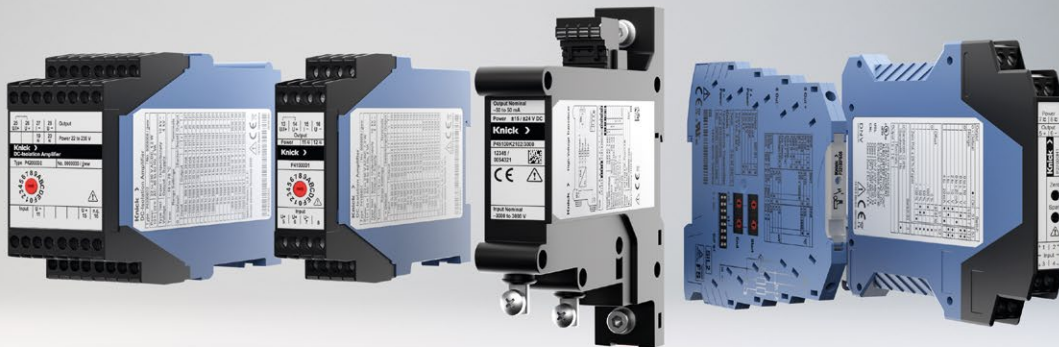


# Zuverlässige Mess- und Prüftechnik in Hochspannungsumgebungen Anwendungen in der Energiebranche



**THE ART  
OF MEASURING**

**Wenn Genauigkeit auf  
Langzeitstabilität trifft –  
mit den Hochspannungs-  
Trennverstärkern und  
Messumformern von  
Knick sind Sie selbst  
bei anspruchvollsten  
Anwendungen auf der  
sicheren Seite, ob in der  
Energieerzeugung,  
-übertragung, -verteilung  
oder -speicherung.**



## **Why Knick?**

Seit über 80 Jahren entwickelt Knick Lösungen für die Strom-, Spannungs-, Temperatur- und Drehzahlmessung. Trennverstärker und Messumformer von Knick liefern die für nachgelagerte Prozesse benötigten Signale, stets störungsfrei und hochgenau.

Dank jahrzehntelanger Erfahrung in den Bereichen der analogen Signalverarbeitung, funktionalen Sicherheit sowie elektromagnetischen Verträglichkeit schafft Knick die Grundlage für sichere, zuverlässige Systeme – auf allen Ebenen der Energieinfrastruktur.





## Inhalt

### **Knick – Elektrische Mess- und Regeltechnik**

Seite 4

### **Von der Kernenergie bis zu grünem Wasserstoff**

Seite 5

### **Energieerzeugung**

#### **Strom- und Spannungsmessung bei Synchrongeneratoren**

Seite 6 – 7

#### **Temperaturmessung in Wasser- und Dampfkreisläufen von Kernkraftwerken**

Seite 8 – 9

#### **Strom- und Spannungsüberwachung in Photovoltaikanlagen**

Seite 10 – 11

#### **Überwachung der Leistungsdaten von Windenergieanlagen**

Seite 12 – 13

#### **Temperaturmessung in Generatoren von Windenergieanlagen**

Seite 14 – 15

### **Energieverteilung und -übertragung**

#### **Erkennung von Fehlerströmen in DC-Unterwerken im Schienenverkehr**

Seite 16 – 17

#### **Spannungsstabilisierung im Versorgungsnetz**

Seite 18 – 19

#### **Überwachung und Regelung in Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsanlagen**

Seite 20 – 21

### **Energiespeicherung**

#### **Spannungsüberwachung in Elektrolyseuren und Brennstoffzellenanlagen**

Seite 22 – 23

#### **Monitoring von Großbatteriesystemen**

Seite 24 – 25

#### **Produktübersicht und geeignete Anwendungsbereiche**

Seite 26

# Knick – Elektrische Mess- und Regeltechnik

Entwickelt und hergestellt in Deutschland

**Knick zählt seit über 80 Jahren zu den führenden Herstellern für elektronische Messgeräte. Hochspannungs- und Universal-Trennverstärker des in Berlin ansässigen Unternehmens kommen weltweit in unterschiedlichsten Bereichen erfolgreich zum Einsatz – z. B. in der Bahnindustrie, in der Leistungselektronik und bei Hochspannungsmotoren.**

Bereits 1945 erfand Dipl.-Ing. Ulrich Knick den ersten nullpunkt-konstanten Gleichspannungsverstärker der Welt, seinerzeit eine absolute Neuheit. Seitdem entwickelt, fertigt und vertreibt Knick hochwertige elektronische Messgeräte.

Kennzeichnend für Hochspannungs-Trennverstärker aus dem Hause Knick sind eine langzeitstabile Messgenauigkeit sowie außergewöhnlich zuverlässige Strom- und Spannungsmessungen bei extrem hohen Isolierungsanforderungen bis hin zu 4.800 V AC/DC Dauerspannung.

Messumformer und Signalvervielfacher trennen die 3 Ports des Eingangs-, Ausgangs- und Versorgungstromkreises standardmäßig galvanisch voneinander. Die 3-Port-Trennung schützt zuverlässig vor Messfehlern durch Erdschleifen und Störspannungverschleppung. Eingangs- und Ausgangsstromkreis können unter Berücksichtigung der zulässigen Betriebsspannung mit jedem beliebigen Potential verbunden werden.

Das grenzt Knick von jenen vielen anderen Herstellern ab, bei deren Messumformern das Ausgangssignal mit der Hilfsenergie galvanisch verbunden ist. Knick integriert diese Funktionen und Merkmale in ein breites Produktportfolio, ist jedoch ebenfalls in der Lage, je nach Anwendungsbedarf kundenspezifische Lösungen zu entwickeln.

## Präzision und Verlässlichkeit – Made in Germany



### Pioniergeist

Neue Maßstäbe durch Know-how und Technik – Damals wie heute unser Antrieb.



### Performance

Optimale Lösungen für anspruchsvolle Bedingungen – Herausforderungen sind unser Ansporn.



### Präzision

Ausgefeilte Technik und akribische Verifizierungen – Genauigkeit ist unser Anspruch.



### Premium-Qualität

Hochwertige Materialien und herausragende Zuverlässigkeit – ausgezeichnete Produkte sind unser Angebot.

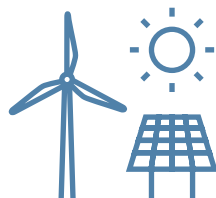
# Von der Kernenergie bis zu grünem Wasserstoff

## Interface-Technik für eine moderne Energieinfrastruktur

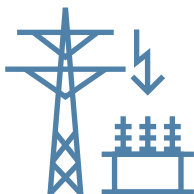
Energiesysteme befinden sich weltweit in einem tiefgreifenden Wandel. Der Ausbau erneuerbarer Energien schreitet unaufhörlich voran und verringert die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern. Ein Transformationsprozess, der neue Anforderungen an die Flexibilität, Stabilität und Struktur unserer Versorgungsnetze stellt – sowie an die zur Überwachung und Steuerung eingesetzte Messtechnik.



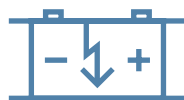
**Konventionelle  
Energieerzeugung**



**Erneuerbare  
Energien**



**Energieübertragung  
und -verteilung**

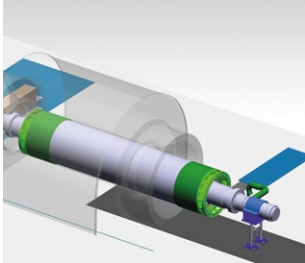


**Energiespeicherung**

Wie gelingt eine erfolgreiche Umstellung der globalen Energieversorgung hin zur „All Electric Society“, hin zu einer CO<sub>2</sub>-neutralen Welt? Eine Schlüsselrolle kommt der ausgewählten Messtechnik in Anwendungen zu: Sie muss nicht nur hochgenau sein, sondern auch robust und langzeitstabil. Eine galvanisch getrennte Übertragung der Messwerte stellt darüber hinaus den Schutz von Mensch und Anlage sicher. Abschließend ist eine verzögerungsarme und unverzerrte Signalbereitstellung entscheidend für die Effizienz und Regelungsgüte vieler Prozesse.

Die Hochspannungs-Trennverstärker und Messumformer von Knick bewähren sich seit Jahrzehnten in Applikationen der Energieerzeugung-, -übertragung, -verteilung und -speicherung. Das Anwendungsspektrum unserer Produkte der Interface-Technik ist enorm: Die Strom- und Spannungsmessung in Synchrongeneratoren, das Monitoring von Großbatteriesystemen oder die Überwachung der Leistungsdaten von Windenergieanlagen sind nur ein kleiner Teil der Anwendungen, in denen Knick mit seinen Produkten auf den folgenden Seiten eindrucksvoll zeigt:

### THE ART OF MEASURING



# Strom- und Spannungsmessung bei Synchrongeneratoren

## Präzise Messwertübertragungen in Erregersystemen

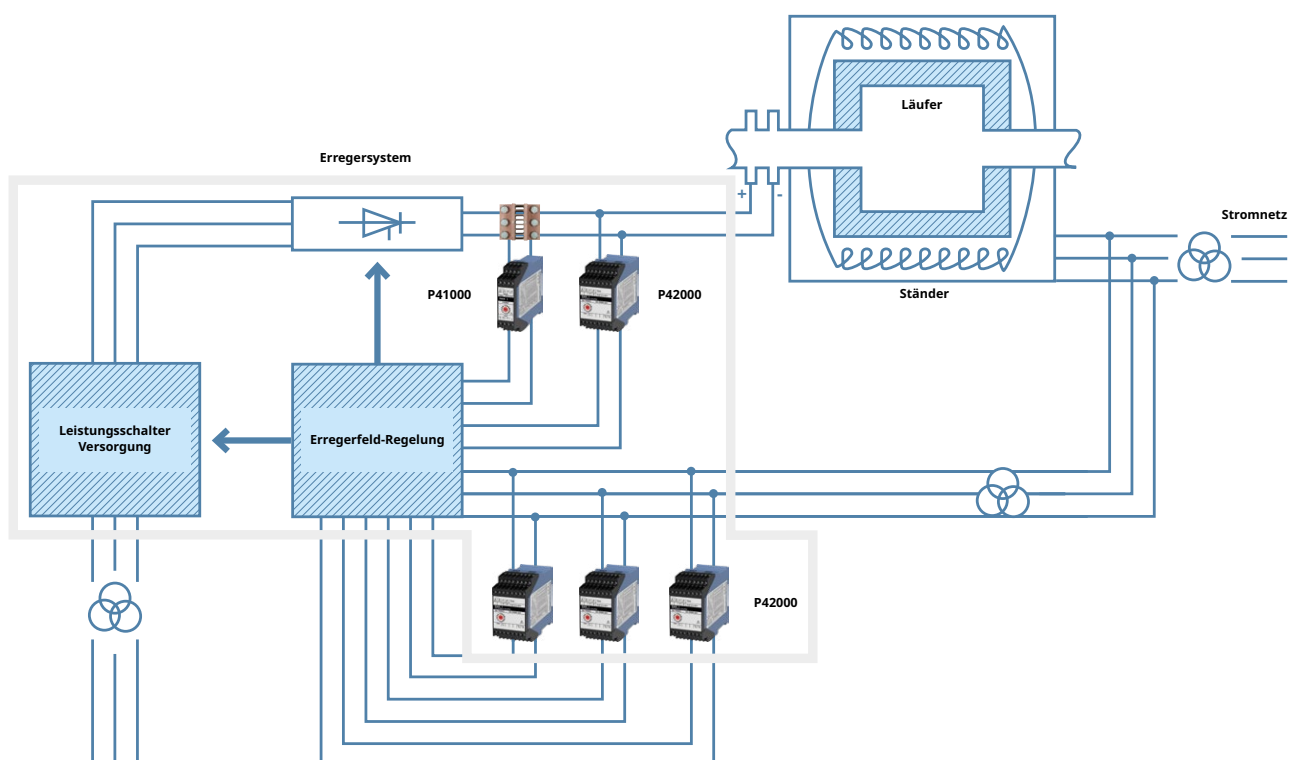
Wärme- und Wasserkraftwerke leisten einen **signifikanten Beitrag** den weltweiten **Energiehunger zu stillen**. Eine **wesentliche Komponente dieser Anlagen bildet der Synchrongenerator**, der für **Stabilität in unseren Stromnetzen** sorgen.

