Erneuerbare Energien: Photovoltaik

Die Kraft der Natur sicher und effizient nutzen

Mit Sicherheit Spannung

Inhaltsverzeichnis

Seite

Energieerzeugung im Wandel der Zeit 3

Schutzmaßnahmen und normative Anforderungen..... 4

Netzform: IT-System 6

Herausforderung Isolationsfehlersuche 8

Produkte für PV-Applikationen 9

Service und Support 11

Energieerzeugung im Wandel der Zeit

Die Entwicklung von Wissenschaft und Technik haben schon immer einen großen Einfluss auf die Art der Energieerzeugung gehabt. So sind zunächst Wasserkraftturbinen für die Energiegewinnung genutzt worden, auf die später die ersten fossilen Kraftwerke folgten. Im Jahr 1882 ging das erste Kohlekraftwerk, entwickelt von Thomas Alva Edison, in Betrieb. Diese Art der flexiblen und weitestgehend unabhängigen Art der Energieerzeugung war ein Meilenstein. Mit fortschreitender Entwicklung industrieller Prozesse kamen dezentrale Generatoren basierend auf Verbrennungstechnologien wie Öl oder Gas hinzu. Parallel dazu wurde die Erzeugung von Strom mittels atomarer Brennelemente forciert. Als erste nachhaltige Alternative folgte später die Erzeugung und Speicherung regenerativer Energien wie Photovoltaik, Windkraft und Wasserstoff.

Hochverfügbare Energieerzeugungsanlagen sind eine Voraussetzung für ein stabiles und ausfallsicheres Stromnetz. Die Basis dafür bilden qualitativ hochwertige Komponenten sowie ein automatisiertes Eskalationsmanagement im Fehlerfall. Eine wirksame Isolationsüberwachung kann beispielweise frühzeitig auf Fehler in der elektrischen Anlage hinweisen. Für die schnellstmögliche Ortung des Fehlers kann eine solche Einrichtung zusätzlich mit einem automatischen Fehlersuchsystem kombiniert werden. Somit können mögliche Brände durch Isolationsfehler vermieden und die Sicherheit bei der Energieerzeugung erhöht werden. Die Produkte und Lösungen zur präventiven Analyse des Isolationsniveaus elektrischer Anlagen aus dem Hause Bender leisten somit einen Beitrag für die ausfallsichere Energieerzeugung der Zukunft.

