

# Anwendung des Powador-protect

## Anwendungshinweis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>3</b>		
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b> .....	<b>3</b>		
2.1	Spannungs- und Frequenzschutz .....	3		
2.2	Leistungsregelung .....	3		
<b>3</b>	<b>Normative Referenzen</b> .....	<b>4</b>		
3.1	Referenzierung zum Entkuppelschutz .....	4		
3.1.1	Entkuppelschutz (Interface protection) nach DIN EN 50549-1 .....	4		
3.1.2	Entkuppelschutz gemäß CEI 0-21 .....	4		
3.1.3	Entkuppelschutz nach G99 and G98 .....	4		
3.1.4	Entkuppelschutz nach AS 4777.2:2015 .....	4		
3.1.5	Zentraler NA-Schutz mit Verwendung der internen Kuppelschalter nach VDE-AR-N 4105:2018 bei Anlagen größer 30kVA .....	4		
3.1.6	Zwischengelagerter Entkuppelschutz bei Einsatz der internen Kuppelschalter gemäß VDE-AR-N 41105 .....	4		
3.2	Referenzierung zur Leistungsregelung .....	5		
3.2.1	Netzsicherheitsmanagement nach VDE-AR-N 4105:2018 .....	5		
3.2.2	Demand Response Modi (DRMs) gemäß AS NZS 4777.2-2015 .....	6		
<b>4</b>	<b>Funktionsweise</b> .....	<b>7</b>		
4.1	Entkuppelschutz .....	7		
4.1.1	Schutzfunktionen .....	7		
4.1.2	Relaisausgänge zur Ansteuerung von Kuppelschalter .....	7		
4.1.3	Ansteuerung interne Kuppelschalter .....	8		
4.1.4	Interner Wechselrichter Schutz bei Anschluss eines Powador-protect .....	8		
4.1.5	Zeitverhalten .....	9		
4.1.6	Abschaltzeiten der Wechselrichter (Circuitbreaker opening time) .....	10		
4.1.7	Integration weiterer Abschaltbefehle (z. B: Auslösung Q(U)-Schutz oder Fern-Schnell-Aus) ....	11		
4.1.8	Schutzprüfung am Powador-protect .....	11		
4.1.9	Schutzprüfung .....	12		
4.2	Leistungsregelung .....	13		
<b>5</b>	<b>Powador-protect als Teil Ihrer PV-Anlage..</b>	<b>14</b>		
5.1	Leistungsregelung mit einem Powador-protect (Entkuppelschutzfunktion deaktiviert) .....	14		
5.2	Geeignete KACO-Wechselrichter ohne externe Kuppelschalter .....	15		
5.3	Fremdfabrikate mit externen Kuppelschalter	15		
5.4	Mischbetrieb von KACO-Wechselrichtern und Fremdfabrikate .....	16		
5.5	Option „Fern-Schnell-Aus“ beim Einsatz geeigneter KACO-Wechselrichter .....	16		
<b>6</b>	<b>Anschluss an geeignete Wechselrichter ....</b>	<b>17</b>		
6.1	Spezifikationen .....	17		
6.2	Digitaleingang anschließen .....	17		
6.2.1	blueplanet 5.0 - 10.0 TL3 .....	17		
6.2.2	blueplanet 15.0 - 20.0 TL3 .....	18		
6.2.3	Powador 39.0 – 60.0 TL3 .....	18		
6.2.4	blueplanet 50.0 + 60.0 TL3 Basic/M/XL .....	18		
6.2.5	blueplanet gridsave 50.0 TL3-S .....	19		
6.2.6	blueplanet 87.0 -92.0 TL3 .....	19		
6.2.7	blueplanet gridsave 92.0 TL3-S .....	19		
<b>7</b>	<b>Powador-protect aktivieren</b> .....	<b>20</b>		
<b>8</b>	<b>Weitere Informationen</b> .....	<b>20</b>		

## 1 Einleitung

Der Powador-protect ist ein Schutz- und Steuergerät für Erzeugungsanlagen und Batteriesysteme mit folgenden Funktionen:

- Überwachung der Spannung 3\*Ph-N
- Überwachung der Spannung 3\*Ph-Ph
- Überwachung der Frequenz - dreiphasig
- Einlesen potentialfreier Kontakte zur Leistungssteuerung von Erzeugungsanlagen und Batteriesysteme
- 2 Ausgangs-Relais zur Ansteuerung von Kuppelschaltern
- Getrennte Ansteuerung der Ausgangsrelais als Schutz-Reserveschutzkonzept
- Ansteuerung interner Kuppelschalter von kompatiblen KACO-Wechselrichtern
- Unabhängig parametrierbare Netzparameter für die Wiederschaltung nach Auslösung.

Dieses Dokument enthält die Systembeschreibung des Powador-protect sowie des Gesamtsystem -bestehend aus dem Powador-protect, der Kommunikationsstrecke und den kompatiblen Wechselrichtern. In diesem Dokument werden Grundlagen, die sich aus Netzanschlussbedingungen und dem Ordnungsrahmen ergeben, sowie Anschluss- und Konfigurationsbeispiele und die Eignung der von KACO new energy angebotenen Wechselrichter erklärt.

