

# Technische Notiz

---

Anwendung von Relais in Hoymiles  
Wechselrichtern

Region: Europa

Version: V1.0

Release Date: 2023-08-04

# Übersicht

Eine Isolationsvorrichtung wird in zwei Situationen benötigt: während des Betriebs des PV-Wechselrichters, um eine schnelle Trennung vom Netz zu ermöglichen, wenn Anomalien festgestellt werden, und während der Wartung, um sicherzustellen, dass die AC- und DC-Seite des Wechselrichters isoliert sind, um die Sicherheit des Wartungspersonals zu schützen.

Derzeit werden üblicherweise Hochfrequenz-Trenntransformatoren oder Relais als Isolationsvorrichtung verwendet, um diese Sicherheitsfunktionen zu erfüllen. Um diese Sicherheitsfunktionen zu erfüllen, und die Mikrowechselrichter von Hoymiles verwenden beide.

Dieser Artikel bietet eine detaillierte Einführung in die Anwendung von Relais in Hoymiles-Mikrowechselrichtern.

# Hintergrund

## Was ist ein Relais?

Ein Relais ist ein Schaltergerät mit hoher elektrischer Isolationseigenschaft und hoher Spannungsfestigkeit, das weit verbreitet in Kommunikation, Automatisierung, Mechatronik und neuen Energiesystemgeräten eingesetzt wird. Es ist ein Gerät, das einen großen Strom oder eine hohe Spannung mit einem kleinen Strom oder einer niedrigen Spannung steuert.

Ein Relais kann als eine Art elektromechanischer Schalter angesehen werden, der eine bessere Spannungsfestigkeit als ein elektronischer Schalter hat. In der Leistungselektronikindustrie werden Relais häufig als Isolationsschalter verwendet, um zu verhindern, dass Leistungselektronikgeräte Wechsel- und Gleichstrom mischen.

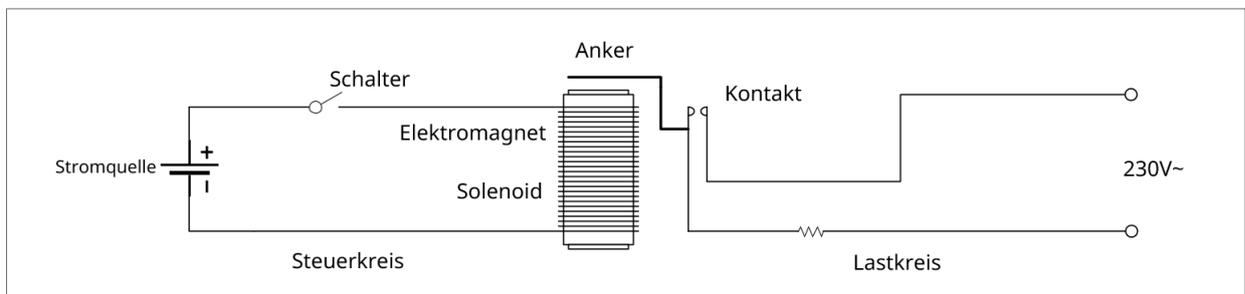


Abbildung 1: Relais-Arbeitsprinzipdiagramm

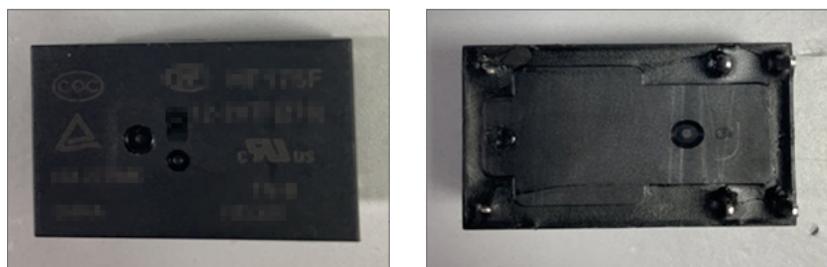


Abbildung 2: Typisches Relais-Physisches Diagramm

## Grundlegende Einführung in Photovoltaik-Netzwechselrichter

Ein PV-Wechselrichter ist ein Leistungselektronikgerät, das die Umwandlung des von der Photovoltaikanlage erzeugten Gleichstroms (DC- Seitig) in Wechselstrom (AC-seitig) vornimmt.