Kein einfaches Unterfangen, denn im Netz auftretende **Frequenz- und Spannungsschwankungen** erfordern **dynamische Erregersysteme auf Erzeugerseite**, die **umgehend auf Leistungsänderungen reagieren müssen**. Gelingt dies nicht, birgt das **erhebliche Risiken für den Kraftwerksbetrieb** – von **schweren Schäden an Generatoren** bis hin zum **kompletten Ausfall der Anlage**.

### Hohe Anforderungen an heutige Erregersysteme

Erregersysteme bewältigen in Synchronmaschinen anspruchsvollste Aufgaben, um einerseits die Generatorleistung zu optimieren und andererseits Schäden oder Ausfälle abzuwenden: Sie versorgen die Läuferwicklungen moderner Generatoren mit Gleichströmen bis 10.000 A. Angesichts derartig großer Ströme erfordern Erregersysteme eine ausreichende Isolation nach IEEE 421. Des Weiteren weisen sie eine hohe Regeldynamik auf, um abrupte Lastwechsel durch die Zu- und Abschaltung großer Verbraucher in kürzester Zeit kompensieren zu können.

Damit eine präzise und reaktionsschnelle Steuerung der Synchronmaschine gelingt, überwachen Erregersysteme zudem alle relevanten Größen – wie beispielsweise Erregerströme und Generatorklemmenspannungen.



### Langzeitstabile Lösungen für eine unterbrechungsfreie Stromproduktion

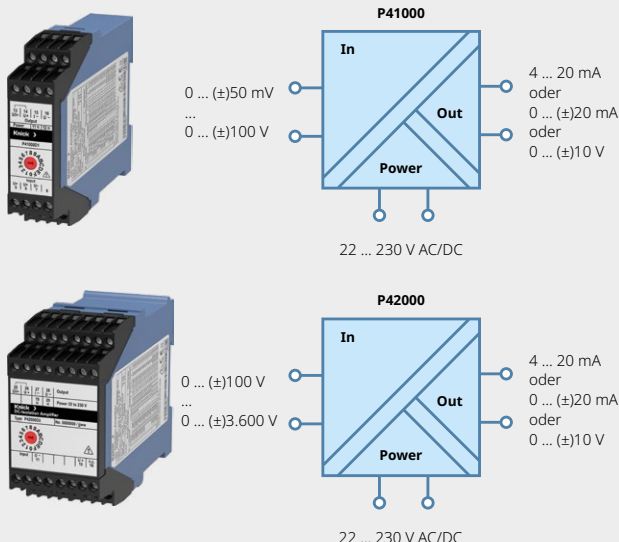
Zur Überwachung der Erregerströme bieten sich Messumformer der Serie P41000 an. Die Strommessung erfolgt hierbei über den Spannungsabfall am Shunt-Widerstand, dessen Anschlussleitungen permanent auf potenzielle Leiterbrüche überprüft werden. Ein Verstärkungsfehler von  $< 0,1 \%$  des Messwerts sowie eine  $T_{90}$ -Ansprechzeit von  $< 110 \mu s$  stellen eine genaue und nahezu verzögerungsfreie Übertragung des ausgehenden Normsignals sicher. Das ermöglicht der Erregerfeld-Regelung schnell auf mögliche Laständerungen zu reagieren und den Generator optimal anzusteuern.

Die Messung der Generatorklemmenspannung erfolgt durch Hochspannungs-Messumformer der Serie P42000. Der Trennverstärker ermittelt die Ausgangsspannung des Generators und überträgt anschließend ein Normsignal verzerrungsfrei an das Regelsystem – mit einem Verstärkungsfehler von  $< 0,3 \%$  sowie einer  $T_{90}$ -Ansprechzeit von  $< 110 \mu s$ . Die Erregerfeld-Regelung ist dadurch in der Lage, Messwertabweichungen über die Spannung an den Läuferwicklungen zu korrigieren und die Ausgangsspannung der Synchronmaschine konstant zu halten.

### Why Knick?

Die Hochspannungs-Messumformer der P40000-Familie bewähren sich seit vielen Jahren bei der Strom- und Spannungsmessung. Ihre Basisisolierung hält Dauerspannungen bis 3.600 V DC stand, sowie transienten Überspannungen bis zu 20.000 V. Zudem sind präzise Messungen bis 20.000 A möglich. Die Produktfamilie verfügt über eine außergewöhnlich hohe MTBF von 2.700 Jahren – basierend auf unabhängig ermittelten Felddaten. Abseits der herausragenden technischen Daten eignen sich P41000 sowie P42000 zur Montage auf Tragschienen – und sind dank einer Breite von nur 45 mm bzw. 22,5 mm äußerst platzsparend.

**5 Jahre Garantie**



### Produkthighlights P41000 und P42000

- Präzise Messung hoher Gleichspannungen und Strömen bis 3.600 V DC bzw. 20.000 A
- Permanentes Shunt-Monitoring zur Leiterbrucherkennung (bei P41000)
- Außergewöhnlich hohe MTBF von 2.700 Jahren, basierend auf Felddaten
- Verzerrungsfreie Signalübertragung durch hohe Grenzfrequenzen
- Sehr geringer Verstärkungsfehler  $< 0,1 \%$  vom Messwert (Strom) bzw.  $< 0,3 \%$  vom Messwert (Spannung)



# Temperaturmessung in Wasser- und Dampfkreisläufen von Kernkraftwerken

## Trennverstärker mit kerntechnischer Zulassung für sicherheitsbezogene Mess-, Steuer- und Regelkreise

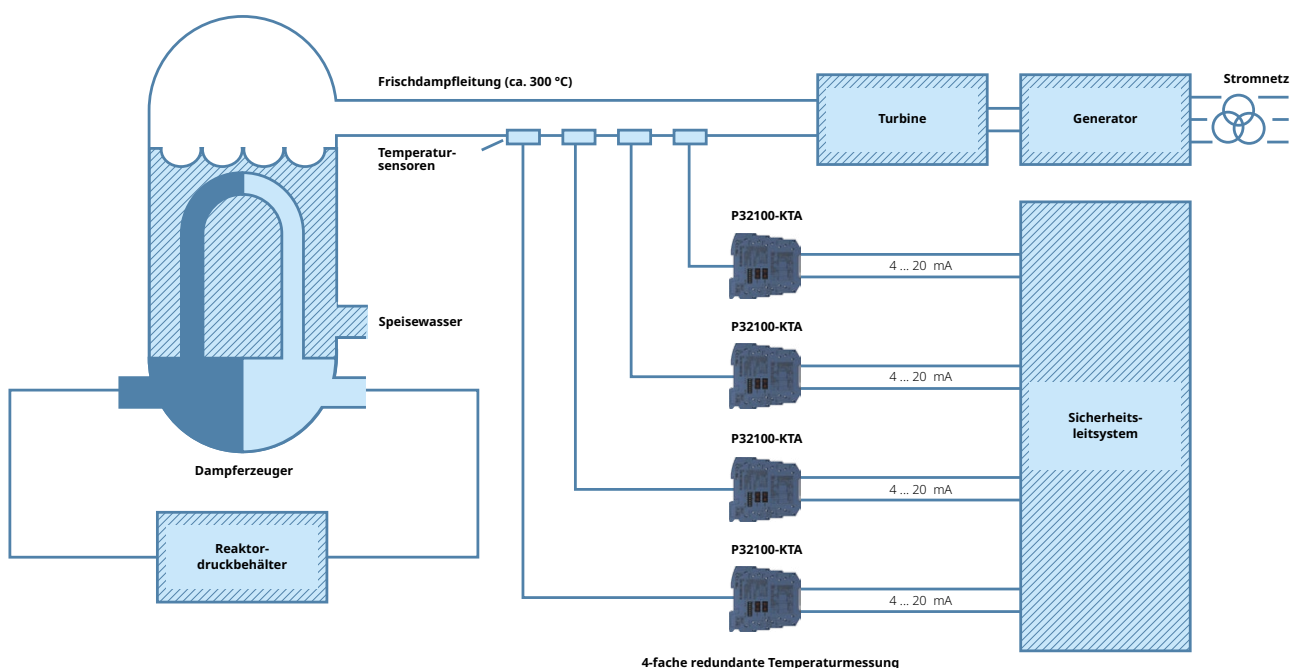
Kernkraftwerke können einen wichtigen Beitrag zum Erreichen der Klimaziele leisten – denn KKWs sind in der Lage, zuverlässig elektrische Energie zu produzieren. Ein effizienter und sicherer Betrieb der Anlage erfordert dabei die stetige Überwachung kritischer Parameter wie der Temperatur.

Schwankungen können zu einer Leistungsbeeinträchtigung führen, in gravierenden Fällen gar zu einer Gefährdung der Sicherheit. Infolgedessen stellen KKW-Betreiber höchste Anforderungen an die zur Temperaturüberwachung eingesetzten Messumformer.

### Sicherheit hat höchste Priorität

In einem Kernkraftwerk werden an zahlreichen Messpunkten Temperaturen überwacht. Um die Zuverlässigkeit der Messungen zu erhöhen, setzen Anlagenbetreiber hierbei auf das Prinzip der Redundanz.

Der Einsatz von mehreren Sensoren und Messumformern zielt darauf ab, fehlerhafte Messungen sowie den Ausfall von Geräten automatisch festzustellen. In der Konsequenz können sicherheitskritische Situationen nicht nur erkannt, sondern auch umgehend verhindert werden.



### Zuverlässige Lösungen seit über 50 Jahren

Die Messumformer der Baureihe P32100-KTA bieten seit Jahren eine zuverlässige und flexible Lösung zur Temperaturmessung in Kernkraftwerken. Sie entsprechen den Vorgaben und Normen des deutschen Kerntechnischen Ausschuss, sind gemäß KTA 3503 zertifiziert und erfüllen durch ihre speziell ausgerichtete Hard- und Software die Vorgaben zur funktionalen Sicherheit gemäß IEC 61508.

