Erneuerbare **Photovoltaik** Energien



optec
energie ist messbar

Inhaltsverzeichnis

Energieerzeugung im Wandel der Zeit	3
Schutzmassnahmen und normaitve Anforderungen	4
Netzform: IT-System	7
Herausforderung Isolationsfehlersuche	8
Produkte für PV-Applikationen	10
Zuverlässigkeit beginnt mit Optec	12

Voraussetzungen für ein stabiles und ausfallsicheres Stromnetz

Die Entwicklung von Wissenschaft und Technik hatten schon immer einen grossen Einfluss auf die Art der Energieerzeugung. So wurden zunächst Wasserkraftturbinen für die Energiegewinnung genutzt, 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. So 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 hier einen Beitrag für die ausfallsichere Energieerzeugung der Zukunft.

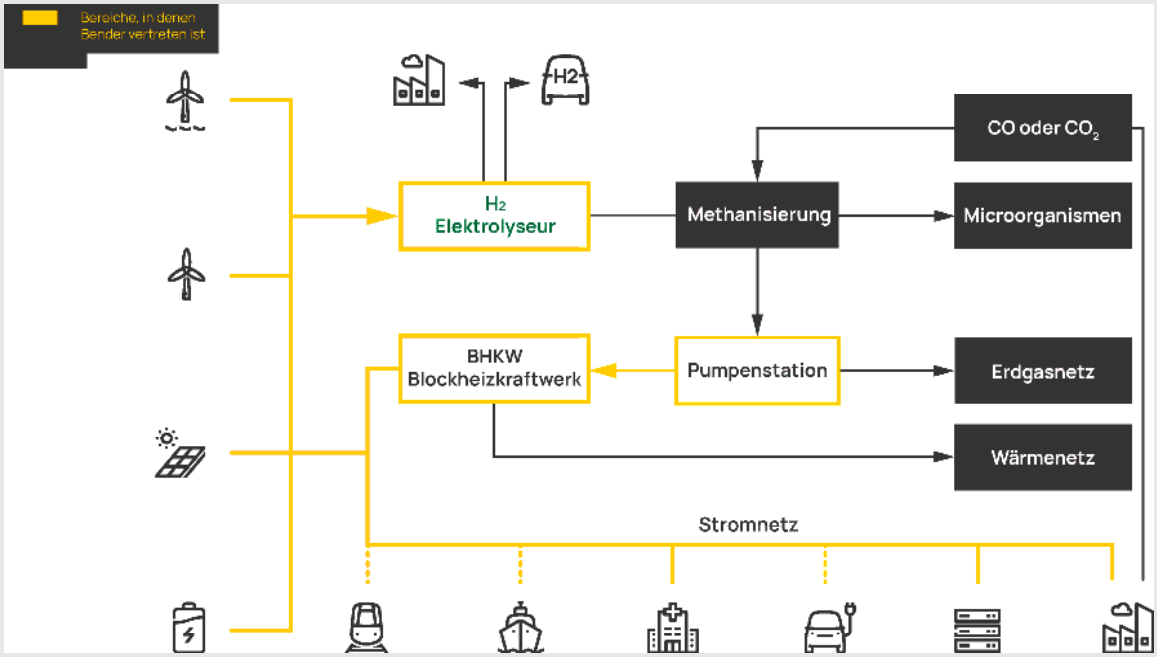


Bild 1: Regenerative Energieerzeugung und Nutzung

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 Über-wachung, so dass keine Änderung durchgeführt werden kann, die die Wirksamkeit dieser Schutz-massnahme 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 Sicherheits-grundnormen 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 bei der Errichtung und beim dauerhaften Betrieb von PV-Anlagen (Bilder 2 und 3). Durch eine messtechnische Überwachung erhält der Betreiber einen Informationsvorsprung bevor ein kritischer Zustand erreicht wird (Bild 4).