Als Ergänzung zu den Betriebsanleitungen der Wechselrichter, wird der Anschluss des für die Ansteuerung der internen Kuppelschalter notwendigen Digitalausgangs des Powador-protect an verschiedene Wechselrichter beschrieben.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Spannungs- und Frequenzschutz

Der Powador-protect ist ein Schutzgerät das kontinuierlich die Netzparameter überwacht. Wird eine Grenzwertverletzung erkannt, steuert der Powador-protect die Kuppelschalter an, wodurch eine Anlagenabschaltung erfolgt. Die Ansteuerung zentraler Kuppelschalter ist mit Wechselrichtern beliebiger Hersteller möglich. Wird der Powador-protect zusammen mit Wechselrichtern von KACO new energy eingesetzt, sind keine zentralen Kuppelschalter erforderlich. Diese Geräte sind ab Werk mit internen Kuppelschaltern ausgestattet. Die Ansteuerung erfolgt über den Digitalausgang „Inverter Off“, welcher den Powador-protect mit dem in der zu überwachenden Erzeugungsanlage eingesetzten Wechselrichtern verbindet. Der Digitalausgang wird im Falle einer erkannten Grenzwertverletzung zeitgleich mit den zentralen Kuppelschaltern angesteuert.

Der Powador-protect, verfügt über eine Fehlererkennung gemäß VDE-AR-N 4105:2018 6.1 und EN 50549-1:2019 4.13. Ein einzelner Fehler führt nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion. Einzelne Fehler wie z. B. der Ausfall einer Spannungsmessung, der Hilfsspannung, eines Prozessors oder eines Ausgangssignals führt zur unverzügerten Abschaltung aller Ausgänge.

Im Gegensatz zur Lösung mit zentralen Kuppelschaltern, verfügt bei der Ansteuerung interner Kuppelschalter, die gesamte Abschaltkette NA-Schutz/Kuppelschalter über eine Fehlererkennung und bietet somit ein zusätzliches Maß an Sicherheit. Wie der Powador-protect ist auch die Kuppelschalter Funktion im Wechselrichter so ausgeführt, dass interne Fehler erkannt werden und sofort zur Abschaltung führen. Dieser trifft auch für die Verbindung des Powador-protect zum Wechselrichter zu, das Ansteuersignal ist mit einer Drahtbruch- und Manipulationserkennung geschützt.

### 2.2 Leistungsregelung

Der Powador-protect bietet die Möglichkeit, als Gateway für das Engpassmanagement des Netzbetreibers (Einspeisemanagement EEG §14, DRM AS 4777.2) zu dienen. Die Vorgabe der Einspeiseleistung kann z.B. mittels eines (Funk-) Rundsteuerempfängers und dessen potenzialfreien Kontakten empfangen werden. Bis zu 4 potenzialfreie Kontakte können ausgelesen werden. Für jeden Kontakt kann eine Leistungsvorgabe konfiguriert werden, z.B.: 100%, 60%, 30% 0%. Die entsprechenden Steuerbefehle werden bei Aktivierung des jeweiligen Kontaktes an die angeschlossenen Wechselrichter weitergegeben und die vorgegebene Leistung von den Wechselrichtern umgesetzt.

Die Weitergabe der Steuerbefehle erfolgt über die RS485-Schnittstelle. Der Powador-protect wird hierfür als Endgerät und RS485-Master eingebunden.

## 3 Normative Referenzen

### 3.1 Referenzierung zum Entkuppelschutz

#### 3.1.1 Entkuppelschutz (Interface protection) nach DIN EN 50549-1

Die EN 50549-1 verlangt in Kapitel 4.9 einen Entkuppelschutz mit Frequenz- und Spannungsschutzfunktion. Dieser Entkuppelschutz wirkt auf den Kuppelschalter der Erzeugungsanlage. Gemäß EN 50549-1 - Kapitel 4.3.2, kann der Kuppelschalter mit dem Generatorschalter kombiniert im Wechselrichter integriert sein. Eine Verwendung der internen Kuppelschalter der Wechselrichter ist in der Norm vorgesehen.

#### 3.1.2 Entkuppelschutz gemäß CEI 0-21

CEI 0-21 fordert ein Schutz- und Reserveschutzkonzept für Kraftwerke, die an das Niederspannungsnetz angeschlossen sind und eine Leistung über 11,08 kW haben. Wenn 500 ms nach Aktivierung des Kuppelschalters keine Schalteröffnung erkannt wird, muss der Reserveschalter ausgelöst werden, und es darf keine automatische Wiedereinschaltung erfolgen. In der Ländereinstellung IT kann der Powador-protect so konfiguriert werden, dass die Relaisausgänge unabhängig voneinander angesteuert werden. Relais 1 kann zur Betätigung des Kuppelschalters verwendet werden. Wenn am Digitaleingang 4 innerhalb von 500 ms nach Betätigung von Relais 1 kein Rückmeldesignal anliegt, wird der Reserveschutz durch Relais 2 ausgelöst. Als Back-up-Schutz kann z.B. der Schutzschalter mit zusätzlicher Unterspannungsauslösung verwendet werden, wobei die Spannungsversorgung dieser Unterspannungsauslösung über Relais 2 abgeschaltet wird.

Die wechselrichterinternen Schalter können als Kuppelschalter oder als Reserveschalter verwendet werden. Der Powador-protect kann so konfiguriert werden, dass das Signal "Wechselrichter aus" entweder gleichzeitig mit Relais 1 oder gleichzeitig mit Relais 2 geschaltet wird.

Da bei dieser Anwendung die digitalen Eingänge für den Rückmeldekontakt des Kuppelschalters verwendet werden, kann die Funktion der Leistungsregelung nicht genutzt werden.