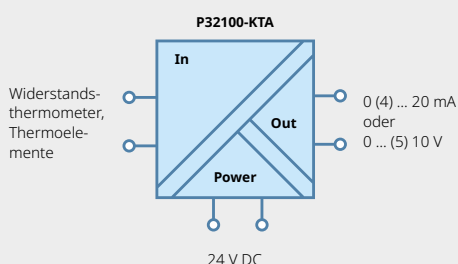
P32100-KTA sind dank Anschlussmöglichkeiten für alle gängigen Thermoelemente und Widerstandsthermometer flexibel einsetzbar, etwa zur Temperaturüberwachung des Sekundärkreislaufs. Der Messwert des Sensors wird präzise in ein Normsignal übersetzt und galvanisch getrennt an das Sicherheitsleitsystem (SLS) übertragen. Infolgedessen kann das SLS selbst auf kleinste Temperaturabweichungen im Kreislauf reagieren und entgegensteuern.

### Why Knick?

Knick liefert seit über 50 Jahren sichere Messumformer und Trennverstärker für Nuklearanlagen. Neben Temperatur-Messumformern umfasst das Sortiment Standard- und Universal-Trennverstärker, Signalvielfacher sowie AC- und auch DC-Messumformer, die durch Typprüfungen gemäß KTA 3503 oder KTA 3505 für den Einsatz in sicherheitsbezogenen Mess-, Steuer- und Regelkreisen in Kernkraftwerken zugelassen sind. Knick unterhält ein QM-System nach ISO 9001 sowie für Anwendungen in der Kernenergie nach KTA 1401 und ISO 19443.

**5 Jahre Garantie**

**KTA approved**



### Produkthighlights P32100-KTA

- Anerkannter, typgeprüfter Temperaturmessumformer für nukleare Anwendungen
- Flexibel einsetzbar mit allen gängigen Thermoelementen und Widerstandsthermometern
- Erfüllt die Anforderungen für den Einsatz in sicherheitsbezogenen Mess-, Steuer- und Regelkreisen von Kernenergieanlagen
- Gemäß EN 61508 zertifiziert für SIL 2 bzw. SIL 3 im redundanten Betrieb
- Genügeföhrte Parametrierung über IrDA-Schnittstelle
- Minimaler Platzverbrauch im Schaltschrank (Anreihgehäuse nur 6 mm breit)



# Strom- und Spannungsüberwachung in Photovoltaikanlagen

## Einsparung von dezentralen Messstellen in Solarparks

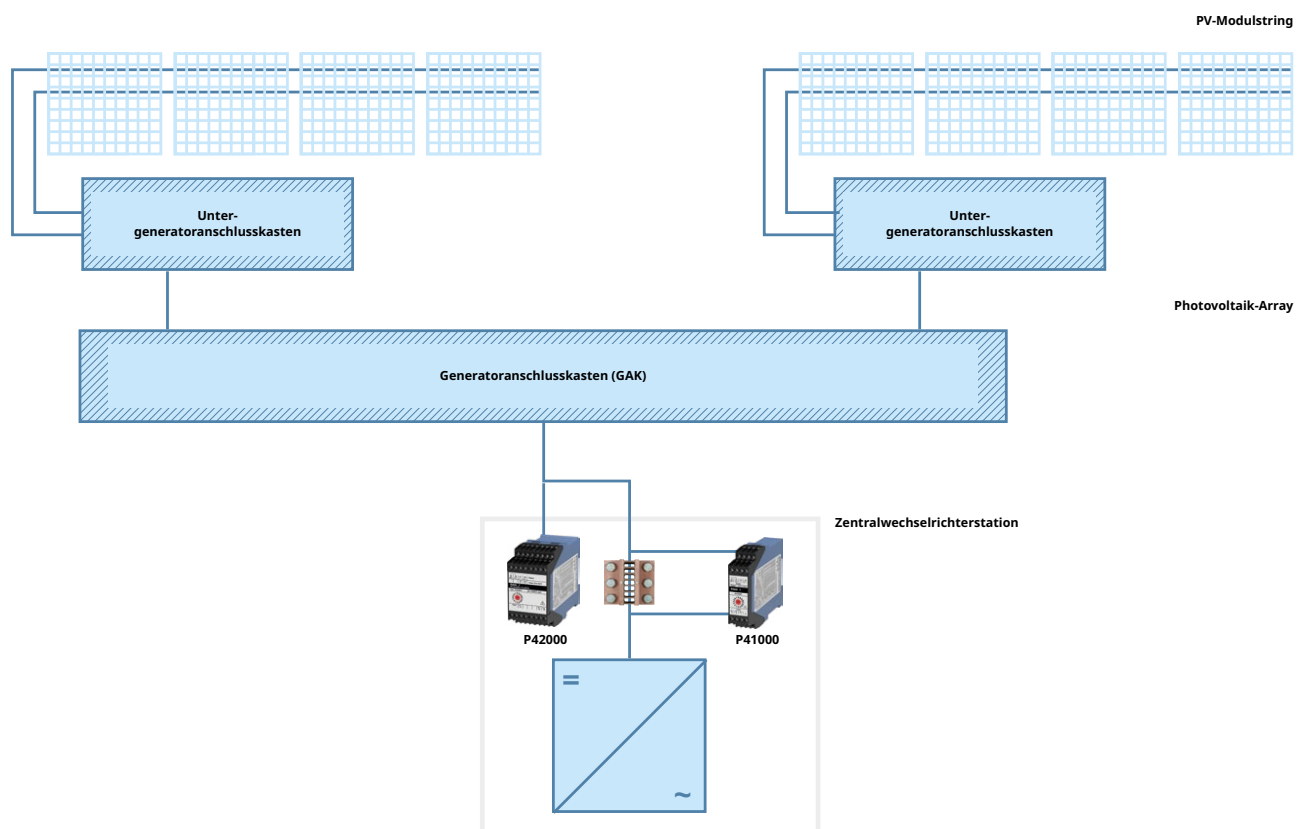
Solarparks sind ein wesentlicher Bestandteil der weltweiten Energiewende. Infolgedessen schreitet ihr Ausbau unaufhörlich voran. Dabei steht für Anlagenbetreiber stets die Effizienz ihres Solarparks im Vordergrund: höhere Leistungen und bessere Wirkungsgrade bei gleichzeitig geringen Kosten.

Die Umstellung der Systemspannung von 1.000 V DC auf 1.500 V DC erscheint wie eine logische Konsequenz. Aus wirtschaftlicher sowie sicherheitstechnischer Sicht könnten Betreiber hier insbesondere vom Einsatz hochwertiger Hochspannungs-Messtechnik in den Wechselrichterstationen profitieren.

### Wechselrichter – das Herzstück jeder Photovoltaikanlage

Wechselrichter sind eine zentrale Komponente eines jeden Solarparks. Sie wandeln den Gleichstrom der PV-Module in Wechselstrom um und speisen ihn anschließend in unser Stromnetz ein. Zudem überwachen Wechselrichter grundlegende Parameter der Anlage – wie Spannungen, Ströme und Leistungen.

Daten, die u. a. für das Maximum Power Point Tracking – kurz MPPT – unerlässlich sind, denn mit Hilfe des Verfahrens lässt sich die Leistung einzelner Solarzellen optimieren. Darüber hinaus stellen die in den Wechselrichterstationen eingesetzten Messumformer Leistungsabfälle durch Leitungsunterbrechungen sowie andere Störungen frühzeitig fest.



### Einsparung dezentraler Messstellen

Setzen Anlagenbetreiber in ihren Wechselrichterstationen auf präzise Hochspannungs-Messumformer, lässt sich die Überwachung in vielen Fällen zentralisieren. Das spart Kosten und reduziert bisherige Messstellen an jedem String – einer Reihe von in Serie geschalteten PV-Modulen.

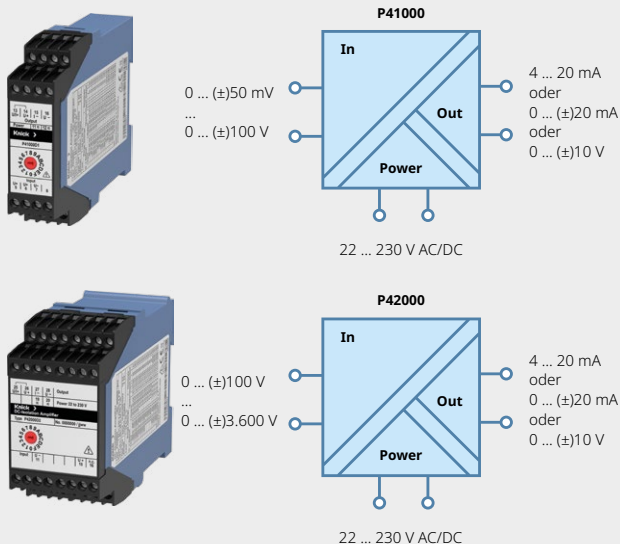
Messumformer der Serie P41000 überwachen Ströme mit einem Verstärkungsfehler von  $< 0,1 \%$  sowie einer  $T_{90}$ -Ansprechzeit von  $< 110 \mu s$  – und übertragen den ermittelten Messwert nahezu verzögerungsfrei als Normsignal an den Wechselrichter. Das Ergebnis ist eine exakte Summenstrommessung, die es Anlagenbetreibern ermöglicht, minimale Abweichungen rechtzeitig zu erkennen und den Grund der Störung im PV-Feld leicht zu lokalisieren.

Zur Überwachung der (String-)Spannung haben sich die Messumformer der Serie P42000 bewährt. Aufgrund ihres geringen Verstärkungsfehlers von  $< 0,3 \%$  und einer  $T_{90}$ -Ansprechzeit von  $< 110 \mu s$  garantieren P42000 präzise Messwerte mit denen Leistungsverluste und potenzielle Gefahren wie Überlastungen oder Kurzschlüsse umgehend erkannt werden.

### Why Knick?

Die Hochspannungs-Messumformer der P40000-Familie haben ihre Zuverlässigkeit bei der Strom- und Spannungsüberwachung in Solarparks bereits bewiesen. Ihre verstärkte Isolierung bis 1.800 V eignet sich bestens für PV-Anlagen mit Systemspannungen von 1.500 V und garantiert die Unversehrtheit des Personals sowie den Schutz von nachgeschalteten Regel- und Auswertesystemen. Zudem verfügt die Produktfamilie über eine außergewöhnlich hohe MTBF von 2.700 Jahren – basierend auf unseren Felddaten.