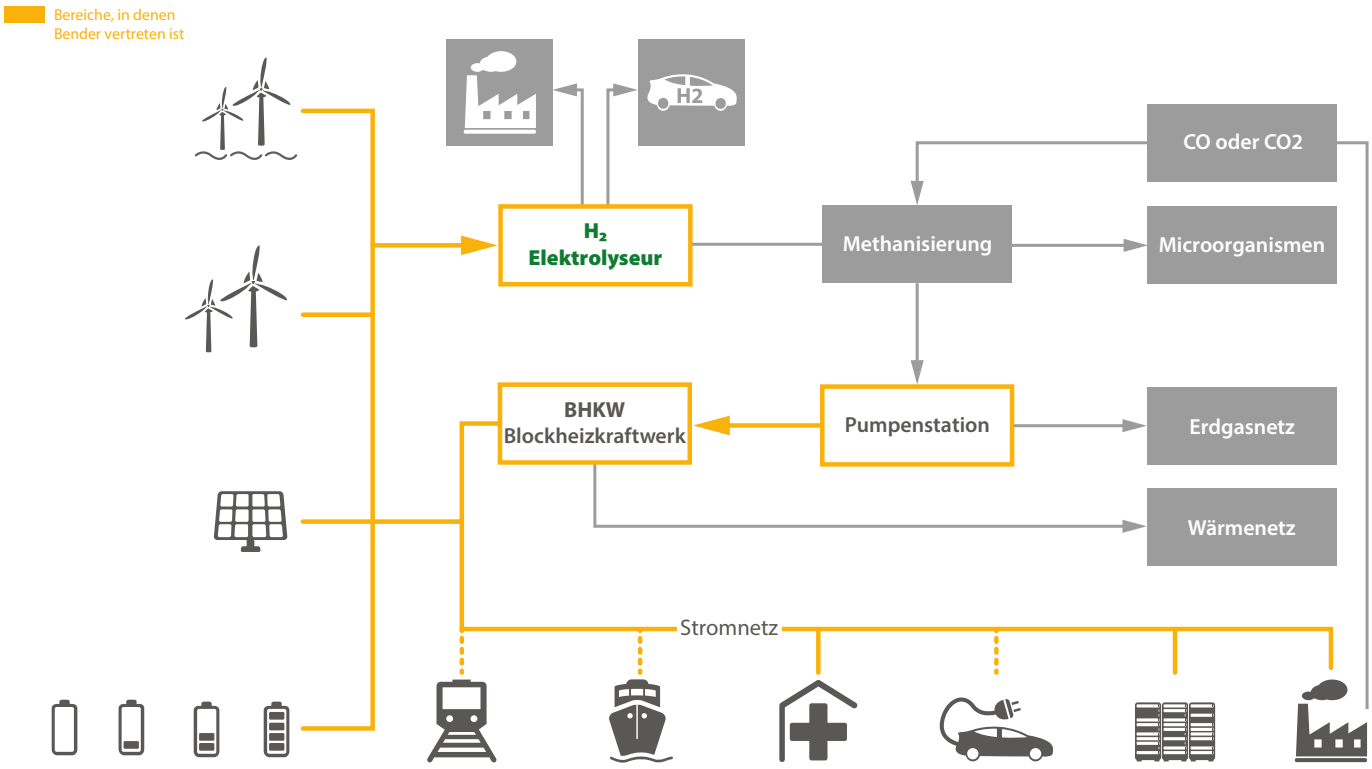


Bild 1: Regenerative Energieerzeugung und Nutzung

Schutzmaßnahmen und normative Anforderungen

Photovoltaikanlagen stellen in Bezug auf die elektrische Sicherheit und die entsprechenden Maßnahmen im Notfall eine Besonderheit dar, denn bei PV-Anlagen kann die Schutzmaßnahme „Automatische Abschaltung" nicht angewendet werden. Die PV-Generatoren erzeugen tagsüber ständig elektrische Energie und sind quasi nur bei Dunkelheit spannungsfrei. Somit bleibt die alleinige Option „doppelte und verstärkte Isolierung" gemäß Teil 412 der DIN VDE 0100-410 (IEC 60364-4-41) im Zusammenhang mit einer dauerhaften Überwachung der Anlage, denn im Abschnitt 412.1.2 steht u. a. folgendes:

> „In Fällen, wo diese Schutzmaßnahme als alleinige Schutzmaßnahme angewendet wird (z. B. wenn für einen Stromkreis oder einen Teil einer Anlage vorgesehen ist, nur Betriebsmittel mit doppelter oder verstärkter Isolierung zu errichten), muss nachgewiesen werden, dass effektive Maßnahmen ergriffen werden, z. B. wirksame Überwachung, so dass keine Änderung durchgeführt werden kann, die die Wirksamkeit dieser Schutzmaßnahme beeinträchtigt."

Mit den modernen Isolationsüberwachungsgeräten der ISOMETER®-Serie von Bender kann der Isolationswiderstand im zeitlichen Verlauf gemessen und visualisiert werden, denn trotz umfangreichen Prüfungen bei der Bauartenzulassung von PV-Modulen aus den Sicherheitsgrundnormen und der Errichtungsnorm DIN VDE 0100-712 (IEC 60364-7-712) „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-712: Anforderungen an Betriebsstätten, Räume und Anlagen der besonderen Art – Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme" gibt es immer wieder neue Erkenntnisse über gefährliche Schwachstellen (Bilder 2 und 3) bei der Errichtung und beim dauerhaften Betrieb von PV-Anlagen. Durch eine messtechnische Überwachung erhält der Betreiber einen Informationsvorsprung (Bild 4) bevor ein kritischer Zustand erreicht wird.