#### 3.1.3 Entkuppelschutz nach G99 and G98

Die Technische Empfehlung G99 und G98 verlangen in Kapitel 10 einen Entkuppelschutz. Der Powador-protect erfüllt die Anforderungen an Spannung- und Frequenz- Schutz. Die verwendeten Wechselrichter müssen über eine Anti-Islanding Funktion verfügen, was bei allen KACO-Wechselrichtern gegeben ist.

Die Einstellwerte für den Frequenz- und Spannungsschutz gemäß Tabelle 10.1 der G99 muss im Gerät im Default Setting „User-Defined“ eingestellt werden.

#### 3.1.4 Entkuppelschutz nach AS 4777.2:2015

Die AS 4777.2:2015 verlangt im Kapitel 7 Schutzfunktionen, darin sind Anforderungen an den Kuppelschalter 7.2, eine aktive Inselnetzerkennung 7.3 sowie den Entkuppelschutz, Spannungs- und Frequenzschutz 7.4 und 10min Mittelwert-Spannungsüberwachung 7.5.2.

Der in den Wechselrichtern von KACO new energy eingesetzte Kuppelschalter entspricht den Anforderungen aus Kapitel 7.2, ebenso Schutzfunktionen für Inselnetzerkennung und Frequenz und Spannungsschutz. Dies ist in den jeweiligen AS4777.2:2015 Zertifikaten der Wechselrichter bestätigt.

Der Frequenz und Spannungsschutz des Powador-protect entspricht ebenfalls der AS 4777.2:2015. Wird der Powador-protect mit Wechselrichter mit Inselnetzerkennung gemäß AS 4777.2:2015 verwendet, kann der Powador-protect auch als Frequenz- und Spannungsschutzgerät eingesetzt werden. Dabei können die internen Kuppelschalter der Wechselrichter oder AS 4777.2:2015 konforme externe Kuppelschalter angesteuert werden.

#### 3.1.5 Zentraler NA-Schutz mit Verwendung der internen Kuppelschalter nach VDE-AR-N 4105:2018 bei Anlagen größer 30kVA

Die VDE-AR-N 4105:2018 fordert in Kapitel 6.1 den Einsatz eines zentralen Entkuppelschutzes für Erzeugungsanlagen mit einer Anlagenleistung ("Wechselrichter") von mehr als 30kVA. In der üblichen Konfiguration steuert der zentrale Entkuppelschutz einen zentralen Kuppelschalter.

Darüber hinaus fordert die VDE-AR-N 4105:2018 in Kapitel 6.4.1 eine Funktionsprüfung der Kuppelschalter. Diese kann sichergestellt werden:

- (a) durch Überwachung der Schaltvorgänge während des Betriebs bei Verwendung eines Kuppelschalters mit automatischer Abschaltung bei Steuerspannungsausfall; oder
- (b) durch Überwachung von mindestens einer Abschaltung pro Tag; oder
- (c) bei Verwendung interner Kuppelschalters nach IEC/EN 62109.

Ein erkannter Defekt des Kuppelschalters muss zur Abschaltung der Erzeugungsanlage führen. Daher sind nach VDE-AR-N 4105:2018 immer zwei Schaltelemente erforderlich, der Kuppelschalter, der im Falle eines zentralen Kuppelschalters auch vom Entkuppelschutz überwacht werden kann, und ein Reserveschalter, der bei einem erkannten Defekt ausgelöst werden kann. Dies kann entweder der Wechselrichter selbst sein oder ein Leistungsschalter, der durch einen Unterspannungsauslöser gesteuert wird.

In Kapitel 6.4.1 wird auch die Steuerung der internen Kuppelschalter durch einen zentralen Entkuppelschutz explizit beschrieben. Voraussetzung für diese Konfiguration ist, dass die Anlage nicht als Netzersatzanlage oder Notstromanlage für den Inselbetrieb eingesetzt werden soll. Dies ist in der Regel bei Erzeugungsanlagen der Fall. Die einfachste Umsetzung der Anforderungen ist daher die Option c), für Anlagen über 30kW über die Ansteuerung der internen Kuppelschalters durch den Powador-protect.

Option a) ist auch mit dem Powador-protect in der Ländereinstellung IT möglich, wird aber aufgrund der höheren Komplexität nicht empfohlen. Die Option b) ist beim Powador-protect nicht vorgesehen.

Die Einstellwerte für den Frequenz- und Spannungsschutz gemäß Tabelle 2 der VDE-AR-N 4105:2018 müssen im Gerät in der Voreinstellung "Benutzerdefiniert" eingestellt werden.

### 3.1.6 Zwischengelagerter Entkuppelschutz bei Einsatz der internen Kuppelschalter gemäß VDE-AR-N 4110

Kapitel 6.3.4.5 und 11.5.2 der VDE AR-N 4110:2018 fordert das Vorhandensein einer Prüfklemmleiste zur Schutzprüfung des Entkuppelschutzes an den Erzeugungseinheiten. Die Schutzprüfung selbst hat dann selbstverantwortlich alle 4 Jahre vom Anlagenbetreiber zu erfolgen, Prüfprotokolle müssen auf Verlangen dem Netzbetreiber vorgelegt werden können.

Photovoltaik-Stringwechselrichter verfügen in der Regel nicht über eine derartige Prüfklemmleiste. Kapitel 10.3.3.6 beschreibt deshalb auch den sogenannten zwischengelagerten Schutz als Alternative zur Prüfklemmleiste am Wechselrichter. Der zwischengelagerte Schutz überwacht die Spannung und die Frequenz auf der Niederspannungsseite der Anlage zwischen den Wechselrichtern und dem Niederspannungs-/Mittelspannungs-Transformator. Der zwischengelagerte Schutz muss dafür bauseitig mit einer Prüfklemmleiste ausgerüstet werden, sodass eine Schutzprüfung ohne das Ausklemmen von Drähten ermöglicht wird. Es kann dann auf den Schutz in der Erzeugungseinheit bzw. auf dessen Prüfung dort verzichtet werden.