**5 Jahre  
Garantie**



### Produkthighlights P41000 und P42000

- Einsparung dezentraler Messstellen durch hochgenaue zentralisierte Strom- und Spannungsmessungen
- Sehr geringer Verstärkungsfehler  $< 0,1 \%$  vom Messwert (Strom) bzw.  $< 0,3 \%$  vom Messwert (Spannung)
- Sichere Trennung durch verstärkte Isolierung bis 1.800 V AC/DC
- Hält Betriebsumgebungstemperaturen von  $-10$  bis  $+70 \text{ °C}$  stand
- Außergewöhnlich hohe MTBF von 2.700 Jahren, basierend auf Felddaten



# Überwachung der Leistungsdaten von Windenergieanlagen

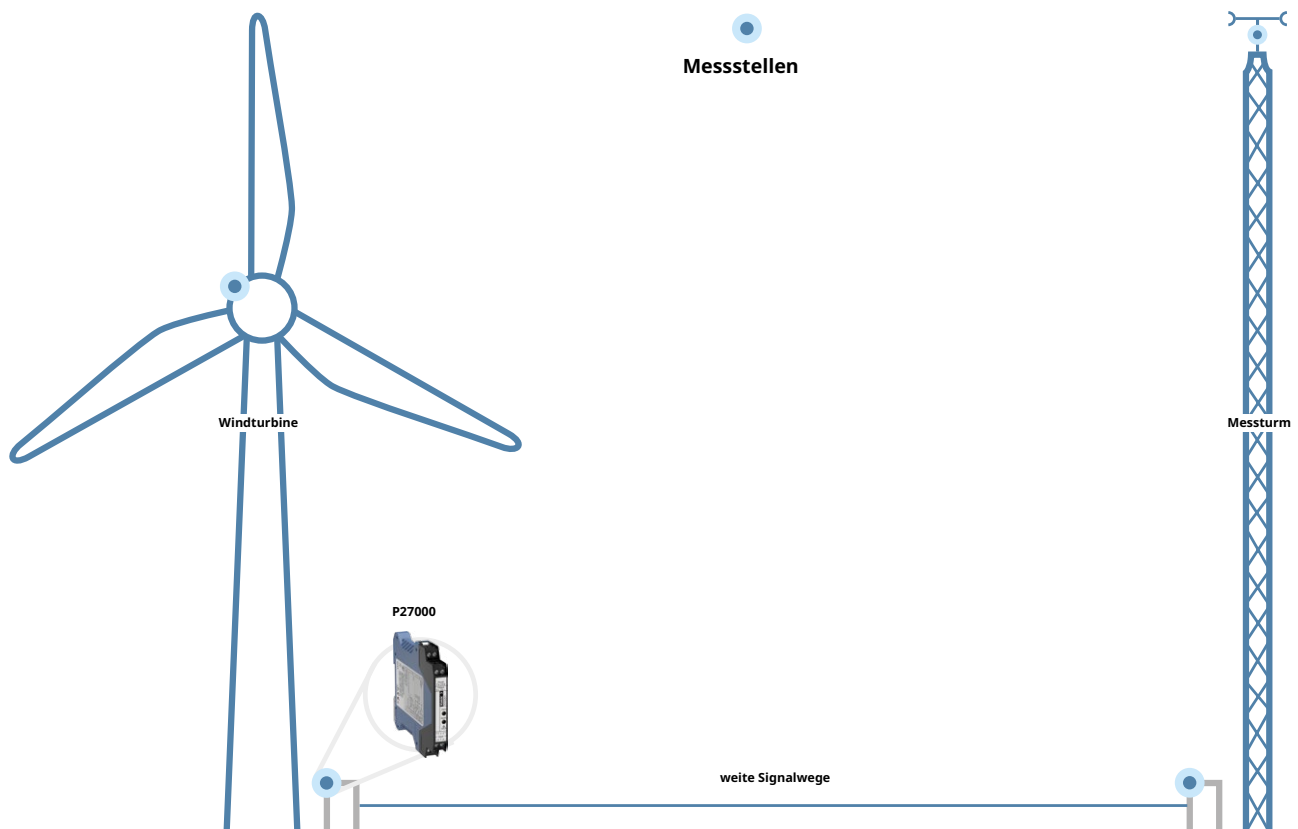
## Potentialfreie Messdatenübertragung über große Entfernungen

Die Leistungsdaten von Windenergieanlagen (WEA) bilden eine zentrale Grundlage, um ihre Effizienz zuverlässig bewerten zu können. Damit sich die Daten aussagekräftig einordnen lassen, werden sie mit den Messwerten eines in größerer Entfernung errichteten Messturms verglichen, der als unabhängige Referenz dient.

Der Leistungsnachweis einer WEA erfolgt über einen langen Zeitraum – eine knifflige Aufgabe für die eingesetzte Messtechnik, die hier maßgeblich von einer hohen Robustheit und Langzeitstabilität profitiert.

### Technisch anspruchsvoll: die Datenübertragung zwischen WEA und Messturm

Erfolgreich erfasste Messdaten werden in der Regel über teils mehrere hundert Meter Entfernung zwischen der Windenergieanlage und dem Messturm übertragen. Die Signalübermittlung auf größere Distanzen birgt einige Herausforderungen, etwa unterschiedliche Erdpotentiale oder auftretende Überspannungen. Diese können zu Störungen oder gar Schäden an der Messtechnik führen und somit die Bewertung der Windenergieanlage beeinträchtigen.



Für Messungen kommen deshalb Trennverstärker mit geringer Ausfallrate zum Einsatz, die eine galvanische Trennung zwischen Signalquelle und Auswerteeinheit gewährleisten. Gleichzeitig werden uni- sowie bipolare Signale unterschiedlicher Systeme – z.B. Datenlogger oder SCADA – zur Weiterverarbeitung in einheitliche Normsignale gewandelt.

### Robust, langzeitstabil und universell einsetzbar: die Serie P27000

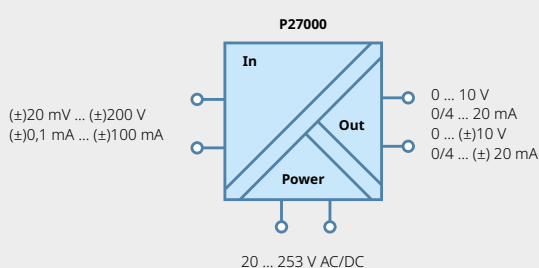
Bei der Überwachung der Leistungsdaten haben sich die Universal-Trennverstärker der Serie P27000 als optimale Lösung bewährt. Mit einer mittleren Betriebsdauer zwischen Ausfällen (MTBF) von 3.941 Jahren – basierend auf Felddaten – weist die Baureihe eine hohe Verfügbarkeit auf und minimiert das Risiko kostspieliger Unterbrechungen bei Messreihen über längere Zeiträume.

Dank eines Verstärkungsfehlers von  $< 0,08 \%$  und einen Temperaturkoeffizienten von  $< 0,005 \%/K$  vom Messbereichsendwert liefern P27000 konstant präzise Messergebnisse, auch bei stark schwankenden Umgebungstemperaturen.

## Why Knick?

Mit 480 kalibriert umschaltbaren Messbereichen und einem Weitbereichsnetzteil für alle gängigen Versorgungsspannungen ist P27000 das „Multimeter“ unter den Trennverstärkern. Die Serie garantiert eine nahezu perfekte sowie verzögerungsfreie Signalübertragung dank eines Verstärkungsfehlers von  $< 0,08 \%$  und einer  $T_{90}$ -Einstellzeit von  $70 \mu s$  (bei Einstellung einer Grenzfrequenz von  $10 \text{ kHz}$ ). Zudem verfügen die Trennverstärker über steckbare Schraubklemmen für eine einfache, zeitsparende Montage sowie eine kompakte Bauform.

**5 Jahre Garantie**



### Produkthighlights P27000

- Vielfältiges Anwendungsspektrum durch bis zu 480 kalibriert umschaltbare Eingangs-/Ausgangsbereiche
- Temperaturkoeffizient  $< 0,005 \%/K$  vom Messbereichsendwert
- Konstant hohe Übertragungsgüte
- Kein Nachjustieren erforderlich
- Geringe Verlustleistung ermöglicht hohe Packungsdichte
- Sehr geringer Verstärkungsfehler  $< 0,08 \%$



# Temperaturmessung in Generatoren von Windenergieanlagen

## Hochisolierende Temperaturmessumformer bieten Schutz bei Isolierungsdefekten

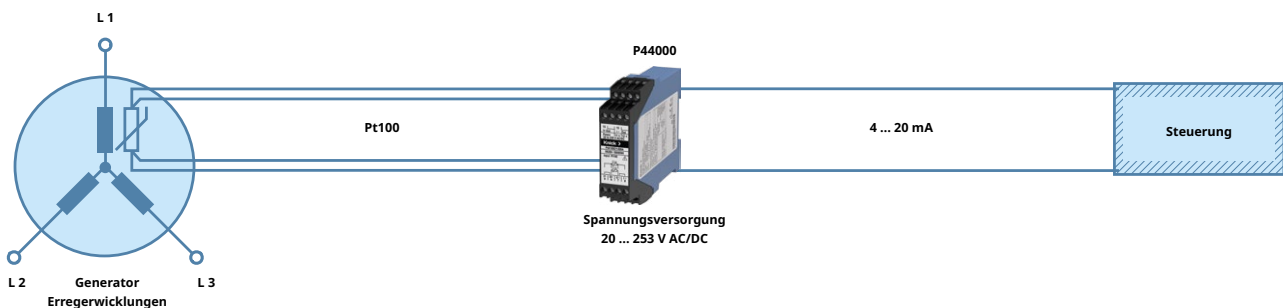
Die kontinuierliche Temperaturüberwachung in Generatoren von Windenergieanlagen (WEA) ist entscheidend für die präzise Regelung der Anlage. Denn eine gewünscht hohe Effizienz setzt ein zuverlässiges Temperaturmanagement voraus – insbesondere die Fähigkeit, einer thermischen Überlastung frühzeitig entgegenzuwirken.

Kommt es beim Temperatursensor am Generator zu einem Isolierungsfehler, droht ein Schaden an der Steuerung. Infolgedessen könnte die Pitch-Regelung der Rotorblätter ausfallen, was zu einer vollständigen Zerstörung der Anlage führen kann. WEA-Betreiber ziehen daher einen erheblichen Nutzen aus einer hochisolierten, robusten Messtechnik, die die Steuerung zuverlässig schützt und so Folgeschäden verhindert.

### Isolierungsdefekte – eine kostenintensive Gefahr

In getriebelosen Systemen, bei denen das Gondelgehäuse der Windenergieanlage als Stator dient und der Läufer direkt auf der Rotorwelle sitzt, erfolgt die Temperaturüberwachung direkt in den Polschuhen des Läufers. Zur Messung werden dort Nutenthermometer eingelassen. Da auch bei sorgfältig ausgeführten Isolierungen Verschleißeffekte auftreten können, besteht das Risiko, dass Nutenthermometer oder Zuleitungen mit dem hohen Potential einer Phase in Kontakt kommen und nachgeschaltete Steuerungssysteme gefährden.

Eine hohe Isolation der eingesetzten Messumformer ist deshalb eine unverzichtbare Grundvoraussetzung, um eine thermische Überlastung des Generators zu verhindern.