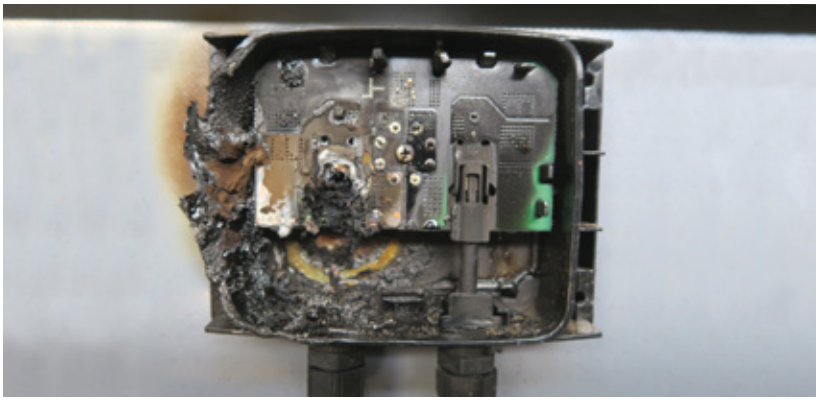


Bild 2: Verbrannte Anschlussdose durch korrodierte Kontakte

Bild 3: Zerstörte Isolierung

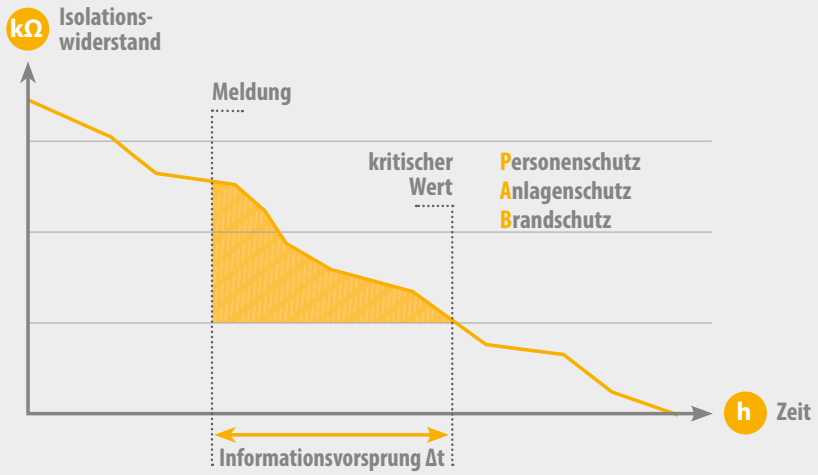
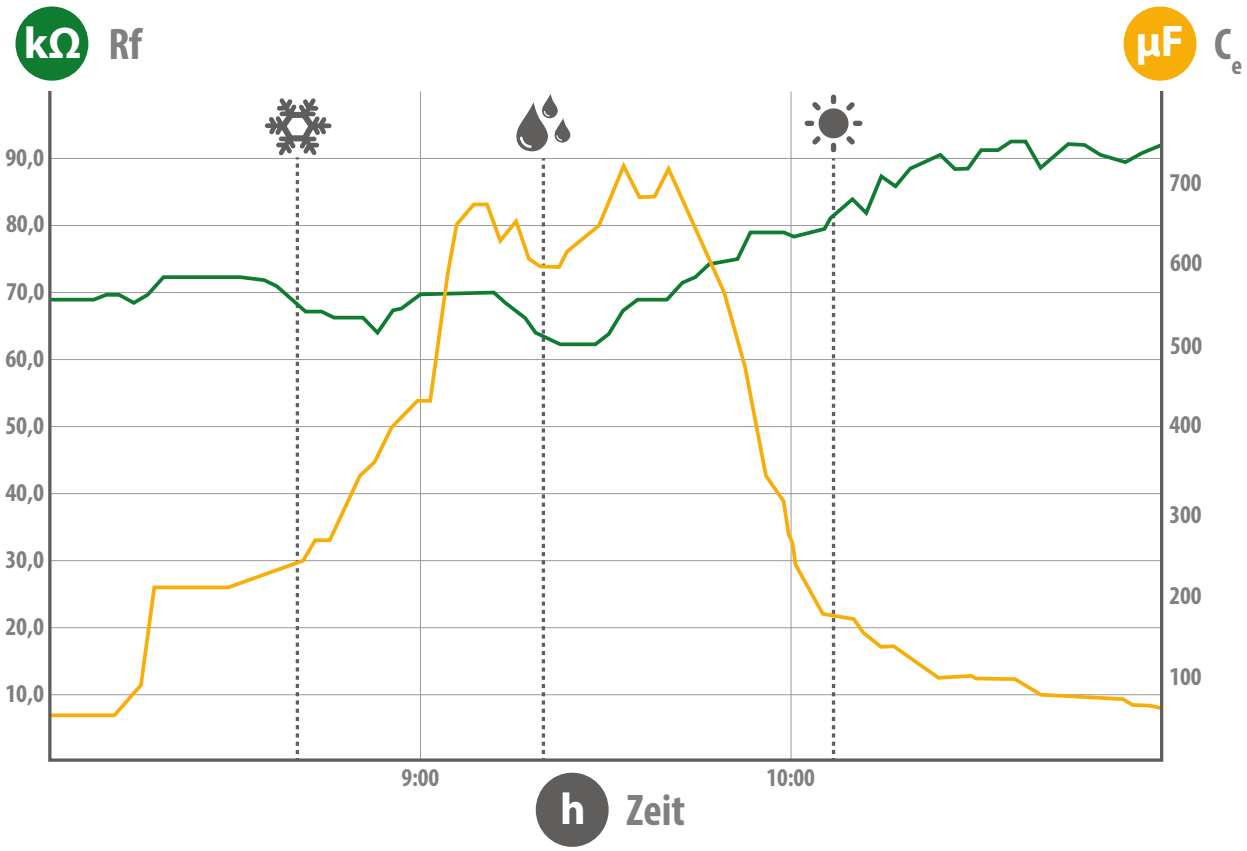


