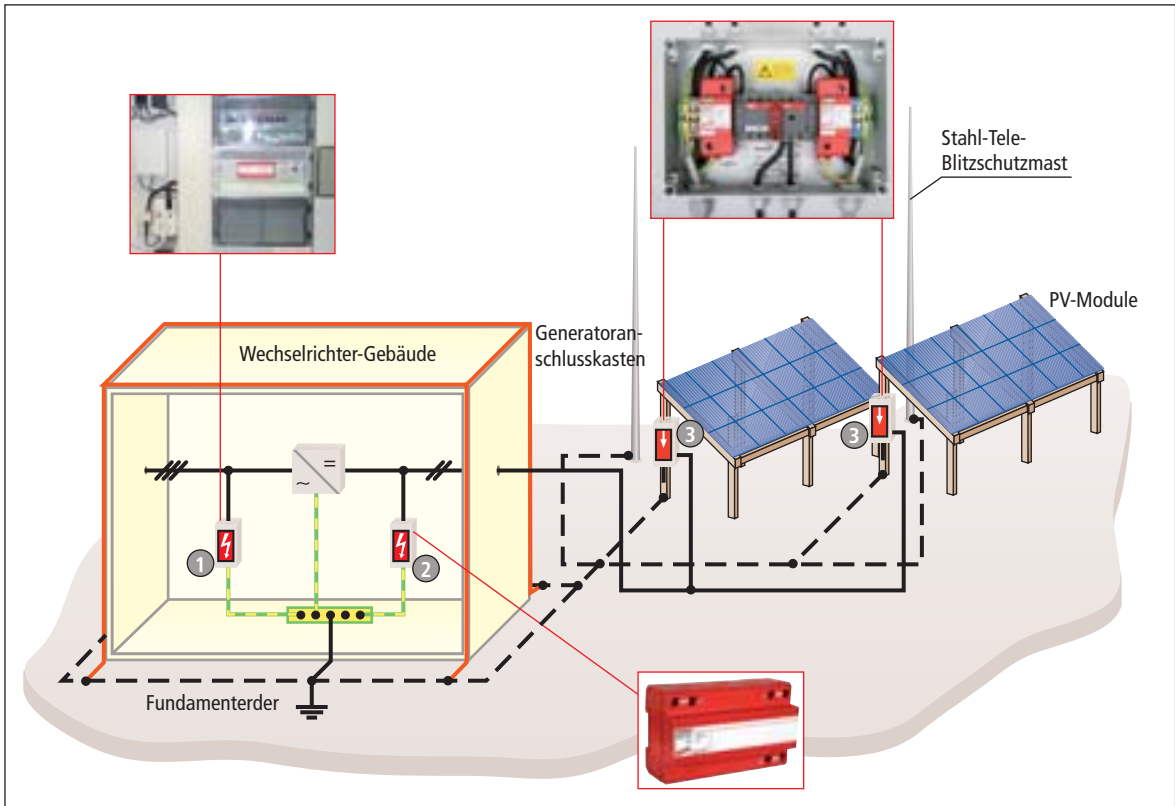


Bild 9.18.2.2 Prinzipschaltbild Überspannungsschutz für ein Solarkraftwerk

Nr. im Bild 9.18.2.2	Schutz für ...	Schutzgeräte	Art.-Nr.
①	TN-C-System TN-S-System TT-System	DEHNventil, DV M TNC 255 DEHNventil, DV M TNS 255 DEHNventil, DV M TT 255	951 300 951 400 951 310
②	DC-Eingang des Wechselrichters	DEHNlimit, DLM PV 1000	900 330
③	Generatoranschluschkasten	DEHNguard DG PV 500 SCP DEHNguard DG PV 500 SCP FM	950 500 950 505

Tabelle 9.18.2.1 Auswahl von Überspannungsschutzgeräten für Solarkraftwerke

Anmerkung

Die Überspannungsschutzbeschaltung von sogenannten Dünnschichtmodulanwendungen bedarf unter Umständen einer separaten Betrachtung.

Überspannungs-Schutzmaßnahmen für informationstechnische Systeme

Im Betriebsgebäude befindet sich ein Ferndiagnosesystem, das zur einfachen und schnellen Funkti-

onsüberprüfung der PV-Anlagen dient. Störungen an der PV-Anlage können so frühzeitig vom Betreiber erkannt und behoben werden. Durch das Fernüberwachungssystem ist es möglich, dass die Leistungsdaten des Solargenerators ständig zur Verfügung stehen, um die Erträge der PV-Anlage zu optimieren. Wie in Bild 9.18.2.3 gezeigt, werden über externe Sensoren an der PV-Anlage Messungen der Windgeschwindigkeit, Modultemperatur