### Hochisolierend, vibrationsfest und kälteresistent

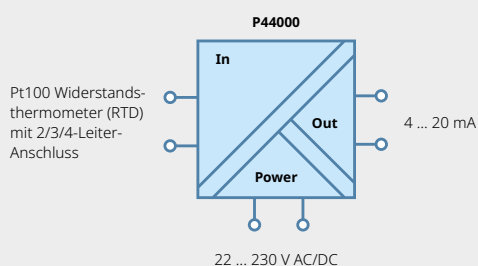
Die Temperatur-Messumformer der Serie P44000 haben ihre Robustheit bereits in unzähligen Applikationen weltweit unter Beweis gestellt. Sie sind für dauerhafte Arbeitsspannungen bis 6,6 kV DC ausgelegt und wandeln die Signale von Pt100-Nutenthermometern mit einem sehr geringen Messfehler von typisch  $\pm 0,5$  K in Normsignale um. Dies ermöglicht eine präzise sowie langzeitstabile Steuerung der Windenergieanlage.

Zudem sorgen der Vakuumverguss sowie die hohe Vibrations- und Schockfestigkeit der Messumformer für das nötige Maß an mechanischer Stabilität, das für eine Platzierung auf dem rotierenden Teil des Generators erforderlich ist.

### Why Knick?

Wo gängige Temperatur-Messumformer wegen unzureichender Isolation ungeeignet sind, finden weltweit die Pt100-Messumformer der Serie P44000 Anwendung. Knick ist imstande kundenspezifische Lösungen zu entwickeln, die wie im Anwendungsfall der Windenergieanlagen Umgebungstemperaturen von  $-40$  °C bis  $+85$  °C problemlos standhalten und trotz dieser extremen Bedingungen funktionstüchtig sind.

**5 Jahre  
Garantie**



### Produkthighlights P44000

- Einzigartig hohe Basisisolierung für Arbeitsspannungen bis zu 6,6 kV AC
- Langfristige Isolierungseigenschaften dank Vakuumverguss
- Vibrations- und Schockfestigkeit gemäß IEC 61373
- Geeignet für eine Umgebungstemperatur von  $-40$  °C bis  $+85$  °C
- Sehr geringer Messfehler von typisch  $\pm 0,5$  K



# Erkennung von Kurzschlussströmen in DC-Unterwerken im Schienenverkehr

## Optimierte Hochspannungs-Trennverstärker zur Erfassung schneller Stromanstiege

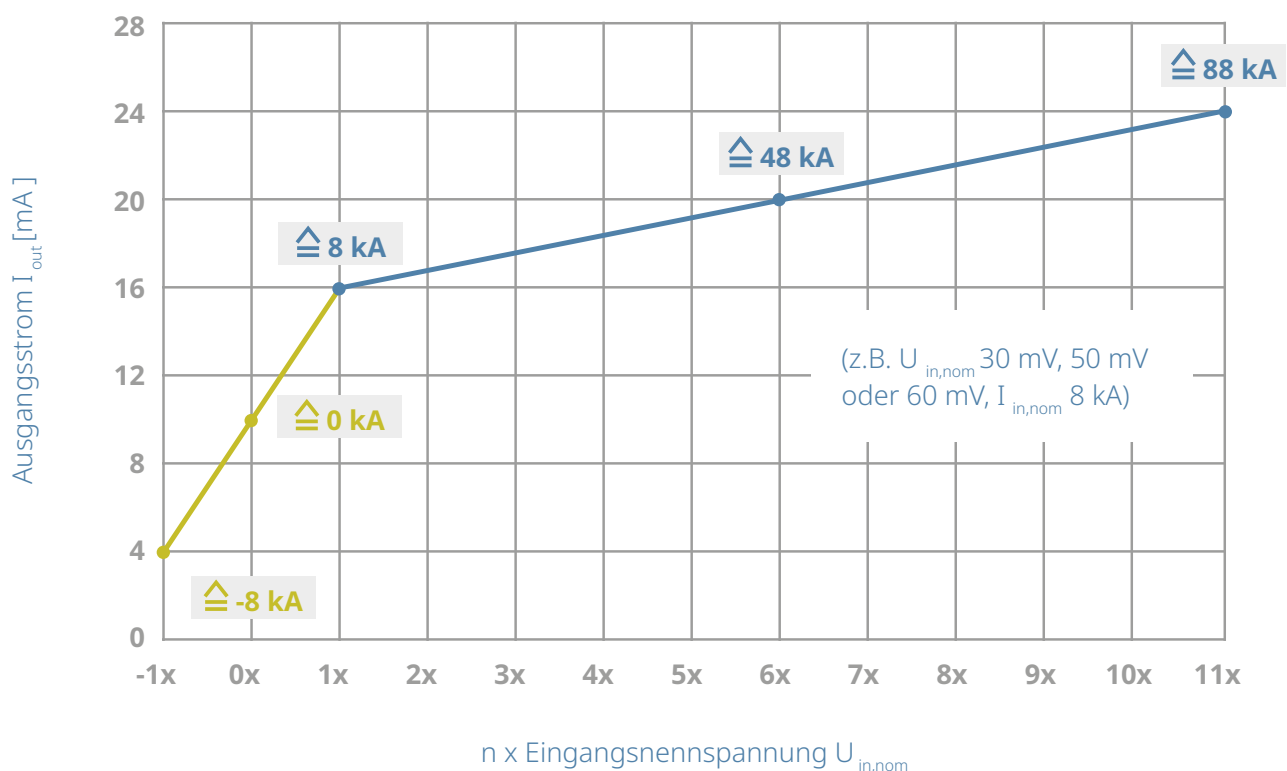
Schutzeinrichtungen in DC-Unterwerken spielen eine zentrale Rolle für die Betriebssicherheit der Bahnstromversorgung. Sie unterscheiden zuverlässig zwischen hohen Anfahrströmen von Schienenfahrzeugen und kurzschlussbedingten Fehlerzuständen. Um in sicherheitskritischen Situationen gezielt und schnell reagieren zu können, ist der Einsatz einer präzisen Messtechnik unerlässlich.

Trennverstärker nehmen dabei eine Schlüsselrolle ein: Sie müssen unterschiedliche Ströme und Fehler eindeutig erkennen und selbst bei schnellen Stromzunahmen eine verzerrungsfreie Signalübertragung gewährleisten.

### Frühzeitige Fehlererkennung – unverzichtbar für einen sicheren Bahnbetrieb

Leistungsschutzschalter in DC-Unterwerken müssen im Falle eines Kurzschlusses sowie bei der Bildung eines Lichtbogens sofort ansprechen und betroffene Netzabschnitte schnell und zuverlässig von der restlichen Bahnstromversorgung trennen. Nur so lassen sich thermische Überlastungen oder gar Brände verhindern.

Für eine hohe Anlagenverfügbarkeit und sicheren Regelbetrieb sind Hochspannungs-Trennverstärker entscheidend: Sie überwachen neben der Fahrdrathspannung die Höhe des eingespeisten Stroms als auch dessen Anstiegsgeschwindigkeit – und garantieren selbst unter anspruchsvollsten Betriebsbedingungen eine unverzerrte Signalübertragung.



## Zwei in einem: Adaptive Verstärkung für Nenn- und Überstrommessung

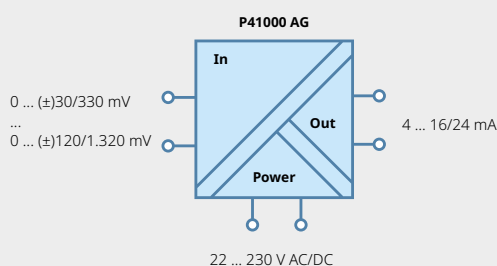
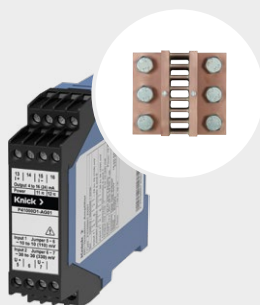
Die Hochspannungs-Trennverstärker der Serie P41000 bewähren sich seit Jahren weltweit in Systemen der Bahnstromversorgung. Die Ausführung P41000 AG (Adaptive Gain) ist in der Lage, neben regulären Fahrströmen Überlastströme zu messen. Dies wird stets in Kombination mit einem Shunt-Widerstand realisiert. Die Trennverstärker ermitteln Kurzschlussströme bis zum 11-fachen des Nennstroms mit ausreichender Genauigkeit.

Die in der Grafik abgebildete Übertragungskennlinie verdeutlicht die zwei unterschiedlichen Verstärkungsbereiche des Hochspannungs-Trennverstärkers – zum einen für den Regelbetrieb, zum anderen für den Überlastfall. Die kombinierte Funktionalität erspart Kunden den Einsatz zusätzlicher Trennverstärker und weiterer Messkanäle in nachgeordneten Schutzgeräten, die zur Ermittlung von Überströmen erforderlich wären. Des Weiteren bieten P41000 AG einen enormen Mehrwert bei der zustandsbezogenen Wartung von Schutzeinrichtungen, da die Überstrommessung im Regelfall bis zur Abschaltung erfolgen kann.

## Why Knick?

Ob für die Strommessung in DC-Unterwerken oder in elektrischen Prüfständen der Automobilindustrie – die Hochspannungs-Trennverstärker der Serie P41000 AG sind optimal für Strom- und Überstrommessungen geeignet. Sie bewähren sich seit vielen Jahren in tausenden Bahnstromversorgungssystemen weltweit, und überzeugen dort durch ihre hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit. Mit seiner hohen Gleichtaktunterdrückung, einem Verstärkungsfehler von  $< 0,1\%$  sowie einer Grenzfrequenz von 5 kHz liefern P41000 AG jederzeit eine außerordentlich präzise und stabile Signalübertragung.