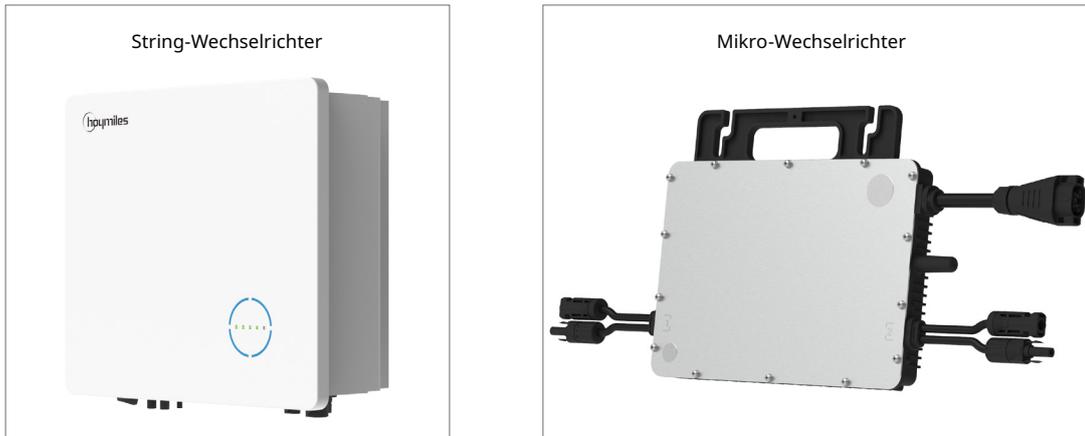


Abbildung 3: Gängige Aussehenstypen von String-Wechselrichtern und Mikro-Wechselrichtern

Nach der Isolationsmethode klassifiziert, werden Photovoltaik-Netzwechselrichter in isolierte und nicht isolierte Typen unterteilt. Derzeit verwenden String-Wechselrichter auf dem Markt meist Boost+Wechselrichter-Zweistufen-Topologien ohne elektrische Isolation; Mainstream-Mikro-Wechselrichter verwenden isolierte Topologien, die durch einen Hochfrequenztrafo eine sichere Trennung zwischen der DC-Seite und der AC-Seite ermöglichen.

## Die Rolle von Relais in Photovoltaik-Wechselrichtern

Im Folgenden sind wichtige Funktionen von Relais in Photovoltaik-Wechselrichtern aufgeführt:

- **Normaler Betrieb:** Im normalen Netzbetrieb, d.h. keine Netzstörung, schaltet das Relais den Strom durch, sodass die Energieeinspeisung ins Netz gestartet werden kann.
- **Netzstörung:** Wenn der PV-Wechselrichter eine Netzstörung oder Anomalie erkennt, wie z.B. Netzüber- oder Unterspannung, Netzüber- oder Unterfrequenz usw., kann das Relais die Verbindung zwischen dem PV- Wechselrichter und dem Netz trennen, um die Energieeinspeisung ins Netz schnell und sicher zu unterbrechen.

# Netzanschlussstandards in verschiedenen Regionen Europas

Für den netzseitigen Schutz von Photovoltaik-Wechselrichtern schreiben die Europäische Allgemeine Sicherheitsnorm IEC 62109-2:2011, die Deutsche Netztechnische Norm VDE-AR-N 4105:2018 und die Europäische Allgemeine Netztechnische Norm EN 50549-1:2019 die doppelte Isolierung zur Vermeidung möglicher Sicherheitsrisiken bei Einzelfehlern“ vor. Der spezifische Inhalt ist wie folgt.