Bild 4: Veränderung Isolationswert

Praxisbeispiel:

Bei einer neu errichteten 15 MW PV-Anlage, bestehend aus mehreren Strängen mit jeweils 1,7 MW Leistung, hat morgendliche Feuchtigkeit die Ableitkapazität C_e der Stränge um das 10-fache erhöht und parallel dazu den Isolationswiderstand R_f um 30% reduziert. Ausgehend davon, dass die Alterungsprozesse in Form von Materialverschleiß zukünftig den Isolationswert zusätzlich negativ beeinflussen, können sehr schnell kritische Werte erreicht werden.



Netzform: IT-System

Photovoltaikanlagen werden üblicherweise in der Netzform IT (Isolé Terre; keine galvanische Verbindung der aktiven Leiter zur Erde) aufgebaut. Gründe hierfür sind eine einfache Verkabelung als auch die höhere Verfügbarkeit, da in IT-Netzen der erste Fehler nicht zur Abschaltung bzw. Unterbrechung führen muss.

Großflächige Photovoltaikanlagen im Bereich von einigen Megawatt [MW] sind in einzelne Strings unterteilt. Diese Strings verfügen entweder über einzelne Stringwechselrichter (Bild 7) oder werden an einen Zentralwechselrichter (Bild 8) angeschlossen. Im Allgemeinen sind Wechselrichter – in Abhängigkeit der Leistung und Anwendung – mit oder ohne Transformator ausgeführt (Bild 5 und 6). Bei ausreichender Sonneneinstrahlung erfolgt innerhalb der Stringwechselrichter eine kurzzeitige Isolationsmessung und erst danach wird auf „Netzbetrieb" umgeschaltet. Das IT-Netz erstreckt sich jetzt von den Photovoltaik-Panels bis hin zur Sekundärwicklung des Transformators. Ein zentraler Isolationswächter (IMD) wie in Bild 7 und 8 dargestellt, überwacht bei „Netzbetrieb" das Isolationsniveau des gesamten IT-Netzes.