**5 Jahre Garantie**



## Produkthighlights P41000 AG

- Speziell für Strommessung in DC-Unterwerken optimiert
- Kombinierte Messung von Fahrströmen im Regelbetrieb und Überlastströmen bis zum 11-fachen des Nennstroms
- Keine unerwünschten Störungen und stabile Messungen dank hoher Gleichtaktunterdrückung
- Unverzerrte Signalwiedergabe bei schnellen Stromanstiegen
- Permanentes Shunt-Monitoring zur Leiterbrucherkennung



# Spannungsstabilisierung im Versorgungsnetz

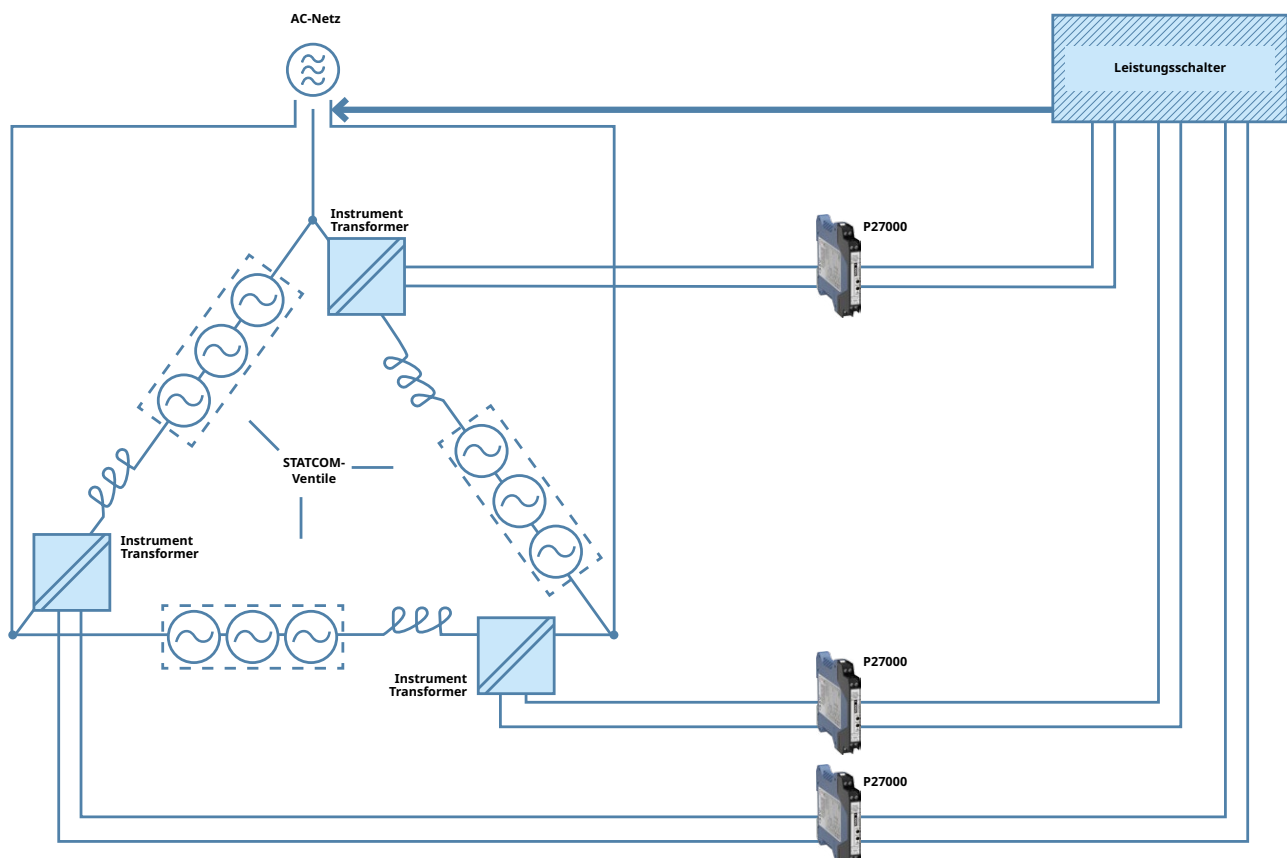
## Schutz von STATCOMs vor Kurzschlussströmen

Im Zuge der Energiewende gehen konventionelle Großkraftwerke nach und nach vom Netz. Ihre Abschaltung hinterlässt eine Lücke in der Bereitstellung von Blindleistung – ein wichtiges Instrument zur Stabilisierung der Netzspannung. Diese Aufgabe wird nun u. a. von STATCOM-Anlagen übernommen, die Schwankungen reaktionsschnell ausgleichen können.

Eine zuverlässige Spannungsregelung gelingt jedoch nur, wenn die Anlage wirksam vor Kurzschlussströmen geschützt ist. Dafür benötigt es Trennverstärker, die Messwerte genau und innerhalb von Mikrosekunden an Sicherheitssysteme übertragen.

### Eine Schlüsseltechnologie für moderne Versorgungsnetze

STATCOMs (Static Synchronous Compensators) sind leistungselektronische Kompensationsanlagen, mit denen sich die Spannung im Versorgungsnetz stabilisieren lässt. Der Ausgleich von Spannungsschwankungen wird je nach Bedarf über eine Aufnahme oder Einspeisung von Blindleistung realisiert. Sinkt die Netzspannung, speist die Anlage kapazitive Blindleistung in das Netz ein, liegt die Netzspannung höher als die des STATCOMs, nimmt das Gerät induktive Blindleistung auf.



Kommt es zu einem Kurzschluss im Versorgungsnetz, wird die Stromzufuhr zu den STATCOM-Ventilen umgehend unterbrochen. Ohne diesen Schutzmechanismus könnte die Leistungselektronik der Anlage Schaden nehmen und infolgedessen die Spannungsregelung im Netz negativ beeinflussen. Eine Stromüberwachung mit Hilfe von reaktionsschnellen Trennverstärkern an jeder der drei Phasen des Systems stellt eine hohe Verfügbarkeit der STATCOM-Anlagen sicher.

### Optimaler Schutz vor Kurzschlussströmen mit dem Knick Trennverstärker P27000

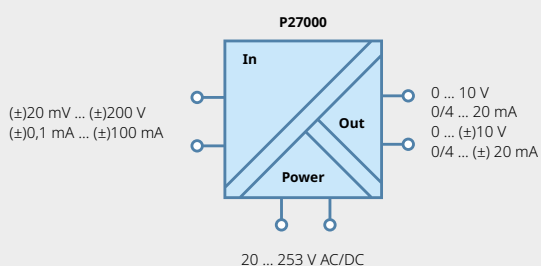
Die Trennverstärker der Serie P27000 haben sich als optimale Lösung für STATCOM-Hersteller erwiesen. Dank einer hohen Grenzfrequenz von 20 kHz können die Geräte selbst schnell ändernde Eingangssignale verarbeiten. Mit einem Verstärkungsfehler von  $< 0,08\%$  und einer  $T_{90}$ -Ansprechzeit von  $< 70\ \mu\text{s}$  werden die ermittelten Messwerte nahezu verzögerungsfrei an den Leistungsschutzschalter weitergeleitet.

Die rasche Signalverarbeitung schützt nicht nur die Komponenten des STATCOMs, sondern erlaubt es den Herstellern, höhere Überstromgrenzen einzustellen und so die Dimensionierung ihrer Produkte zu optimieren.

### Why Knick?

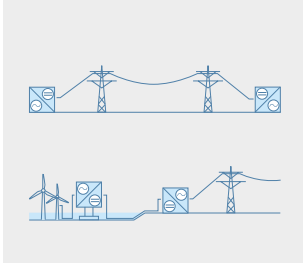
Mit 480 kalibriert umschaltbaren Messbereichen und einem Weitbereichsnetzteil für alle gängigen Versorgungsspannungen ist P27000 das „Multimeter“ unter den Trennverstärkern. Die Serie garantiert eine nahezu perfekte, verzerrungsfreie Signalübertragung dank eines Verstärkungsfehlers von  $< 0,08\%$  sowie einer hohen Grenzfrequenz von 20 kHz bzw. wie in der Anwendung von 20 kHz. Zudem verfügen die Trennverstärker über steckbare Schraubklemmen für eine einfache, zeitsparende Montage sowie eine kompakte Bauform.

**5 Jahre  
Garantie**



### Produkthighlights P27000

- Hohe Grenzfrequenz von 20 kHz für unverzerrte Messwertübertragung, weitere kundenspezifische Grenzfrequenzen auf Anfrage möglich
- Minimierte Reaktionszeiten bei sprunghaften Eingangsänderungen
- Hohe EMV-Robustheit
- Basisisolierung bis 1.000 V AC/DC



# Überwachung und Regelung in Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsanlagen

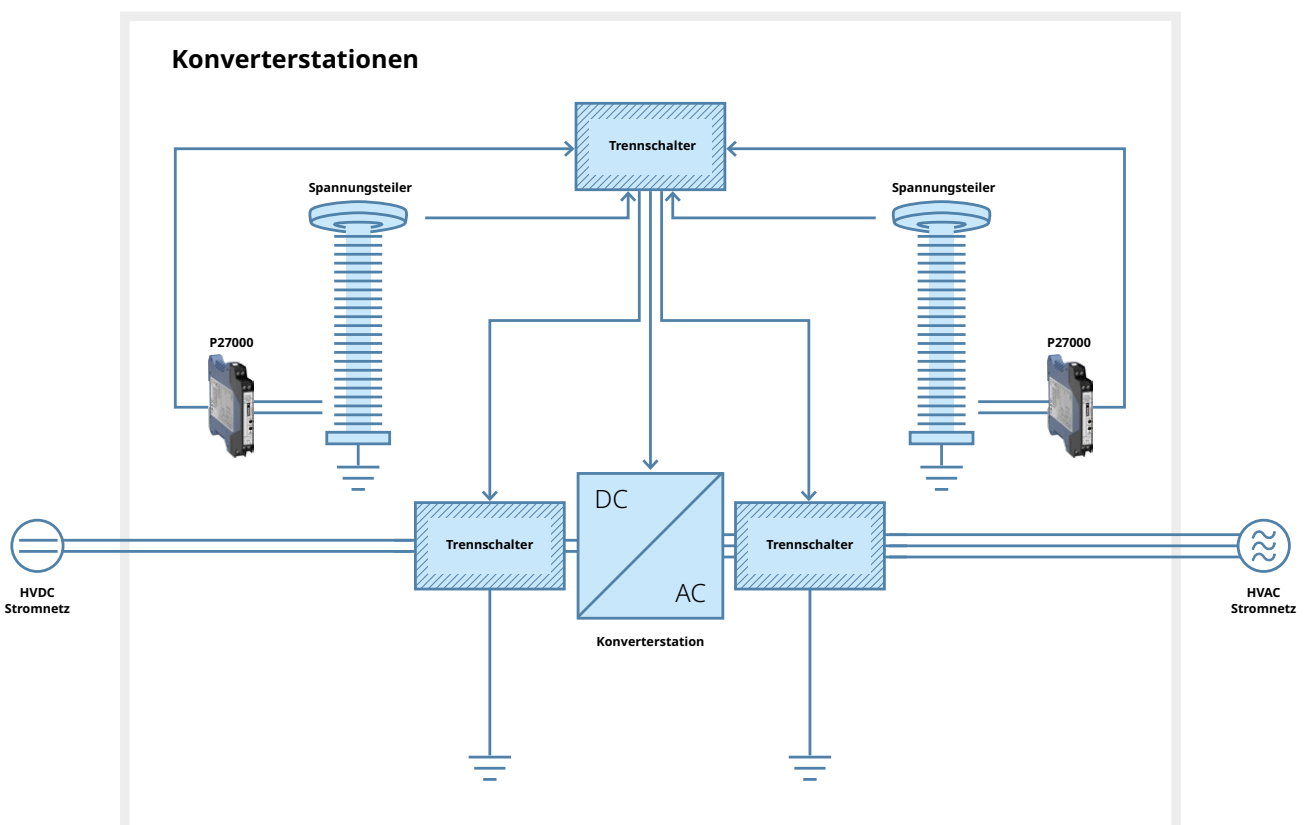
## Zuverlässige Spannungsmessung in Konverterstationen

Von küstenfernen Windparks in der Nordsee bis hin zu ultralangen Freileitungen im Westen Chinas – die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (engl. HVDC) wird stets dort eingesetzt, wo die konventionelle Wechselstromübertragung an ihre technischen sowie wirtschaftlichen Grenzen stößt.