Bild 2: Verbrannte Anschlussdose durch korrodierte Kontakte



Bild 3: Zerstörte Isolierung

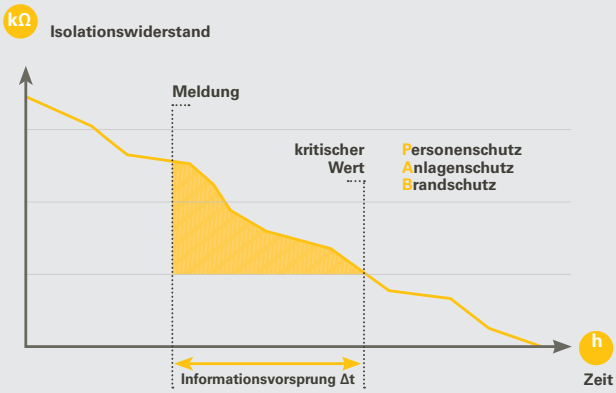
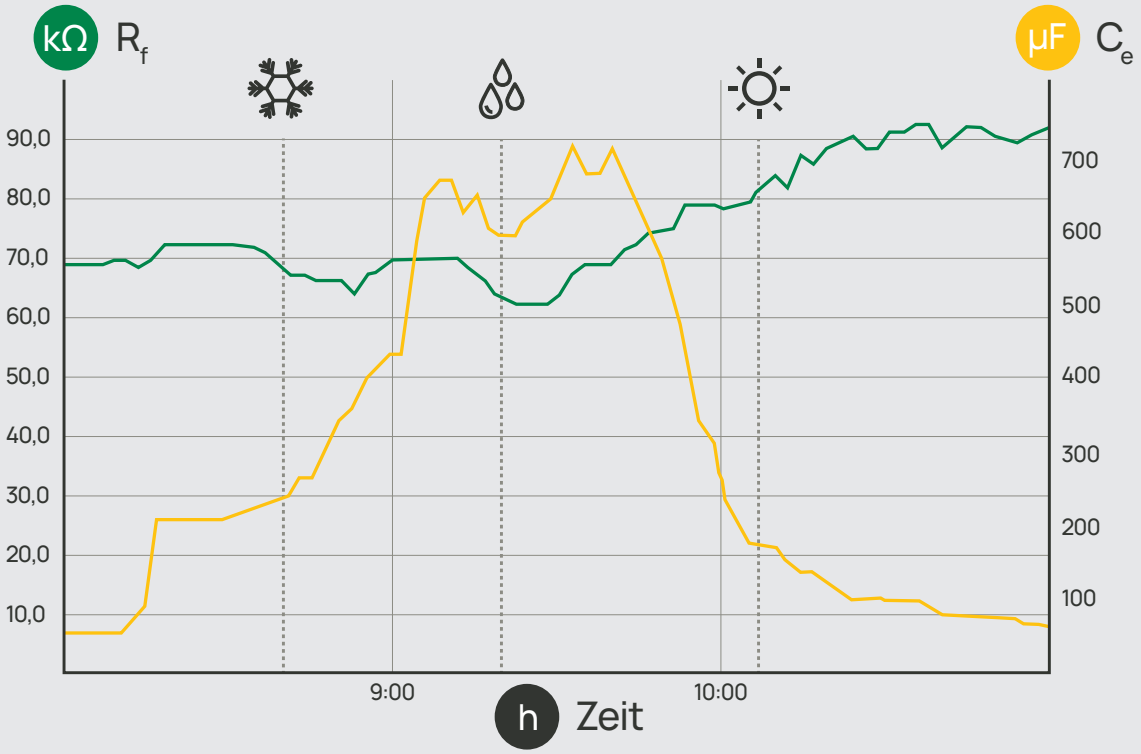


Bild 4: Veränderung Isolationswert

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.