## Eingangsanzeige für allgemeine europäische Sicherheitsvorschriften (IEC 62109-2:2011)

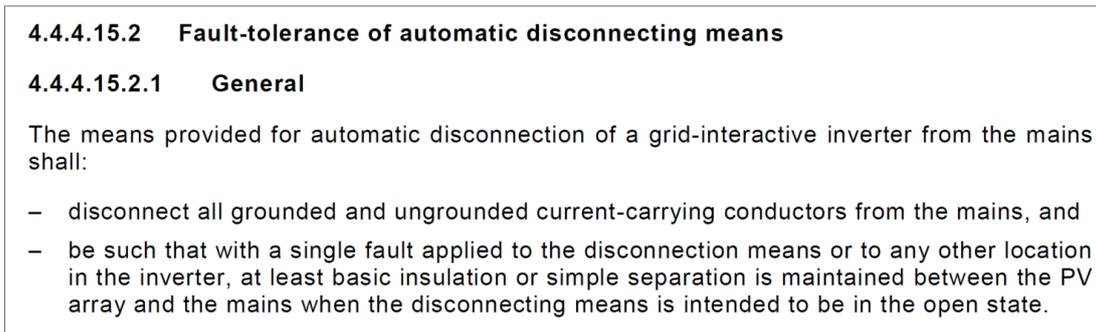


Abbildung 4: Eingangsanzeige für allgemeine europäische Sicherheitsvorschriften (IEC 62109-2:2011)

Diese Klausel gilt für alle Regionen Europas und verlangt insbesondere, dass die automatische Trennvorrichtung zwischen dem netzgekoppelten Wechselrichter und dem Netz in der Lage sein muss:

- Zur Trennung aller geerdeten oder nicht geerdeten stromführenden Leiter.
- Wenn ein einzelner Fehler im Wechselrichter oder in der automatischen Trennvorrichtung auftritt, befindet sich die automatische Trennvorrichtung im geöffneten Zustand, wodurch eine Basisisolierung oder einfache Isolierung zwischen der PV-Seite und dem Netz aufrechterhalten werden kann.

## Anzeige der deutschen Sicherheitsvorschriften (VDE-AR-N 4105:2018)

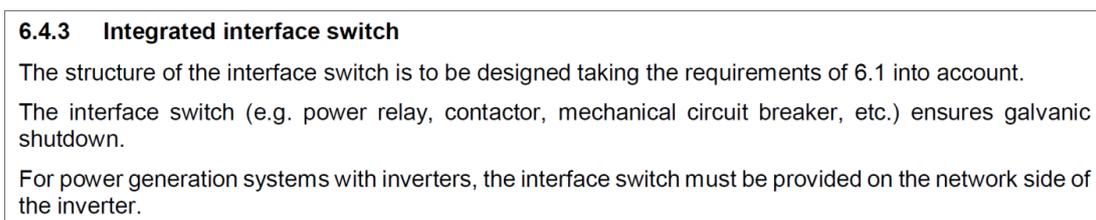


Abbildung 5: Anzeige der deutschen Sicherheitsvorschriften (VDE-AR-N 4105:2018)

Diese Verordnung stellt zwingende Anforderungen an die Schalter auf der netzgekoppelten Seite des Wechselrichters. Die Norm besagt, dass der Schnittstellenschalter durch den NS-Schutz (Grid System) gesteuert wird und automatisch auslöst, wenn mindestens eine Schutzfunktion aktiviert wird. Schnittstellenschalter (wie Relais, Schütze, Leistungsschalter usw.) können eine Stromabschaltung gewährleisten. Für Wechselrichter-Stromerzeugungsanlagen müssen netzseitig Schnittstellenschalter vorgesehen werden.

## Eingangsanzeige für allgemeine europäische Sicherheitsvorschriften (EN 50549-1:2019)

Where means of isolation (according to HD 60364-5-551) is not required to be accessible to the DSO at all times, automatic disconnection with single fault tolerance according to 4.13 shall be provided.

NOTE 1 For PV-inverters, further requirements are stated in EN 62109-1 and EN 62109-2 with respect to the interface switch.

The function of the interface switch might be combined with either the main switch or the generating unit switch in a single switching device. In case of a combination, the single switching device shall be compliant to the requirements of both, the interface switch and the combined main switch or generating unit switch. As a consequence, at least two switches in series shall be present between any generating unit and the POC.