Moderne HVDC-Systeme arbeiten mit Spannungen von bis zu 1.100 kV. Die hohen Gleichspannungen ermöglichen eine verlustarme Übertragung großer Energiemengen über weite Strecken. Damit in Konverterstationen eine präzise und sichere Netzintegration gelingt, ist vor Ort eine kontinuierliche Spannungsüberwachung zwingend erforderlich.

### Konverterstationen – das Bindeglied zwischen HVDC-Leitungen und unserem Stromnetz

Die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung hat auf große Distanzen im Vergleich zur Wechselstromübertragung (engl. HVAC) einen entscheidenden Vorteil: Es treten keine Verluste durch Blindleistung auf, die durch den kapazitiven Belag der Kabel entstehen. Um die Leistungsfähigkeiten der Leitungen mit maximaler Effizienz zu nutzen, arbeiten HVDC-Systeme mit Spannungen bis ungefähr 1.100 kV.



In Konverterstationen erfolgt eine Rückwandlung des zum Transport genutzten Gleichstroms in Wechselstrom. Um die Netzintegration der elektrischen Energie präzise steuern und die Sicherheit der Anlage gewährleisten zu können, ist eine kontinuierliche Spannungsüberwachung unerlässlich. Die hohen Spannungen der HVDC-Systeme lassen sich jedoch nicht direkt messen. Es benötigt resistiv-kapazitive Spannungsteiler, die die Eingangsspannung auf maximal 200 V reduzieren.

### Zuverlässig Spannungen messen: mit der Serie P27000

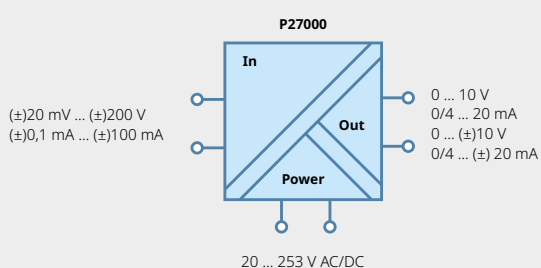
Die schnellen Trennverstärker der Serie P27000 haben sich bei der HVDC-Überwachung in Konverterstationen bewährt. Für die redundante Messung von Teilspannungen bis zu 200 V DC wird die Grenzfrequenz des P27000 applikationsspezifisch auf 20 kHz angepasst werden.

Anlagenbetreiber können dadurch sicherstellen, dass die Messwerte bei schnellen Spannungsänderungen mit minimalen Verzögerungszeiten an entsprechende Steuersysteme übertragen werden. Eine Basisisolierung bis 1000 V AC/DC sowie die hohe EMV-Robustheit des Trennverstärkers garantieren zudem eine zuverlässige, präzise und sichere Signalverarbeitung.

## Why Knick?

Mit 480 kalibriert umschaltbaren Messbereichen und einem Weitbereichsnetzteil für alle gängigen Versorgungsspannungen ist P27000 das „Multimeter“ unter den Trennverstärkern. Die Serie garantiert eine nahezu perfekte sowie verzögerungsfreie Signalübertragung dank eines Verstärkungsfehlers von  $< 0,08 \%$  und einer  $T_{90}$ -Einstellzeit von  $70 \mu s$  (bei Einstellung einer Grenzfrequenz von 10kHz). Zudem verfügen die Trennverstärker über steckbare Schraubklemmen für eine einfache, zeitsparende Montage sowie eine kompakte Bauform.

**5 Jahre  
Garantie**



### Produkthighlights P27000

- Hohe EMV-Robustheit
- Basisisolierung bis 1.000 V AC/DC
- Hohe Grenzfrequenzen für unverzerrte Messwertübertragung, kundenspezifische Grenzfrequenzen auf Anfrage
- Hohe Verfügbarkeit dank einer MTBF von 3.941 Jahren – basierend auf Felddaten



# Spannungsüberwachung in Elektrolyseuren und Brennstoffzellenanlagen

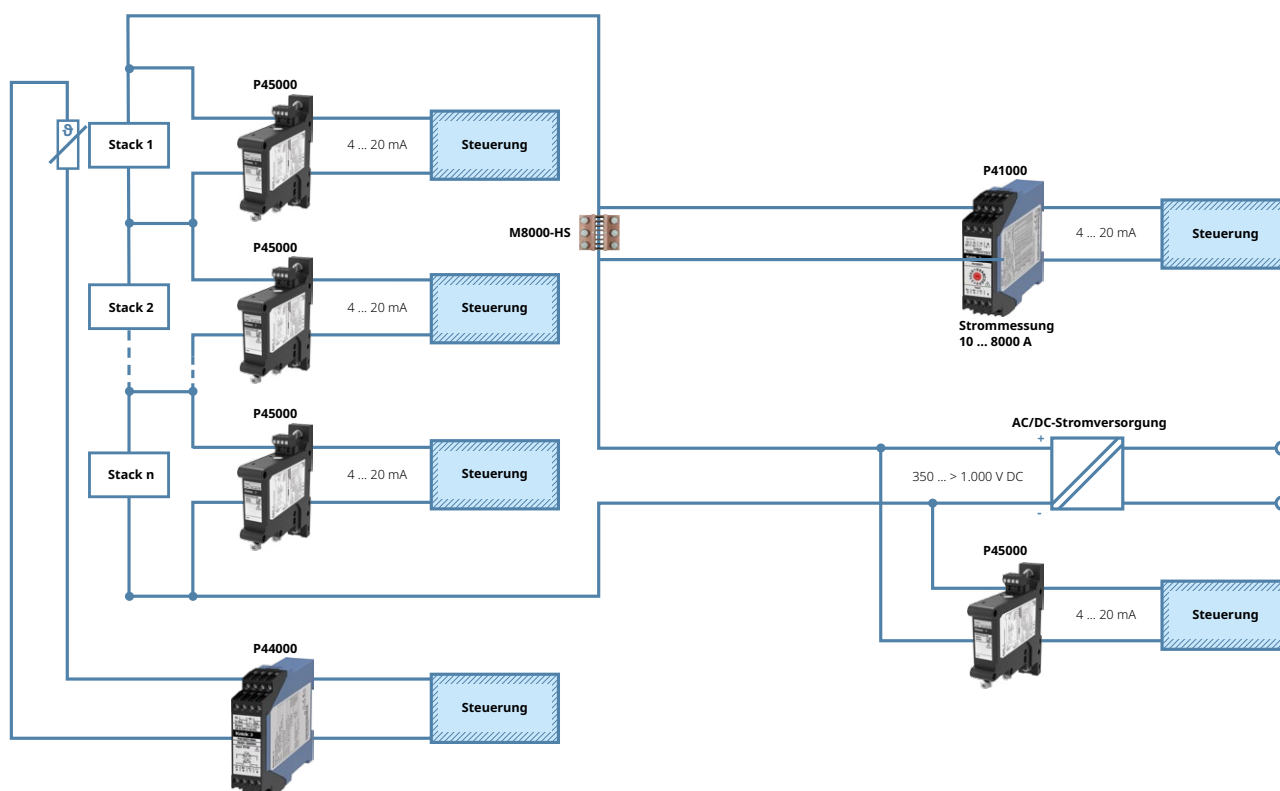
## Frühzeitige Erkennung von Zelldefekten und Alterung

Grüner Wasserstoff gilt nicht zuletzt dank seiner Vielseitigkeit als Hoffnungsträger für die Energiewende. Bei der Produktion wird in Elektrolysezellen Wasser mit Hilfe von Strom aus erneuerbaren Energiequellen in seine Bestandteile zerlegt.

Über das Verfahren lässt sich u. a. indirekt überschüssige elektrische Energie speichern, welche Brennstoffzellen in einem inversen Prozess wieder freisetzen können. Die Sicherheit und Verfügbarkeit beider Systeme hängt entscheidend von einer kontinuierlichen, präzisen und zuverlässigen Zustandsüberwachung der Zellen ab.

### Spannungsüberwachung zu Diagnosezwecken

Elektrolyseure sind wie Brennstoffzellenanlagen aus Stacks aufgebaut. Ein einzelner Stack setzt sich dabei aus einer Vielzahl von in Reihe geschalteten Zellen zusammen, die jeweils mit einer Betriebsspannung bis ca. 2,2 V arbeiten. Um Gesamtspannungen von einigen 100 V bis 1.500 V für derzeitige Wasserstoff-Anwendungen zu erreichen, verschalten Anlagenbetreiber mehrere Stacks zu sogenannten Strings. Die Effizienz und Zuverlässigkeit dieser Systeme hängen maßgeblich vom Zustand der Zellkomponenten ab, darunter die Membran sowie die Elektroden.



Um frühzeitig Defekte oder Verschleißerscheinungen zu erkennen, ist eine fortlaufende Überwachung der hohen Stack- und String-Spannungen notwendig – sowie gegebenenfalls eine Strom- und Temperaturmessung. Zu diesem Zweck eingesetzte Trennverstärker müssen hohe Ansprüche an Ausfallsicherheit, Genauigkeit, Wartungsfreiheit sowie an eine robuste Isolation erfüllen. Zudem gewinnen Messumformer mit SIL-Zertifizierung bei der funktional sicheren Spannungsüberwachung in Elektrolyseuren immer mehr an Bedeutung.

### Anlagenverfügbarkeit und Sicherheit steigern mit P45000

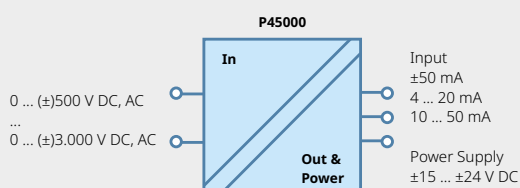
Die Hochspannungs-Messumformer der Serie P45000 haben sich als ideale Lösung zur Spannungsüberwachung bewährt – sei es bei der Messung jeder einzelnen Stack-Spannung oder bei der Gesamtspannung eines Strings. P45000 erfassen selbst kleinste Spannungsänderungen zuverlässig, redundant ausgeführte Messungen minimieren dabei Fehlerquellen. Anlagenbetreiber profitieren im Hochvoltbereich vom Einsatz der Messumformer, die ein sicherheitsgerichtetes Abschalten von Maschinen und Anlagen gemäß IEC 61508 ermöglichen.

### Why Knick?

Die Hochspannungs-Messumformer der P40000-Familie haben ihre Zuverlässigkeit bei der Strom- und Spannungsüberwachung in Wasserstoff-Anwendungen bereits bewiesen. Die Serie P45000 wartet zudem mit einer Zertifizierung gemäß SIL 2 (redundant SIL 3) auf – ein riesiger Vorteil hinsichtlich der steigenden Anforderungen an die funktionale Sicherheit. Eine hohe verstärkte Isolierung beider Baureihen garantiert die Unversehrtheit des Personals sowie den Schutz von nachgeschalteten Regel- und Auswertesystemen. Abschließend sorgt ein geringer Verstärkungsfehler sowie eine kurze  $T_{90}$ -Ansprechzeit für präzise Messwertübertragungen.