Der Powador-protect kann als zwischengelagerten Schutzes eingesetzt werden und steuert im Fehlerfall die internen Kuppelschalter der angeschlossenen KACO-Wechselrichter an. Es ist kein zusätzlicher externer Kuppelschalter erforderlich.

Da bei der Einheiten Zertifizierung nach VDE-AR-N 4110 der KACO PV und Batterie Wechselrichter die Auslösung der internen Kuppelschalter durch den Powador-protect geprüft wurde und die Gesamtausschaltzeit messtechnisch nachgewiesen ist, ist die messtechnische Erfassung der Gesamtabschaltzeit bei der Schutzprüfung während der Inbetriebnahme und bei der regelmäßigen Wiederholungsprüfung gemäß VDE-AR-N 4110:2018 11.5.2 nicht erforderlich.

## 3.2 Referenzierung zur Leistungsregelung

### 3.2.1 Netzsicherheitsmanagement nach VDE-AR-N 4105:2018

Grundlage für die Anforderung des Netzsicherheitsmanagements in ist Deutschland das EEG 2017 §12. PV-Anlagen und Speicher müssen über eine Einrichtung zur ferngesteuerte Leistungsreduzierung verfügen. Anlagen über 100kW müssen darüber hinaus die aktuelle Einspeiseleistung dem Netzbetreiber zur Verfügung stellen, was z.B. über einen Fernauslesbaren Einspeisezähler erfolgen kann. Bei PV-Anlagen unter 30KWp besteht die Option Fernsteuerbarkeit durch eine dauerhafte Limitierung der Einspeisung auf 70% der PV-Peakleistung zu ersetzen.

Die Vorgabe des Sollwertes der Leistungsreduzierung wird von jeweiligen Netzbetreiber festgelegt, viele Netzbetreiber verwenden hierfür (Funk-) Rundsteuergeräte die der Erzeugungsanlagensteuerung vier potenzialfreie Schaltkontakte zur Verfügung stellen.

VDE-AR-N 4105:2018 5.7.4.1 gibt einen Korridor für die Leistungsänderungsgradienten vor. Die Leistungsänderung darf nicht schneller oder langsamer als vorgegeben werden. Im PV Einspeisewechselrichtern blueplanet 92.OTL3 kann

dieser Gradienten eingestellt werden und der Powador-protect kann als Gateway für das Netzsicherheitsmanagement verwendet werden.

Für alle anderen Geräte ist aktuell noch ein Anlagenregelungskonzept erforderlich, das den geforderten Leistungsänderungsgradienten umsetzt.

## 3.2.2 Demand Response Modi (DRMs) gemäß AS NZS 4777.2-2015

In Abschnitt 6 verlangt die AS NZS 4777.2-2015 ein Einspeisemanagement der Stromerzeugungseinheiten im Falle eines Befehls, der von einem DRED (Demand Response Enabling Device) bereitgestellt wird. Wenn eine Anlageregulierung zur Kommunikation mit dem Wechselrichter verwendet wird, kann die DRED mit der Anlageregulierung verbunden werden und die Leistungsbefehle an die Wechselrichter unter Verwendung eines der verfügbaren Kommunikationsprotokolle des Wechselrichters, wie in der Produktdokumentation der Wechselrichter beschrieben, bereitstellen (siehe auch Anmerkung 3 von 6.2.2).

Alternativ kann powador-protect als Schnittstelle für die DRED-Kommunikation verwendet werden.

DRM 1-4 sind für Last- und Speicherwechselrichter relevant und für PV-Wechselrichter nicht anwendbar. Powador-protect unterstützt DRM 0, DRM 6-8, die für Erzeugungseinheiten und Anlagen relevant sind. DRM 5 ist nicht implementiert, da es das gleiche Wechselrichterverhalten wie DRM 0 bewirkt.

Tabelle 1. „Demand response“ Modi und Reaktion des Wechselrichters

Mode	Anforderung	Reaktion
DRM 0	Die Abschaltvorrichtung betätigen	Der Wechselrichter öffnet die interne Kuppelschalter
DRM 6	Nicht mehr als 50% der Nennleistung einspeisen	Wechselrichter begrenzt die Einspeisung auf 50% der Nennleistung. Wenn die verfügbare Leistung unter 50% liegt, arbeiten die PV-Wechselrichter im MPP
DRM 7	Nicht mehr als 75% der Nennleistung einspeisen	Wechselrichter begrenzt die Einspeisung auf 75% der Nennleistung. Wenn die verfügbare Leistung unter 75% liegt, arbeiten die PV-Wechselrichter im MPP
DRM 8	Erhöhung der Stromerzeugung.	PV-Wechselrichter arbeiten im MPP bis zur maximalen Leistung.

Der Powador-protect verfügt über eine 5-polige Schraubklemme zum Anschluss von potentialfreien Kontakten mit der Kennzeichnung DI1-DI4 und GND. Zur Interpretation der angeschlossenen potentialfreien Kontakte muss die DRED wie folgt angeschlossen werden.