Abbildung 6: Eingangsanzeige für allgemeine europäische Sicherheitsvorschriften (EN 50549-1:2019) Abschnitt 4.3.2 von EN 50549-1:2019

In dieser Klausel heißt es eindeutig, dass mindestens zwei Schalter in Reihe zwischen der Erzeugungseinheit (Wechselrichter) und dem elektrischen Anschlusspunkt (dem Bezugspunkt, an dem das Stromnetz mit den elektrischen Einrichtungen des Benutzers verbunden ist) geschaltet sind. Das heißt, zusätzlich zum Hauptschalter ist ein Schnittstellenschalter (Relais, Leistungsschalter oder Schütz) erforderlich. Gleichzeitig muss der ‚Single Point of Failure‘ der automatischen Trennvorrichtung berücksichtigt werden.

### Zusammenfassung der Vorschriften

Aus den oben genannten Normen ist ersichtlich, dass eine automatische Trennvorrichtung zwischen Wechselrichter und Netz erforderlich ist. Wenn sich die Trennvorrichtung im getrennten Zustand befindet, können die Wechselrichterseite und die AC-Seite die grundlegenden Isolationsanforderungen erfüllen. Die drei Normen schlagen außerdem vor, dass mindestens zwei Trennvorrichtungen in Reihe geschaltet werden müssen, bevor der Wechselrichter an das Netz angeschlossen wird. Im Falle eines punktuellen Ausfalls der automatischen Abschalteneinrichtung steht noch eine zusätzliche Abschalteneinrichtung zur Verfügung (Reserve), um die elektrische Trennung der AC- und DC-Seite sicherzustellen.

Um die Anforderungen der oben genannten Vorschriften zu erfüllen, nehmen Photovoltaik-Wechselrichter je nach Isolationsart unterschiedliche Designs an. Bei nicht isolierten Wechselrichtern wird im Allgemeinen die Form von in Reihe geschalteten Doppelrelais verwendet; Bei isolierten Wechselrichtern wird die Methode der Reihenschaltung von Geräten und Relais verwendet.

# Hoymiles Mikro-Wechselrichter-Lösung

Bei den Mikro-Wechselrichtern von Hoymiles sind Sicherheit und Zuverlässigkeit das wichtigste Kriterium. Für die europäische Region verfügen die Hoymiles-Wechselrichter über eine doppelte Isolationslösung mittels eines Transformators und Relais. Dieses System erfüllt die Anforderungen der europäischen Vorschriften, wonach die doppelten Trennschalter in Reihe geschaltet sein müssen, und hat eine Serie von entsprechenden Tests zur Überprüfung der Zuverlässigkeit bestanden.