Eine verstärkte Isolierung bis 4.800 V schützt vor hohen Potentialdifferenzen, die aufgrund der Art der Verschaltung auftreten können. Zudem benötigen unsere Messumformer über die gesamte Lebensdauer keine Nachkalibrierung. Das spart Zeit, Kosten und vermeidet eine Unterbrechung des Anlagenbetriebs.

**5 Jahre Garantie**



### Produkthighlights P45000

- Trennverstärker mit funktionaler Sicherheit für SIL 2-Anwendungen bzw. SIL 3 im redundanten Betrieb gemäß IEC 61508
- Verstärkte Isolierung bis 4.800 V AC/DC
- Geringer Platzbedarf dank vollständig verkapselter Festkabelausführung
- Geringer Verstärkungsfehler ( $\leq 0,1\%$ ), kurze  $T_{90}$ -Ansprechzeit ( $< 70\ \mu\text{s}$ )



# Monitoring von Großbatteriesystemen

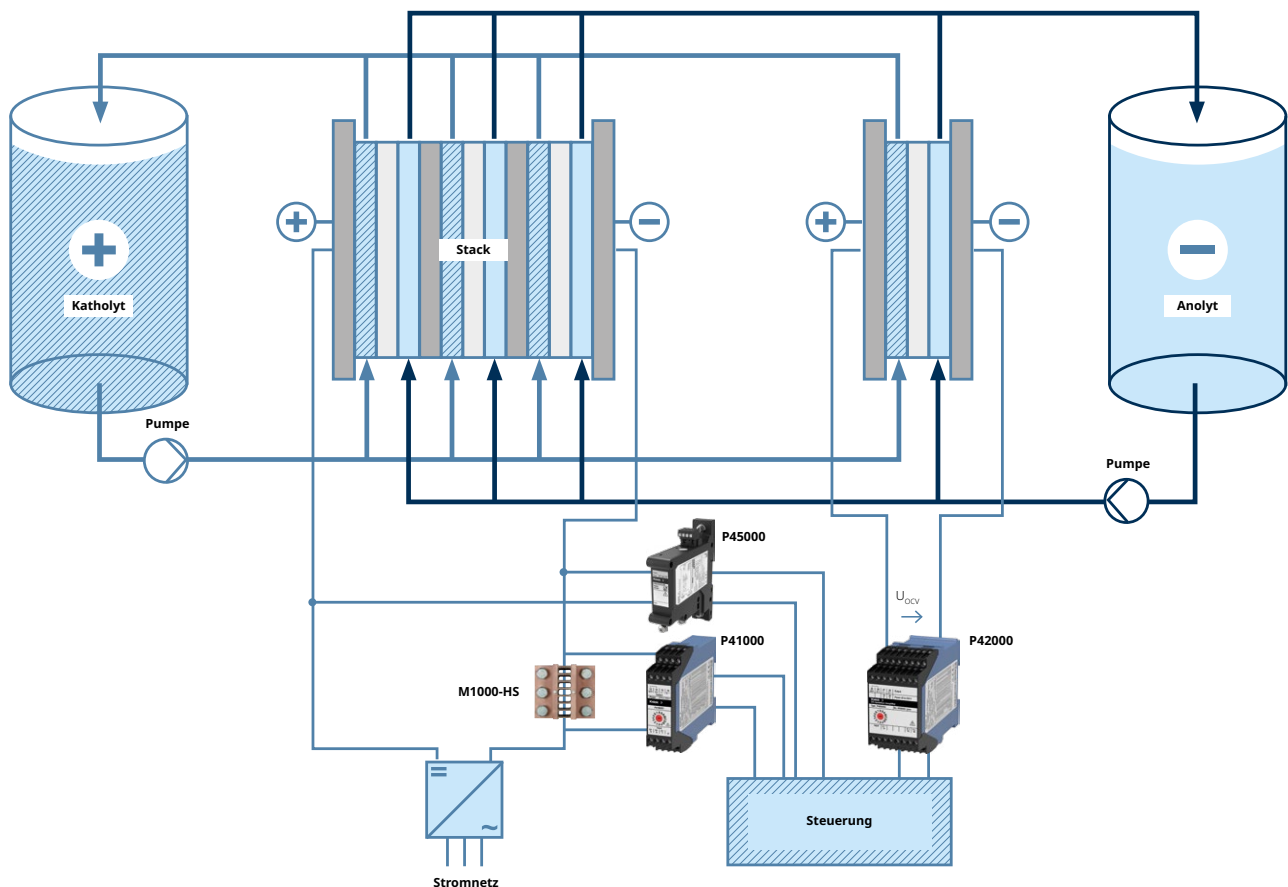
## Hochspannungs-Messumformer mit SIL-Zertifizierung für moderne Speichertechnologien

Photovoltaik- und Windkraftanlagen unterliegen bei der Energieproduktion wetterbedingten Schwankungen. Das stellt Versorgungsnetze weltweit vor neue Herausforderungen.

Eine wirkungsvolle Lösung bieten Großbatteriesysteme: Sie speichern überschüssige Energie, stellen sie bei Bedarf wieder bereit und stabilisieren das Stromnetz. Die Sicherheit dieser Systeme hängt maßgeblich von einer präzisen Messung der Stack- und String-Spannung ab – und kann durch den Einsatz von SIL-zertifizierten Hochspannungsmessumformern weiter verbessert werden.

### Redox-Flow-Batterien – die Speichertechnologie der Zukunft

Redox-Flow-Batterien (RFB) eignen sich ideal zur Speicherung überschüssiger Energie aus erneuerbaren Technologien. Sie sind leicht skalierbar, verfügen über eine hohe Lebensdauer und bieten eine flexible Erweiterung ihrer Kapazitäten. RFBs verwenden zwei getrennte Tanks mit Elektrolytlösungen, die durch galvanische Zellen gepumpt werden.



An der Zellmembran entstehen infolge von Reduktions- und Oxidationsprozessen der Elektrolyte Potenzialdifferenzen von wenigen Volt. Anlagenbetreiber verschalten hunderte dieser Zellen zu sogenannten Stacks – und diese wiederum zu Strings. Basierend auf diesem Aufbau erreichen Großbatteriesysteme Gesamtspannungen bis 1.500 V DC.

Zur Prozesskontrolle und Überwachung des Anlagenzustands müssen Spannungen und Ströme innerhalb von Batterie-Stacks und -Strings zuverlässig gemessen werden. Eine Messung der Leerlaufspannung  $U_{OCV}$  an einer einzelnen abgegriffenen Zelle gibt zudem Aufschluss über den Ladezustand sowie Alterungs- und Degradationsprozesse.

#### Erhöhte Sicherheit durch den Einsatz SIL-zertifizierter Hochspannungs-Messumformer

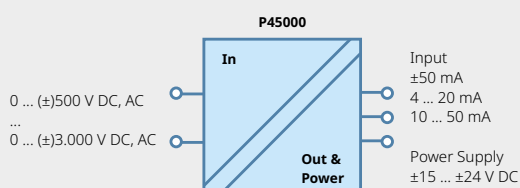
Die hochisolierten Trennverstärker der Serie P45000 haben sich mit ihrer Zertifizierung gemäß SIL 2, redundant SIL 3, in sicherheitskritischen Anwendungen wie dem Spannungs-Monitoring von Großbatteriesystemen bewährt. Eine verstärkte Isolierung bis 4.800 V DC schützt nachgeschaltete Regel- und Auswertesysteme vor hohen Potentialdifferenzen.

#### Why Knick?

Präzise Messungen von Nennspannungen bis 3.000 V DC und eine Zertifizierung gemäß SIL 2, redundant SIL 3 – die Hochspannungs-Messumformer der Serie P45000 sind für jegliche Energiespeicher-Anwendungen der Zukunft ideal gerüstet. Neben einer verstärkten Isolierung bis 4.800 V DC sorgt eine Gleichtaktunterdrückung von > 150 dB für eine fehlerfreie Messung und schützt nachgeschalteten Regel- und Auswertesysteme. Die Trennverstärker sind platzsparend und flexibel montierbar, ob liegend, stehend oder auf einer 35-mm-Tragschiene. Zudem lassen sich mehrere P45000 bei Bedarf problemlos stapeln.

Unerwünschte Störungen wie elektromagnetische Interferenzen werden dank einer Gleichtaktunterdrückung von > 150 dB vermieden. Das Ergebnis ist eine fehlerfreie und zuverlässige Überwachung der Stack- und String-Spannung.

**5 Jahre Garantie**



#### Produkthighlights P45000

- Trennverstärker mit funktionaler Sicherheit für SIL 2-Anwendungen bzw. SIL 3 im redundanten Betrieb gemäß IEC 61508
- Platzsparendes Design
- Flexible Einbaumöglichkeiten
- Verstärkte Isolierung bis 4.800 V DC
- Geringerer Platzbedarf dank vollständig verkapselter Festkabelausführung
- Sichere und genaue Messung kleiner Spannungen auf hohen Potentialen

# Produktübersicht und geeignete Anwendungsbereiche



P32100	P27000	P41000 AG	P41000	P42000	P45000	P44000
--------	--------	-----------	--------	--------	--------	--------

## Messbereich

Temperatur, universell	•						•
Spannungen bis 4.800 V/Ströme bis 20 kA						•	
Spannungen bis 3.600 V/Ströme bis 20 kA			•	•	•		
Spannungen bis 200 V-Ströme bis 100 mA		•					
<b>Basisisolierung AC/DC (Prüfspannung)</b>	<b>300 V (2,5 kV)</b>	<b>1.000 V (5 kV)</b>	<b>3.600 V (15kV)</b>	<b>3.600 V (15kV)</b>	<b>3.600 V (15kV)</b>	<b>4.800 V (20 kV)</b>	<b>6.600 V (15 kV)</b>

## Einsatzbereiche

Elektrolyseure und Brennstoffzellenanlagen		•		•	•	•	•
Funktionale Sicherheit	•					•	
Großbatteriesysteme				•	•	•	•
Kernkraftwerke	•	•			•		
Konventionelle Kraftwerke (Dampf, Kohle, Gas)	•	•		•	•		
Photovoltaikanlagen				•	•		
Stromversorgungsnetze	•	•	•				
Wasserkraftwerke	•	•		•	•		
Windenergieanlagen	•	•					•



**Let's talk  
about  
solutions!**



**Kein passendes Produkt  
in unserem Portfolio  
gefunden? Kein Problem.**

**Besuchen Sie unsere Website und gemeinsam  
finden wir die passende Lösung.**

# Interface-Technik

- > Hochspannungs-Messumformer
- > Trennverstärker
- > Sensor-Messumformer
- > Signalvervielfacher
- > Digitalanzeiger



**KNICK**  
**ELEKTRONISCHE MESSGERÄTE**  
**GMBH & CO. KG**

Beuckestraße 22  
14163 Berlin  
Telefon: +49 30 80191-0  
[www.knick-international.com](http://www.knick-international.com)