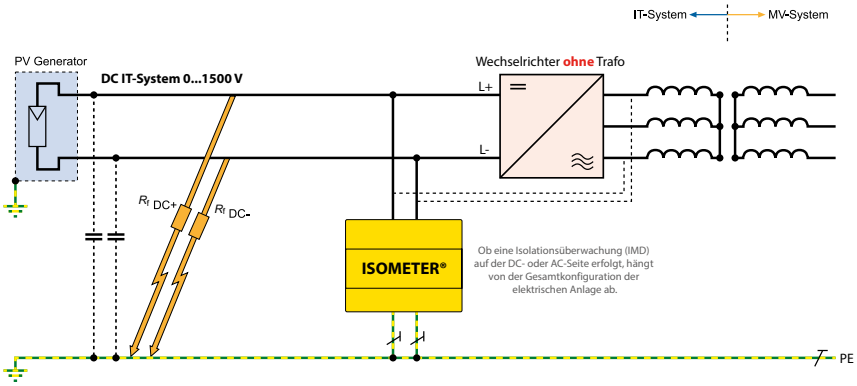


*Bild 5: Wechselrichter **ohne** Transformator*

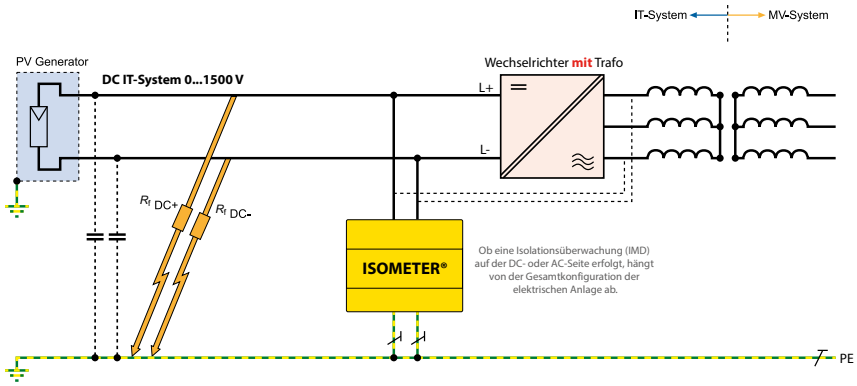


*Bild 6: Wechselrichter **mit** Transformator*

PID - Potential Induzierte Degradation

Der PID Effekt bei PV-Modulen mit kristallinen SI-Zellen führt zu einer schleichenden Leistungsminderung (Degradation), welche mit dem Verlauf der Zeit kritische Werte annehmen kann und den Ertrag deutlich reduziert. Die bekannte Gegenmaßnahme der Potentialanhebung des PV-Generators nach Sonnenuntergang steht nicht im Widerspruch zu einer zentralen Isolationsüberwachung mittels IMD, denn der Wechselrichter befindet sich zu diesem Zeitpunkt nicht mehr im Netzbetrieb.

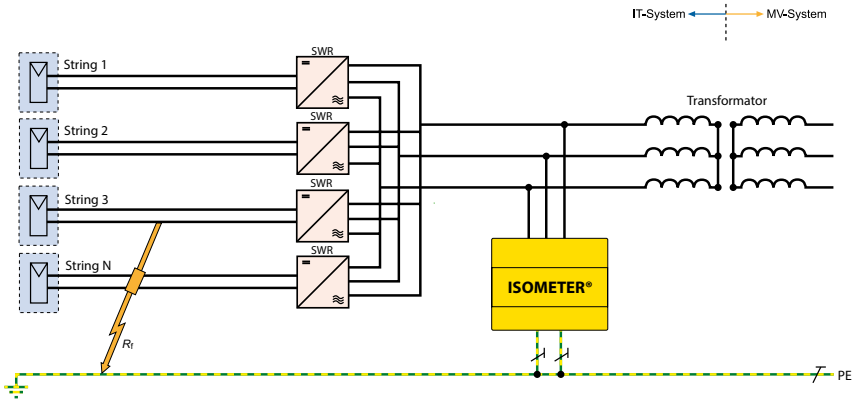


Bild 7: Dezentrale Stringwechselrichter (SWR)