## Hoymiles Transformator + Relais mit doppelter Isolierung

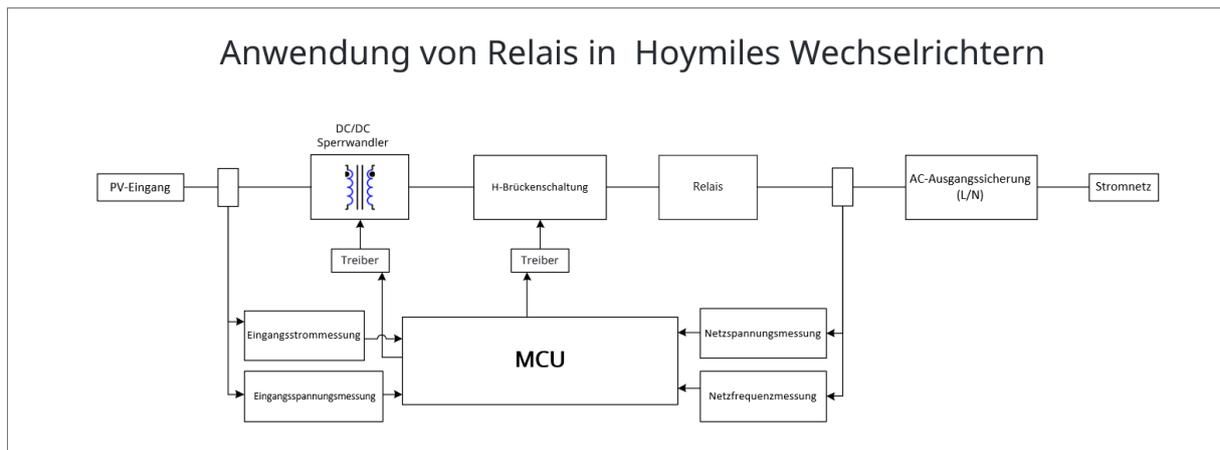


Abbildung 7: Hoymiles Transformator + Relais mit doppelter Isolierung

- **Im Normalbetrieb**

Wenn der Hoymiles-Mikrowechselrichter gestartet wird, erkennt die interne MCU des Mikrowechselrichters, dass das Netzsignal und das Schlüsselsignal im Wechselrichter normal sind, die MOSFET im Transformatorstromkreis wird eingeschaltet und das eingebaute Relais wird geschlossen. Zu diesem Zeitpunkt arbeitet die H-Brückenschaltung im normalen Betrieb, und die Energieeinspeisung ins Netz kann gestartet werden.

- **Bei abnormalem Stromnetz**

Wenn das Stromnetz anormal ist, erkennt die interne MCU des Mikrowechselrichters die Anomalie des Stromnetzes und sendet den Befehl, die MOSFET im Transformatorstromkreis auszuschalten, das eingebaute Relais auszuschalten und die H-Brückenschaltung zu deaktivieren/blockieren. Zu diesem Zeitpunkt gibt es zwei elektrische Isolationsvorrichtungen, nämlich einen Transformator und ein eingebautes Relais - wie im Bild oben gezeigt - die eine sichere Trennung zwischen der DC-Seite und der AC-Seite der Anlage gewährleisten.

# Zuverlässigkeit der Mikrowechselrichter von Hoymiles

Als führendes Unternehmen auf dem Gebiet der PV-Wechselrichter hat sich Hoymiles auf die Herstellung sicherer, konformer, effizienter und zuverlässiger Produkte fokussiert. Die Mikrowechselrichter von Hoymiles wurden einer strengen Qualitätskontrolle und umfassenden Zuverlässigkeitsprüfungen unterzogen und verfügen über fortschrittliche Fehlererkennungsmethoden der Leistungselektronik, mit denen anormale Betriebsbedingungen wie Netzschwankungen, Überlast, Kurzschluss usw. effektiv bewältigt werden können, um einen sicheren, zuverlässigen, störungsfreien und effizienten Betrieb zu gewährleisten.

## Zuverlässigkeit der Relais

Die Relais der Hoymiles-Mikrowechselrichter müssen strenge Test- und Optimierungsschritte durchlaufen: Hochtemperaturtest, zerstörender Stoßtest, funktionaler Stoßtest, zerstörender Vibrationstest, funktionaler Vibrationstest, elektrischer Belastungstest, usw.

Nehmen wir den Hochtemperaturtest als Beispiel, kombiniert mit den tatsächlichen Betriebsbedingungen des Mikrowechselrichters, wird das von Hoymiles verwendete Relais in die Umgebungstemperatur von 85°C (höher als die tatsächliche Temperatur des Mikrowechselrichters), Nennspannung und -strom gesetzt, und die Anzahl der Öffnungs- und Schließvorgänge beträgt 300.000, und seine Leistung kann immer noch die Designanforderungen erfüllen. Berechnet mit dem Relais öffnen und schließen 4 mal pro Tag, die äquivalente Lebensdauer von 300.000 mal ist 205 Jahre, weit mehr als die längste Garantie von 25 Jahren für Mikrowechselrichter.

Die Einführung und die Normen der anderen Prüflinge sind im Folgenden als Referenz aufgeführt.

- **Zerstörende Stoßprüfung:**

Prüfverfahren: Auf das Relais wird eine Stoßkraft ausgeübt, um zu prüfen, ob es unter normalen Betriebsbedingungen einem äußeren Stoß widerstehen kann.

- **Funktionsprüfung durch Stoß:**

Auf das Relais wird im Normalbetrieb ein Stoß ausgeübt, und es wird geprüft, ob es nach dem Stoß noch korrekt funktioniert.

- **Zerstörende Vibrationsprüfung:**

Vibrieren des Relais in verschiedenen Richtungen und Frequenzen mit Hilfe von Vibrationsprüfgeräten, um seine Zuverlässigkeit in Vibrationsumgebungen zu bestimmen.