Tabelle 2. Anschlussklemmenbeschriftung

Anschlussklemmenbeschriftung gemäß AS 4777.2 2015	Beschriftung am Powador-protect	Mode wenn Anschluss mit GND verbunden wird.
REF GEN/0	GND	-
COM LOAD/0	DI4	DRM 0
DRM 4/8	DI3	DRM 6
DRM 3/7	DI2	DRM 7
DRM 2/6	DI1	DRM 8

## 4 Funktionsweise

### 4.1 Entkuppelschutz

#### 4.1.1 Schutzfunktionen

Als Entkuppelschutz bietet der Powador-protect folgende Funktionen:

- Über- Unterspannungsüberwachung (Stufe1 / Stufe2)
- Über- Unterfrequenzüberwachung (Stufe1 / Stufe2)
- Überspannungsüberwachung als 10-Minuten-Mittelwert
- Auswertung der Spannung 3\*Ph-N
- Auswertung der Spannung 3\* Ph-Ph
- Überwachung der Frequenz - dreiphasig
- Überwachung der Zuschaltbedingungen nach Auslösung einer Schutzfunktion (Spannung und Frequenz)
- Einlesen Digitalsignale zur ferngesteuerten Leistungsreduzierung von PV-Anlagen
- 2 Ausgangs Relais zur Ansteuerung von Kuppelschaltern
- Getrennte Ansteuerung der Ausgangsrelais als Schutz-Reserveschutzkonzept
- Ansteuerung interner Kuppelschalter von kompatiblen KACO-Wechselrichtern
- Unabhängig parametrierbare Netzparameter für die Wiederschaltung nach Auslösung.

Die aktuelle Parametrierung ist immer am Gerätedisplay ablesbar. Eine Beschreibung der Parameter befindet sich in der Betriebsanleitung des Powador-protect.

Tabelle 3. Messtoleranz und Rückfallverhältnis

Messtoleranz der Frequenz	<0,1 Hz
Messtoleranz der Spannung	<1% U <sub>N</sub>
Rückfallverhältnis für Überspannung	<1,01
Rückfallverhältnis für Unterspannung	> 0,99

Durch die Überwachung der Zuschaltbedingung können für die Wiederschaltung andere Netzparameter für Spannung und Frequenz vorgegeben werden als für die Abschaltung. Damit ist eine Wiederschalt-Hysterese konfigurierbar. Nach Auslösung einer Schutzfunktion, werden die Ausgänge erst wieder freigeschaltet, wenn sich die Netzparameter für die eingestellte Beobachtungszeit im eingestellten Wertebereich befinden.

#### 4.1.2 Relaisausgänge zur Ansteuerung von Kuppelschalter

Sind Wechselrichter eingesetzt, die nicht von KACO new energy produziert wurden, oder ist ein Schutz-Reserveschutzkonzept erforderlich, müssen, entsprechend den örtlichen Anforderungen in der PV-Anlage bauseitig, Kuppelschalter installiert werden.

Die Konfiguration der Relaisausgänge für redundante Kuppelschalter oder für ein Schutz-Reserveschutzkonzept ist im Handbuch des Powador-protect beschrieben.

Beachten Sie die Netzausfallüberbrückungszeit der Kuppelschalter. Gegebenfalls verlangt die Netzanschlussregel, dass die Kuppelschalter nicht vor Ablauf der eingestellten Ansprechverzögerungszeit öffnen.

## 4.1.3 Ansteuerung interne Kuppelschalter

Sind kompatible Wechselrichter von KACO new energy eingesetzt, kann der Powador-protect die internen Kuppelschalter ansteuern.

Die gesamte Auslösekette, der Powador-protect, die Kommunikationsverbindung und die internen Kuppelschalter, ist einfehlersicher.

Ein einzelner Fehler, in der Abschaltkette führt nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion.

Der Ausfall eines Gliedes in der Gesamtabschaltkette, führt zur unverzögerten Abschaltung der Abschaltkette. Die Einfehlersicherheit entspricht den Anforderungen der VDE-AR-N 4105 A.6

**Die Ansteuerung der internen Kuppelschalter erfolgt durch eine separate Verbindung zwischen dem Powador-protect und dem Wechselrichter. Hierfür wird beim Powador-protect das „Inverter Off“ Signal verwendet (siehe Kapitel 8). Das Signal ist ein getaktetes 10V Signal.**

Abbildung 1. Signalspezifikation „Inverter Off“-Signal

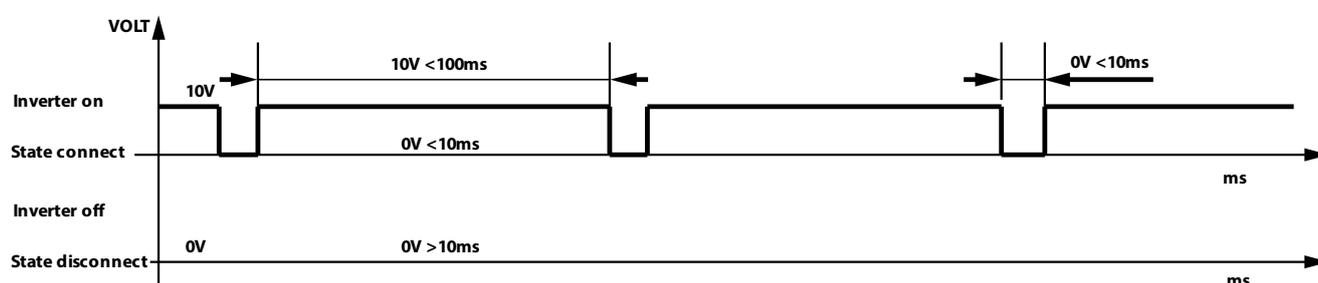


Tabelle 4. Definition Zustände des „Inverter Off“-Signals

Zustand	Definition
STATE CONNECT	Pegel high (5V-20V) < 100ms & Pegel low (0V-3V) < 10ms
STATE DISCONNECT	Pegel low (0V-3V) > 10ms

Durch die Taktung des „Inverter Off“-Signals wird zu jeder Zeit gewährleistet, dass die Verbindung zwischen Powador-protect und dem Wechselrichter in voller Bandbreite zur Verfügung steht.