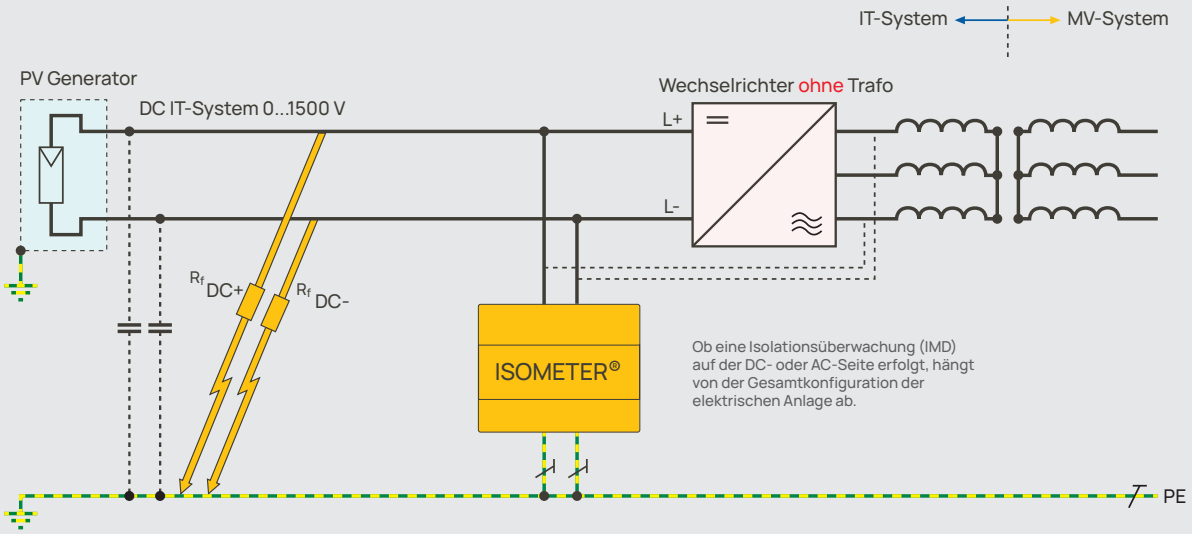


Bild 5: Wechselrichter **ohne** Transformator

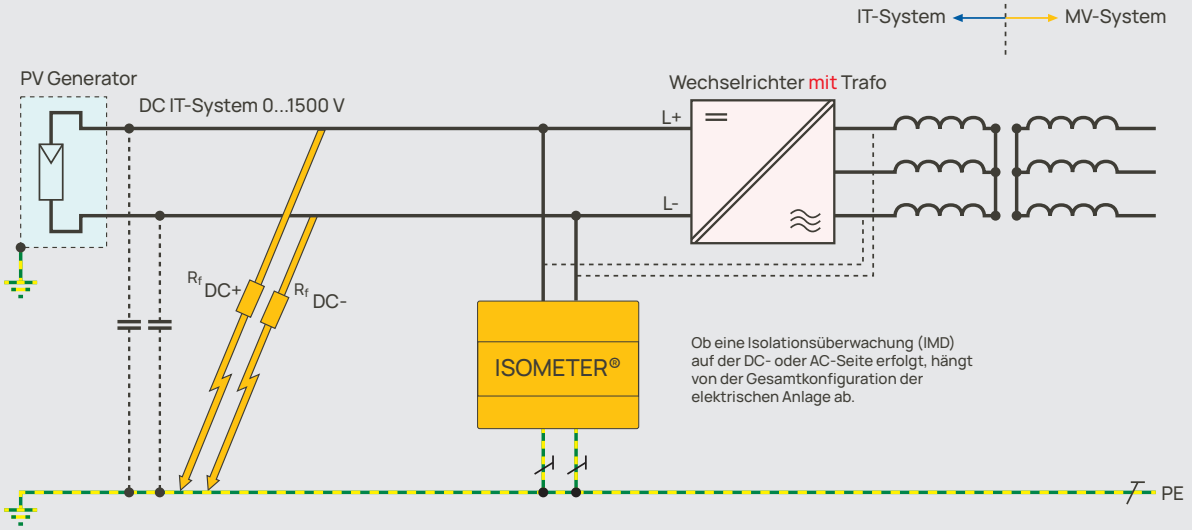


Bild 6: Wechselrichter **mit** Transformator

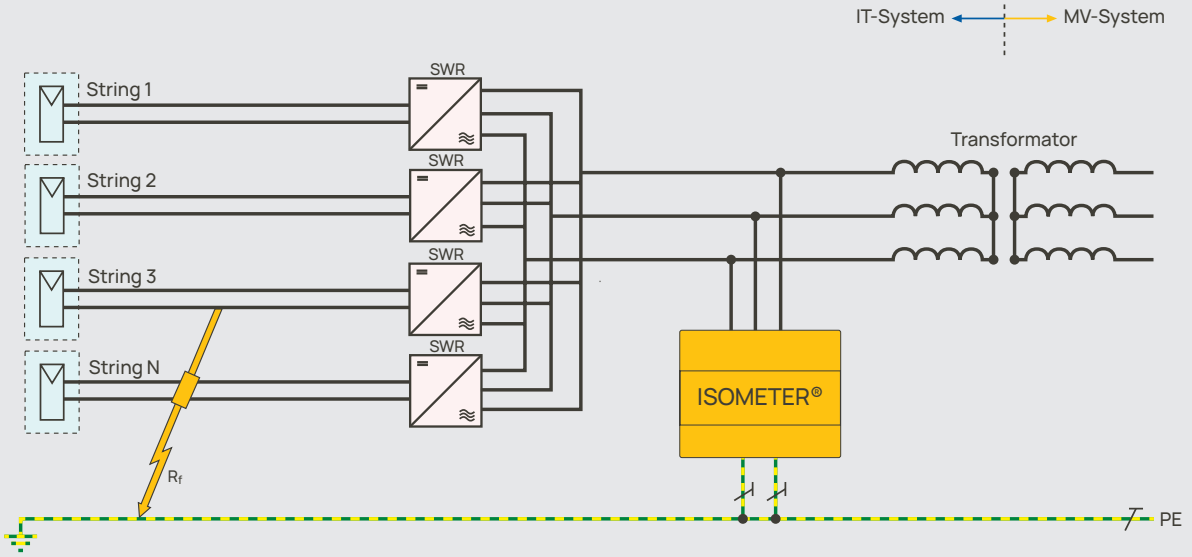


Bild 7: Dezentrale Stringwechselrichter (SWR)

Netzform: IT-Systemnormative Anforderungen

Photovoltaikanlagen werden üblicherweise in der Netzform IT (Isolé Terre; keine galvanische Verbindung der aktiven Leiter zur Erde) aufgebaut. Gründe hierfür sind sowohl eine einfache Verkabelung wie 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 angeschlossen (Bild 8). 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.

PID - POTENTIAL INDUZIERTE DEGRADATION

Der PID Effekt bei PV-Modulen mit kristallinen SI-Zellen führt zu einer schleichenden Leistungsminderung (Degradation), welche im 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.

KOMPLEXES MESSVERFAHREN

Die stromführenden Leitungen des IT-Systems stellen gegenüber des Erdpotentials PE eine Art Kondensator dar. Die daraus resultierende Netzableitkapazität Ce und die kapazitiven Eigenschaften der Photovoltaik-Panels erzeugen einen Netzableitstrom. Dieser wird durch die Gesamtfläche [m2] 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 Rf dem Anlagenzustand an.consetetur sadipscing:
Elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam imata sanctus est.