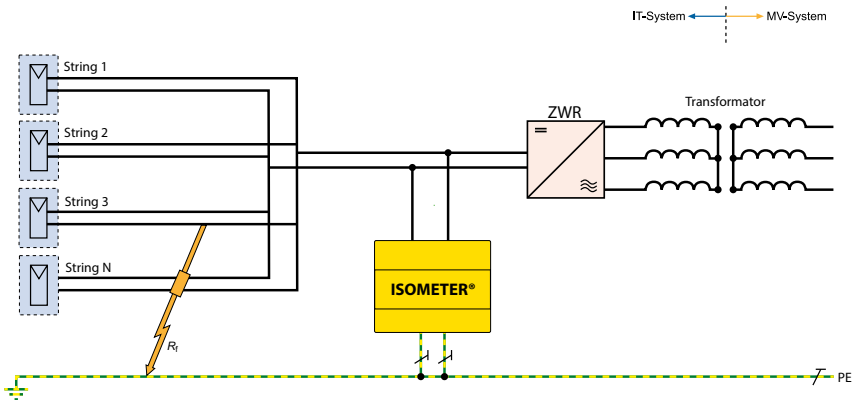
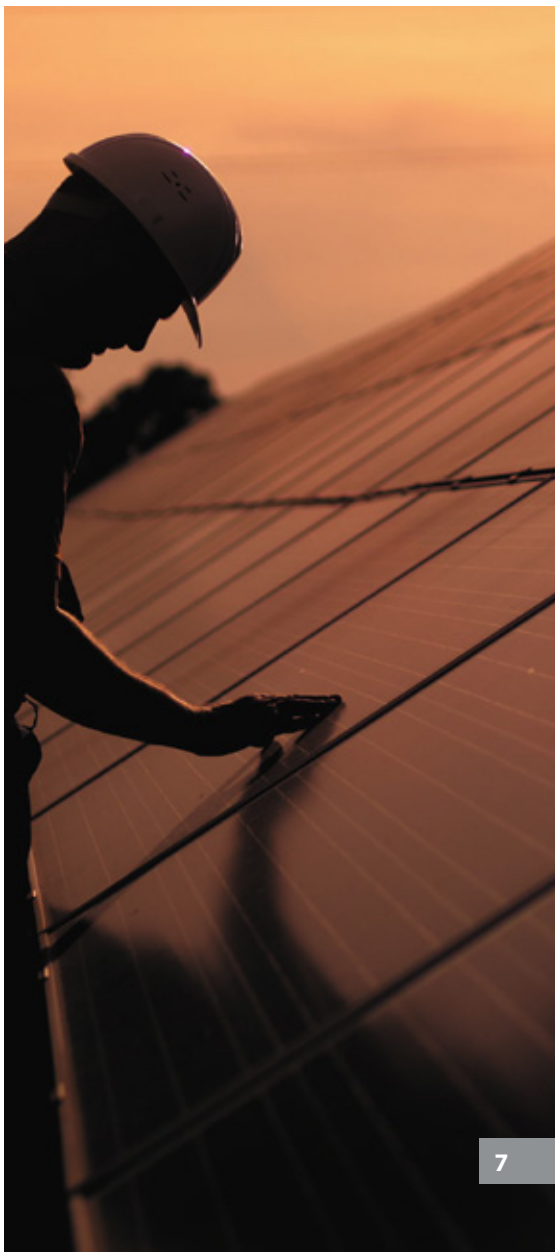


Bild 8: Zentralwechselrichter (ZWR)

Komplexes Messverfahren

Die stromführenden Leitungen des IT-Systems stellen gegenüber des Erdpotentials PE eine Art Kondensator dar. Die daraus resultierende Netzableitkapazität C_e und die kapazitiven Eigenschaften der Photovoltaik-Panels erzeugen einen Netzableitstrom. Dieser wird durch die Gesamtfläche [m^2] und durch die Feuchtigkeit der Anlage maßgeblich beeinflusst. Die Isolationsmesseinrichtungen ISOMETER® von Bender verwenden ein patentiertes Messverfahren und passen sich für die Ermittlung des Isolationswiderstandes R_f dem Anlagenzustand an.



Herausforderung Isolationsfehlersuche

Bei großflächigen Photovoltaikanlagen mit Leistungen von mehreren Megawatt [MW] kann sich die Suche eines entstehenden Isolationsfehlers als sehr schwierig erweisen. Durch das Messen von Strangspannungen können geschulte Techniker die gesamte Photovoltaikanlage zwar Schritt für Schritt analysieren und den betreffenden String identifizieren, eine Fehlerlokalisierung innerhalb des Strings ist aber meistens nur durch das Auftrennen von Verbindungskabeln und das Lösen von Steckverbindungen möglich. Hierbei können gefährliche Situationen entstehen, die den 5 Sicherheitsregeln der Elektrotechnik entgegenstehen.

EDS - Earth Fault Detection System

Ein automatisiertes Messverfahren zur Fehlerlokalisierung (IFLS) kann die Verfügbarkeit der Photovoltaikanlage deutlich erhöhen. Bereits während der Planungsphase sollte eine automatisierte Fehlerlokalisierung berücksichtigt werden. Hierfür bietet Bender eine optimale Lösung an. Während das ISOMETER® mit dem AMP-Messverfahren das Isolationsniveau der Photovoltaikanlage überwacht, können detektierte Isolationsfehler durch die Geräteserie ISOSCAN® schnell lokalisiert werden. Entsprechende Wandler identifizieren zeitnah den betreffenden String. Damit können die Produkte der Firma Bender die Verfügbarkeit Ihrer Anlage auf einem hohen Niveau halten.