Sobald im STATE CONNECT durch erhöhte Kapazität, Unterbrechung oder Anliegen einer Fremdspannung ein 0V Impuls nicht übertragen wird, schalten die betreffenden Wechselrichter ohne Zeitverzögerung ab.

Die Auslösekette im Wechselrichter ist einfehlersicher ausgeführt. Kontinuierlich wird die Auslösekette Schnittstelle-Prozessor überwacht.

Vor jedem Zuschalten der Wechselrichter, also täglich, wird die Auslösekette Prozessor Kuppelschalter und der Kuppelschalter selbst geprüft. Bei Feststellung eines Fehlers, erfolgt unverzüglich die Abschaltung vom Netz. Somit ist zu jeder Zeit eine einwandfreie Funktion der Abschaltkette garantiert.

## 4.1.4 Interner Wechselrichter Schutz bei Anschluss eines Powador-protect

Bei Anschluss des „Inverter Off“-Signals und Aktivierung des externen Schutzes in der Wechselrichtersteuerung stellen die Wechselrichter den internen Schutz um.

Der interne Schutz wird deaktiviert, indem Frequenz und Spannungsgrenzen auf die maximalen Betriebsgrenzen des Gerätes gestellt werden. Die maximalen Betriebsgrenzen des jeweiligen Gerätes findet sich in den Technischen Daten des Gerätes und werden in der Wechselrichtersteuerung angezeigt.

### 4.1.5 Zeitverhalten

In Schutzsystemen mit dem Powador-protect sind die folgenden Zeiten definiert:

Abbildung 2. Zeitverhalten Powador-protect und Abschaltung interne Kuppelschalter der Wechselrichter