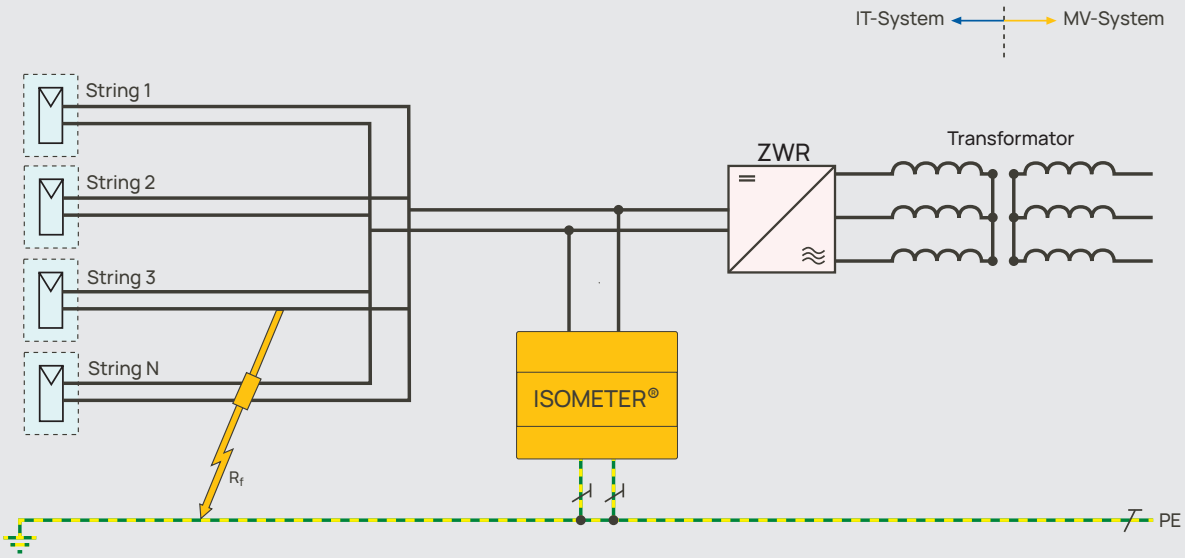


Bild 8: Zentralwechselrichter (ZWR)

Herausforderung Isolationsfehlersuche

Bei grossflächigen Photovoltaikanlagen mit Leistungen von mehreren Megawatt [MW] kann sich die Suche nach einem Isolationsfehler 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 fünf 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. Mit den Bender-Lösungen können Sie die Verfügbarkeit Ihrer Anlage auf einem hohen Niveau halten.

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 fünf Sicherheitsregeln zu verletzen.

DIE FÜNF SICHERHEITSREGELN:

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



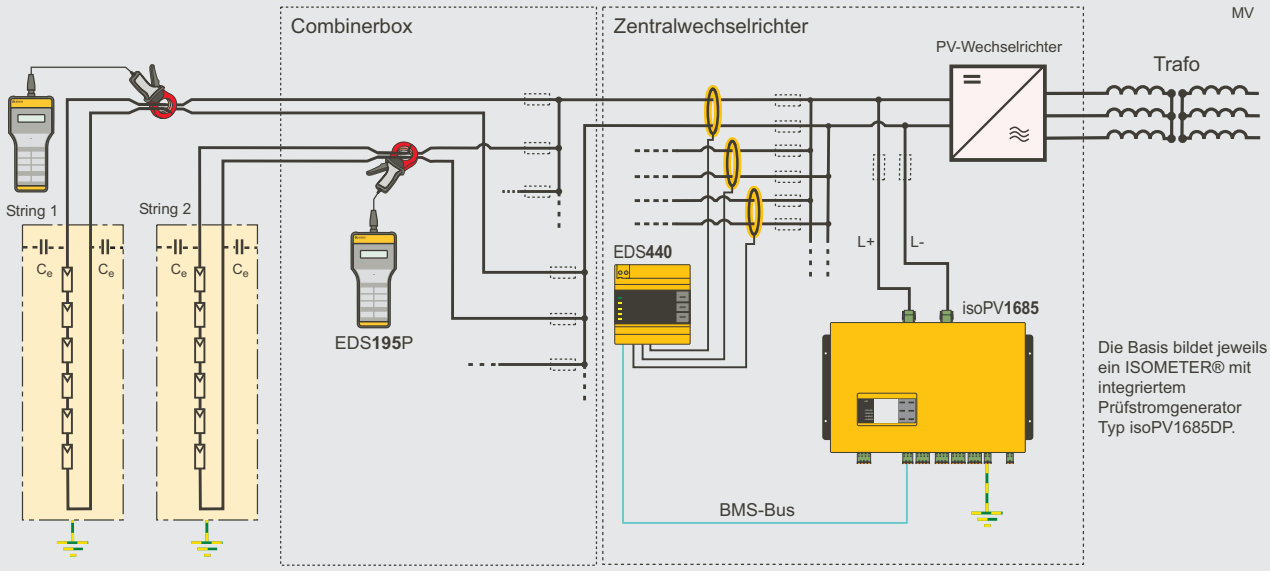


Bild 9: Isolationsfehlersuche mittels fest verbauten Stromwandlern und/oder mobilen Messzangen.

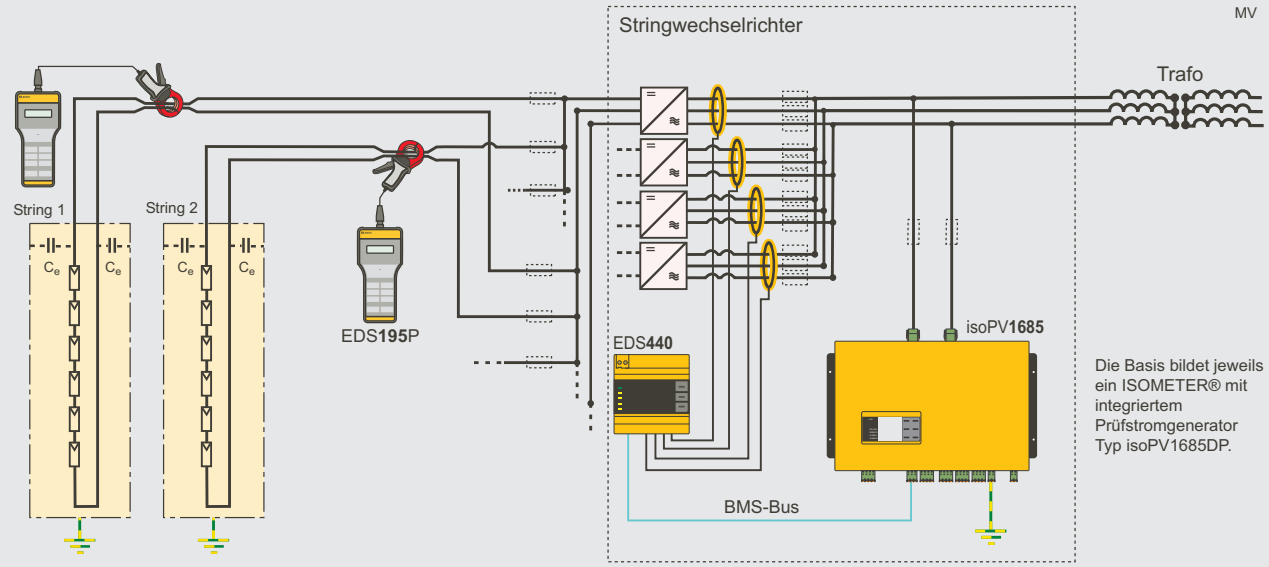


Bild 10: Isolationsfehlersuche mittels fest verbauten Stromwandlern und/oder mobilen Messzangen.