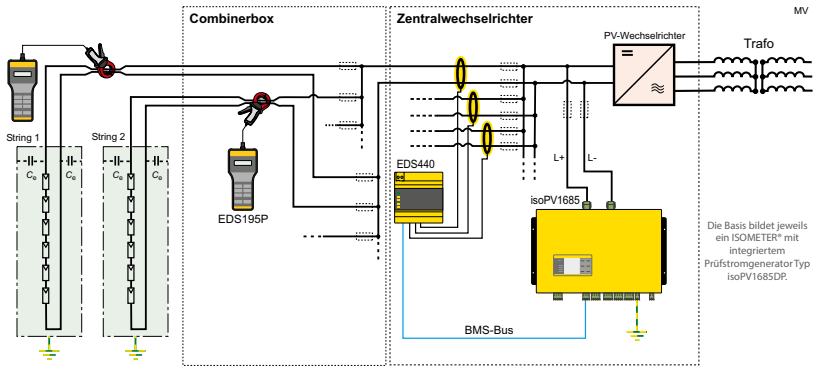


Bild 9: Isolationsfehlersuche mittels fest verbauter Stromwandler und/oder mobilen Messtromzangen.

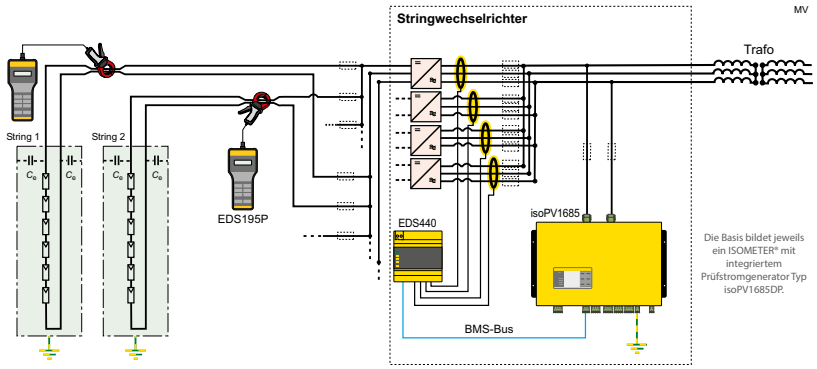


Bild 10: Isolationsfehlersuche mittels fest verbauter Stromwandler und/oder mobilen Messtromzangen.

Die 5 Sicherheitsregeln:

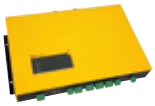
- Freischalten
- Gegen Wiedereinschalten sichern
- Spannungsfreiheit feststellen
- Erden und kurzschließen
- Benachbarte stromführende Anlagenteile abdecken oder abschranken

Skalierung von Sensoren

Neben den Aspekten der elektrischen Sicherheit steht bei Photovoltaikanlagen der Return on Invest (ROI) ebenfalls im Fokus. Daher bietet Bender ein kostenoptimiertes Fehlersuchsystem in Form von Messzangen an (Bild 9, 10 und 11). Damit die Messzangen den Prüfstrom detektieren können, muss das Isolationsüberwachungsgerät ISOMETER® bereits ab Werk mit einem integrierten Prüfstromgenerator (Gerätekennzeichnung P) ausgestattet sein.
Sollte dies nicht der Fall sein, kann auch nachträglich ein ISOMETER® mit Prüfstromgenerator zur temporären Fehlersuche verwendet werden. Durch die steckbaren Klemmen kann hier sehr einfach agiert werden, ohne die 5 Sicherheitsregeln zu verletzen.