- **Funktionsprüfung durch Vibration:**

Rütteln des Relais in seinem normalen Betriebszustand, um seine Leistung und Zuverlässigkeit in der Vibrationsumgebung zu testen.

- **Elektrischer Belastungstest:**

Das Relais wird einem elektrischen Belastungstest unterzogen, z. B. Überspannung, Überstrom usw., um zu prüfen, ob es extremen elektrischen Umgebungen standhält.

## Zuverlässigkeit von Mikro-Wechselrichtern

HHoymiles hat eine Reihe von Zuverlässigkeitstests für Mikro-Wechselrichter mit eingebautem Relais durchgeführt. Um die maximale Garantie von 25 Jahren für Mikrowechselrichter zu gewährleisten, wurden die Mikrowechselrichter von Hoymiles während der Entwicklungsphase einem strengen 1.000 Stunden "Double 85" und 200 Perioden schnellen Temperaturwechsels unterzogen.

Darüber hinaus führte Hoymiles während der Entwicklungsphase auch elektrische Zuverlässigkeitstests für jedes Modell durch. Bei den elektrischen Belastungstests der Hoymiles-Mikrowechselrichter hat der Prüflingenieur die maximale Lebensdauer des Mikrowechselrichters von 25 Jahren als Anzahl der elektrischen Betriebszyklen ermittelt. Zu den Prüfpunkten gehören verschiedene elektrische Belastungen, denen der Mikrowechselrichter während seiner 25-jährigen Lebensdauer ausgesetzt sein kann (z. B. Einschalten der Gleichstromversorgung, Netzunterbrechung, Netzkurzschluss, Spannungsüberschreitung, Spannungsabfall usw.). Nimmt man den DC Power On-Off Test als Beispiel, so beträgt die Anzahl der Ein- und Ausschaltungen des Hoymiles-Produkts bis zu 36.500 Mal. Wenn man davon ausgeht, dass sich der Mikrowechselrichter 4 Mal pro Tag ein- und ausschaltet, entsprechen 36.500 Mal einer maximalen Garantiezeit von 25 Jahren.

Die Einführung und die Normen der anderen Prüflinge sind im Folgenden als Referenz aufgeführt.

### **Prüfung der Lagerung bei hohen und niedrigen Temperaturen:**

Der Mikrowechselrichter wird bei hohen und niedrigen Temperaturen gelagert, um eine Langzeitlagerung zu simulieren.

- **Test bei hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit:**

Der Mikrowechselrichter wird über einen bestimmten Zeitraum in einer Umgebung mit hoher Temperatur und hoher Luftfeuchtigkeit betrieben und seine Leistungsänderungen und Zuverlässigkeit werden überwacht. (IEC 62093:2022)

- **Temperatur- und Feuchtigkeitszyklusprüfung:**

Durch die kontinuierliche Aussetzung des Mikro-Wechselrichters an unterschiedliche Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen in einem Zyklus wird seine Zuverlässigkeit in diesen wechselnden Umgebungen überprüft. (IEC 60068-2-38)

- **Zyklustest bei hohen und niedrigen Temperaturen:**

Der Mikrowechselrichter wird in einer Umgebung mit hohen und niedrigen Temperaturzyklen simuliert und die Stabilität des Betriebs und die Zuverlässigkeit der Kommunikation des Mikrowechselrichters überprüft. (IEC 62093:2022)

- **Vibrationsprüfung bei der Handhabung:**

Stöße mit bestimmter Kraft und Richtung auf den Mikrowechselrichter, um mögliche mechanische Einwirkungen während des Transports und der Installation zu simulieren. (IEC 62093:2022)

- **Prüfung des Sicherungsniveaus:**

Prüfung des Schutzlevels des Mikrowechselrichters, um zu bestätigen, ob er dem Eindringen von festen Teilen und Flüssigkeiten wirksam widerstehen kann. (IEC 60529:2013)

- **AC-seitiger Überspannungstest:**

Prüfung der Anti-Surge-Fähigkeit des Mikro-Wechselrichters auf der AC-Seite durch Anlegen eines Surge-Stroms. (UL 1741:2022)