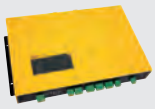
Bild 11: Mobile Messzange

Produkte für PV-Applikationen

ISOSCAN®		
Produkt		
	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	—	—
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
	20x30	WS20x30	B98080601
teilbar	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

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	—	—	Prüfstromgenerator
Modbus	RTU	RTU	RTU
BMS	✓	✓	✓
isoData	✓	✓	✓
Artikelnummer	B9036303	B91065603	B91065808



Zuverlässigkeit beginnt mit Optec.

DAMIT IHRE SYSTEME ZUVERLÄSSIG LAUFEN.

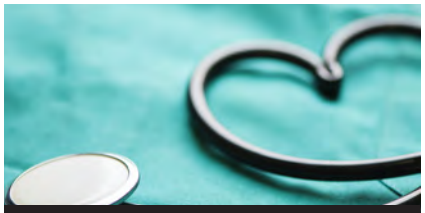
Strom ist heute die Lebensader jeder modernen Infrastruktur. Ob Spital, Tunnel, Bergbahn oder Serverraum: Ohne Strom steht alles still. Unsere Aufgabe ist es, diese Stromversorgung zuverlässig und sicher zu machen.

WIR SCHÜTZEN MENSCHEN, ANLAGEN UND INVESTITIONEN.

Mit unseren Lösungen sorgen wir für eine sichere Stromverteilung und frühzeitige Fehlererkennung. So vermeiden wir Ausfälle, Schäden und hohe Folgekosten – und schaffen Sicherheit für Menschen und Systeme.

TECHNOLOGIE FÜR ANSPRUCHSVOLLE BRANCHEN.

Unsere Systeme kommen überall dort zum Einsatz, wo Strom nicht ausfallen darf. Zum Beispiel in:



Gesundheitswesen



Rechenzentrum



Elektrizitätswerke



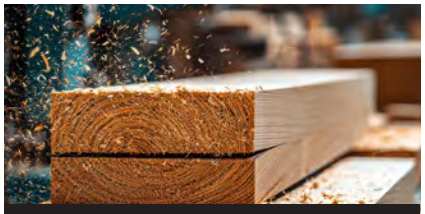
Erneuerbare Energien



Bergbahnen



Gastgewerbe & Hotel



Holzverarbeitungsindustrie



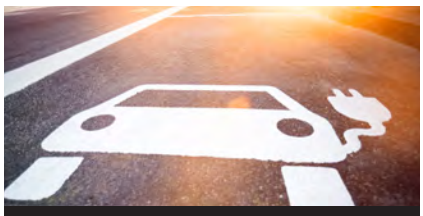
Industrie & Maschinenbau



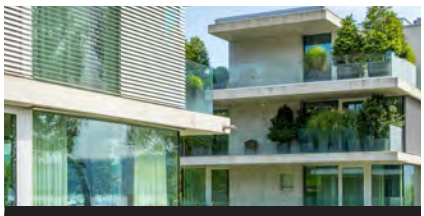
Chemie & Pharma



Transport & Logistik



Eletromobilität



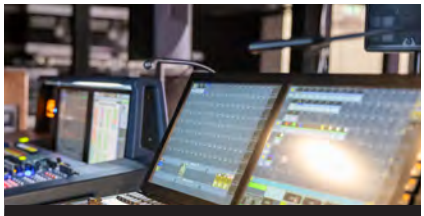
Verwaltung & Immobilien



Nahrungsmittel- & Getränke-industrie



Banken, Versicherungen & öffentliche Hand



Studio- & Veranstaltungs-technik

Energie ist messbar.
Kunden-
zufriedenheit
auch.

Kontaktieren Sie uns

Optec AG

Guyer-Zeller-Strasse 14
CH-8620 Wetzikon ZH

+41 44 933 07 70
info@optec.ch
www.optec.ch

0709_Photovoltaik / 2025 /
© Optec AG - Änderungen vorbehalten! Wir übernehmen keine Haftung für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität der in dieser Broschüre wiedergegebenen Informationen.

optec
energie ist messbar