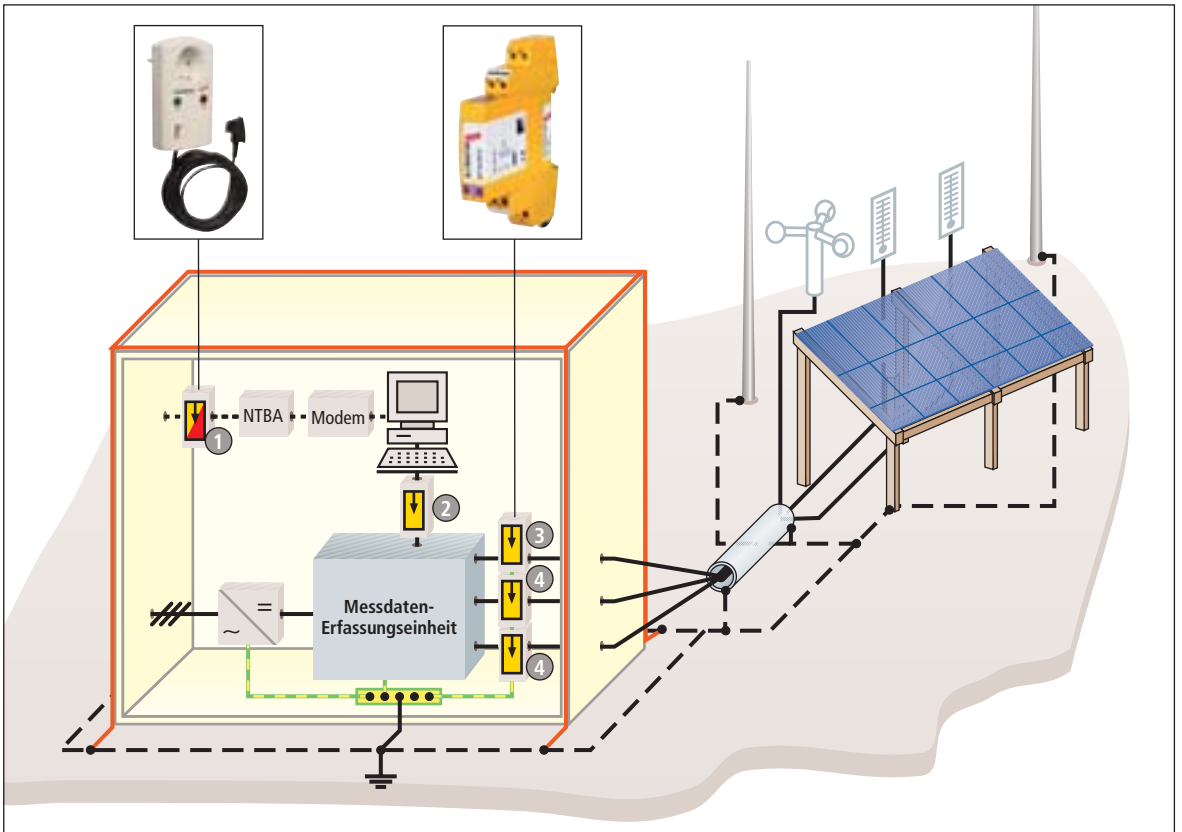


Bild 9.18.2.3 Schutzkonzept für Datenerfassung und -auswertung

Nr. im Bild 9.18.2.3	Schutz für ...	Schutzgeräte	Art.-Nr.
①	Netz- und Dateneingang eines NTBAs	NT PRO	909 958
②	Anlagen und Geräte der MSR-Technik mit vieradriger Datenübertragung, z.B. RS 485 Bussystem	BLITZDUCTOR VT, BVT RS 485 5	918 401
③	Windrichtungsanzeiger, z.B. analoger Messwertübertragung 4 bis 20 mA	BLITZDUCTOR XT, BXT ML4 BE 24 + Basisteil BXT BAS	920 324 920 300
④	Umgebungs- und Modultemperatur-Sensor	BLITZDUCTOR XT, BXT ML4 BE 5 + Basisteil BXT BAS	920 320 920 300

Tabelle 9.18.2.2 Überspannungsschutzgeräte für Datenerfassung und -auswertung

und Umgebungstemperatur durchgeführt. Diese Messwerte können direkt an der Erfassungseinheit abgelesen werden. Die Datenerfassungseinheit verfügt über Schnittstellen, wie RS 232 oder RS 485, die an einen PC und/oder Modem zur Fernabfrage und -wartung angeschlossen werden. Damit kann das Servicepersonal per Ferndiagnose die Störungsursache ermitteln und dann

gezielt beseitigen. Das Modem in **Bild 9.18.2.3** ist an das Netzabschlussgerät (NTBA) eines ISDN-Basisanschlusses angeschlossen. Die geeigneten Messsensoren für Windgeschwindigkeit und Modultemperatur sind ebenso wie die PV-Module im einschlagsgeschützten Bereich montiert. Blitzströme treten damit auf den Messleitungen nicht auf, wohl aber leitungsgebundene transiente Über-

spannungen, die durch Induktionswirkung bei Blitzschlägen in die getrennte Fangeinrichtung entstehen. Um eine ungestörte und fortlaufende Übertragung der messtechnischen Daten an die Messeinheit jeder Zeit sicherzustellen, ist es notwendig, die ins Gebäude eintretenden Sensorleitungen über Überspannungsschutzgeräte zu führen (**Tabelle 9.18.2.2**). Bei der Auswahl der Schutzgeräte ist darauf zu achten, dass keine Beeinträchtigung der Messwerte erfolgt. Die Weiterleitung

der messtechnischen Daten über das Fernmelde-netz per ISDN-Modem muss ebenso sicher gestellt sein, damit eine ständige Kontrolle und Optimierung der Anlagenleistung vorgenommen werden kann. Hierzu wird die U_{k0} -Schnittstelle vor dem NTBA, an dem das ISDN-Modem angeschlossen ist, mit einem Überspannungs-Schutzadapter geschützt. Mit diesem Adapter ist zusätzlich der Schutz der 230 V-Versorgung des NTBA sichergestellt.