Bild 11: Messzange

Produkte für PV-Applikationen
ISOMETER®



	ISOMETER® isoPV425 + AGH420	ISOMETER® isoPV1685RTU	ISOMETER® isoPV1685DP
Netzspannung	AC 0…690 V DC 0…1000 V	AC 0…1000 V DC 0…1500 V	AC 0…1000 V DC 0…1500 V
Versorgungsspannung	AC 100…240 V DC 24…240 V	DC 24 V	DC 24 V
Netzableitkapazität C_e	≤ 500 µF (bei ≥ 300 kΩ) ≤ 1000 µF (bei ≤ 300 kΩ)	≤ 2000 µF	≤ 4000 µF
Ansprechwert R	1…990 kΩ	0,2…990 kΩ	0,2…990 kΩ
Display	■	Status-LEDs	■
Prüfstromgenerator	–	–	■
Modbus	RTU	RTU	RTU
BMS	■	■	■
isoData	■	■	■
Artikelnummer	B9036303	B91065603	B91065808

Produkte für PV-Applikationen
ISOSCAN®

	ISOSCAN® EDS440-L-4	IOM441-S
Netznennspannung U_N	AC 0...1000 V DC 0...1500 V	-
Versorgungsspannung	AC/DC 24…240 V	DC 24 V
Anzahl Messkanäle	12	-
Ansprechwert $I_{\Delta L}$	2…10 mA	-
Display	Status-LEDs	Betriebs-LED
Modbus	RTU	-
BMS	■	-
isoData	■	-
Artikelnummer	B91080202	B95012057

Messstromwandler für EDS440

	Innendurchmesser [mm]	Typ	Artikelnummer
rund	20	CTAC20	B98110005
	35	CTAC35	B98110007
	60	CTAC60	B98110017
	120	CTAC120	B98110019
	210	CTAC210	B98110020
teilbar	20x30	WS20x30	B98080601
	50x80	WS50x80	B98080603
	80x120	WS80x120	B98080606

	EDS3090 / EDS195PM	PSA3020	PSA3052
Auswertestrom $I_{\Delta L}$	0,2…50 mA	–	–
Ansprechwert $I_{\Delta N}$	0,2…1 oder 2…10 mA	–	–
Display	3 x 16 Zeichen	–	–
Durchmesser	–	20 mm	52 mm
Kabellänge	–	2 m	2 m
Artikelnummer	B91082026	B91082026	B91082026
Lieferumfang	EDS195PM inkl.PSA3020 + PSA3052	PSA3020 inkl.EDS195PM + PSA3052	PSA3052 inkl.EDS195PM + PSA3020

Service und Support
Rundum-Service für Ihre Anlage

Durch die langjährigen Erfahrungen in schwierigen industriellen Umgebungen und aus vielen kundenspezifischen Anpassungen unserer Messtechnik, verfügt Bender über die notwendige Kompetenz, welche den besonderen Herausforderungen in der Photovoltaik-Branche gerecht wird.

Vom ersten Beratungsgespräch durch unseren Vertrieb bis hin zur Auftragsabwicklung und Installation stehen unsere Fachspezialisten mit all ihrer Erfahrung für Sie bereit und beraten Sie gerne.

Auf Wunsch führen wir gemeinsam mit Ihnen auch Vergleichsmessungen vor Ort durch, um ihre Photovoltaikanlage optimal zu parametrieren und gemeinsam mit ihnen geeignete Schwellwerte zu definieren.

Natürlich bieten wir auch einen **Repair Service für all unsere Geräte** an, um bei Bedarf eine Geräteprüfung oder Kalibrierung durchzuführen.

Customer Service Center – First Level Support
Technische Unterstützung telefonisch oder per E-Mail für alle Bender-Produkte
Tel.: +49 6401 807-760
E-Mail: support@bender.de

Customer Service Center – Repair Service
Repair-Service für alle Bender-Produkte
Tel.: +49 6401 807-741
E-Mail: repair@bender.de

Customer Service Center – Field Service
Vor-Ort-Service für alle Bender-Produkte
Tel.: +49 6401 807-744
E-Mail: fieldservice@bender.de

Kompetenter Service für die maximale Sicherheit und Hoch-verfügbarkeit Ihrer Anlage

Bender GmbH & Co. KG
Londorfer Straße 65 • 35305 Grünberg • Germany
Tel.: +49 6401 807-0 • info@bender.de • www.bender.de

Fotos: AdobeStock (©Ramona Heim , ©savantermedia, ©GRAFStock, ©WADII, ©soonthorn), photovoltaikbuero Ternus & Diehl GbR und Bender Archiv.

BENDER Group

2236de / 02.2023 / © Bender GmbH & Co. KG, Germany – Änderungen vorbehalten! Die angegebenen Normen berücksichtigen zum Zeitpunkt der Drucklegung gültige Ausgabe