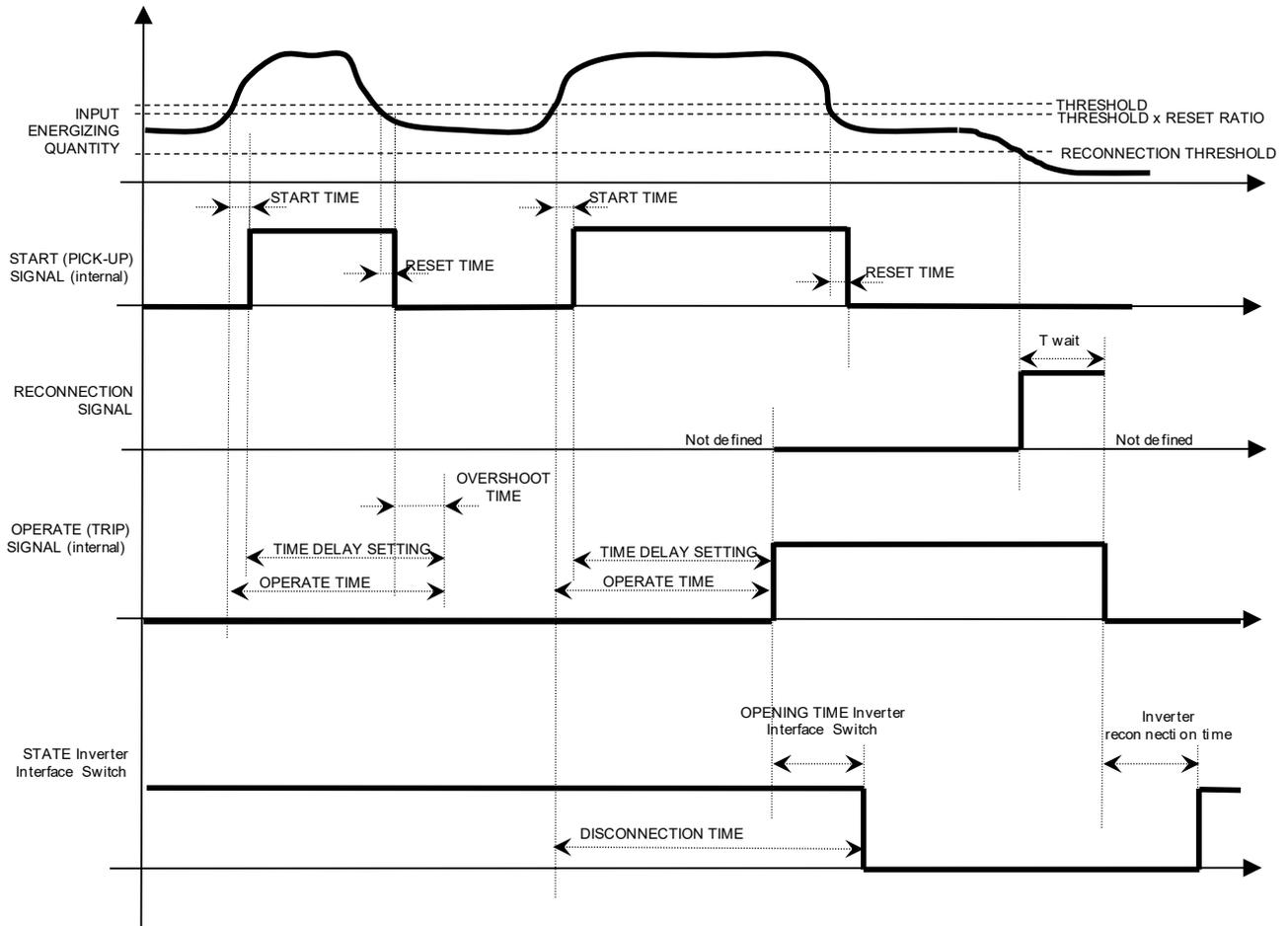


Tabelle 5. Definition Signale und Zeiten im Powador-protect

Zustand	Beschreibung	Wert
START TIME	Start Time ist die Zeit, zwischen dem Zeitpunkt der Überschreitung des eingestellten Schwellwertes und dem Zeitpunkt des Ansprechens des Startsignals. Dies entspricht der Eigenzeit des Powador-protect. (Bezug EN60255-127)	Spannung: 30-50ms Frequenz: 60-80ms
OPERATE TIME / Ansprechzeit	Operate time ist die Zeit, zwischen dem Zeitpunkt der Überschreitung des eingestellten Schwellwertes und dem Zeitpunkt des Ansprechens des Ausgangssignals. (Bezug EN60255-127) Relaisausgang: Die OPERATE TIME endet mit dem Öffnen des Wechselkontaktes des Powador-protect Relais 1 und / oder Relais 2. Inverter Off: Die OPERATE TIME endet mit dem Beginn des STATE DISCONNECT 10ms nachdem das Signal auf low wechselt (low Pegel bis 10ms entspricht der Definition für STATE CONNECT)	Am Display eingestellte Verzögerungszeit + START TIME

CIRCUITBREAKER OPENING TIME	Die Eigenzeit der Schalteinrichtung (Abschaltzeit). Dauer zwischen Ansteuerung der Schalteinrichtung und erfolgter Abschaltung. Die Abschaltzeiten der kompatiblen Wechselrichter sind in Tabelle 6. auf Seite 10 angegeben. Die Abschaltzeit bei Verwendung externer Kuppelschalter muss dem jeweiligen Datenblatt entnommen werden.	Gemäß Tabelle 6. auf Seite 10 bzw. Datenblatt vom Kuppelschalter
DISCONNECTION TIME	Summe aus OPERATE TIME und CIRCUITBREAKER OPENING TIME.	Wie am Display eingestellt.
RESET TIME	Zeit zwischen unterschreiten des Schwellwertes und dem Zurücksetzen des START SIGNAL (Vergleiche EN60255-127)	20ms
Twait	Zeit der Netzbeobachtung bis zum Wiedereinschalten nach Fehlerauslösung. Alle Netzparameter müssen sich innerhalb der Konfigurierten Zuschaltparameter befinden (RECONNECTION SIGNAL high). Das RECONNECTION SIGNAL ist nicht definiert, solange das OPERATE SIGNAL „low“ ist. Das RECONNECTION SIGNAL ist „low“, solange ein Netzparameter außerhalb der konfigurierten Zuschaltbedingungen ist. Das RECONNECTION SIGNAL ist „high“, wenn alle Netzparameter innerhalb der konfigurierten Zuschaltbedingungen sind.	
Inverter reconnection time	Zeit die der Wechselrichter für die Abarbeitung der internen Überwachungsrouitinen und zur Synchronisierung benötigt.	Variabel (ca. 20s bis 200s)

## 4.1.6 Abschaltzeiten der Wechselrichter (Circuitbreaker opening time)

Tabelle 6. Abschaltzeiten kompatibler Wechselrichter

Geräteserie	Abschaltzeit*
blueplanet 3.0 - 10.0TL3	10 ms
blueplanet 15.0 – 20.0TL3	20 ms
blueplanet 50.0 – 60.0 TL3	20 ms
Powador 30.0TL3 – 72.0TL3	20 ms
blueplanet 87.0TL3 – 165TL3	10 ms
blueplanet gridsave 50.0TL3-S	20 ms
blueplanet gridsave 92.0 TL3-S	10 ms

\* Die Abschaltzeit bezieht sich auf das galvanische Öffnen der Schalteinheiten. Die Leistungseinspeisung wird bei allen Geräten innerhalb 5ms beendet.

### 4.1.7 Integration weiterer Abschaltbefehle (z. B: Auslösung Q(U)-Schutz oder Fern-Schnell-Aus)

Gegebenfalls ist bei großen PV-Anlagen, auf Grund der Situation im vorgelagerten Netz, neben der ferngesteuerten Leistungsreduzierung eine Möglichkeit zur Fern-Schnellabschaltung durch den Netzbetreiber oder einen Q(U)-Schutz notwendig.

Bei Verwendung der integrierten Kuppelschalter kompatibler Wechselrichter kann hierfür bauseits ein zusätzlicher, extern angesteuerter Öffner zwischen Powador-protect und dem ersten Wechselrichter in der Leitung, der das „Inverter Off“-Digitalsignal überträgt, installiert werden.

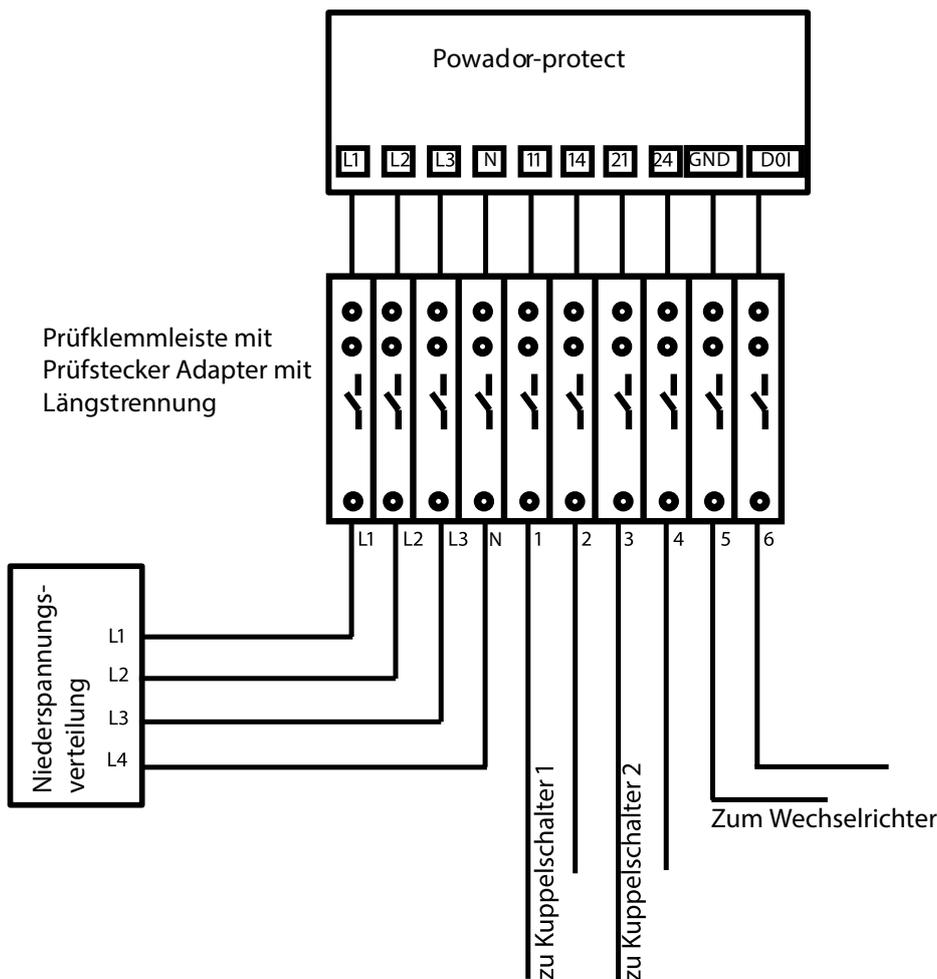
Das Öffnen der Kommunikationsleitung bewirkt einen low Pegel an den Wechselrichtern, der nach 10ms als STATE DISCONNECT erkannt wird.

Die Kuppelschalter in den Wechselrichtern können innerhalb der in Tabelle 4 genannten Zeiten auslösen und bieten einen Zeitvorteil und somit einen Sicherheitsvorteil gegenüber großen Leistungsschaltern oder der ferngesteuerten Leistungsreduzierung.

### 4.1.8 Schutzprüfung am Powador-protect

Der Powador-protect kann bauseits über eine Prüfklemmleiste gemäß Abbildung 3 mit dem zu überwachenden Netz verbunden werden. Durch diesen Aufbau ist der Powador-protect mit marktüblichen Schutzprüfgeräten prüfbar.

Abbildung 3. Aufbauschema Prüfklemmleiste, Anschluss zu Kuppelschaltern oder Wechselrichter wie zutreffend



Zur Schutzprüfung kann entweder ein Relaisausgang oder das „Inverter Off“-Signal ausgewertet werden.

Bei Verwendung des „Inverter Off“-Signals muss aufgrund der Taktung ein Entprellschutz verwendet werden.

Der Entprellschutz muss entsprechend der Definition des Zustandes STATE DISCONNECT auf 10ms gestellt werden.

Aufgrund der Einfehlersicherheit und der Einheitenzertifizierung nach VDE-AR-N 4105 kann gemäß VDE-AR-N 4105 auf die wiederkehrende Schutzprüfung verzichtet werden. Ist dennoch eine Schutzprüfung erforderlich, so kann diese wie folgt durchgeführt werden.

## 4.1.9 Schutzprüfung

### Schutzprüfung durchführen

Längstrennung der Prüfklemmen für die Ansteuerung der Kuppelschalter öffnen (Relais und/oder Inverter Off => Kuppelschalter öffnet).

Längstrennung der Prüfklemmen für die Spannungsmessung öffnen.

Signalausgänge des Schutzprüfgerätes an die Spannungsmessung der Prüfklemmleiste anschließen.

Sensoreingänge des Schutzprüfgerätes an die Ansteuerung der Kuppelschalter anschließen.

Entprellschutz der Sensoreingänge des Schutzprüfgerätes bei Verwendung des „Wechselrichter-AUS“-Signals konfigurieren.

Einstellwerte und Ansprechverzögerung prüfen.

**Hinweis: Generell ist das Durchführen der Schutzprüfung gemäß FGW TR 3 Rev 25 Anhang H.1.3 unter Berücksichtigung der folgenden Punkte empfohlen:**

- a) Kapitel H.1.3.2.2 ist nicht anwendbar, da der Powador-protect Ph-Ph und Ph-N Spannungen auswertet.
- b) Die Frequenzprüfung sollte nach Möglichkeit mit Rampen bzw. möglichst kleinen Sprüngen erfolgen. Frequenzsprünge sind im Energienetz nicht möglich und können bei großer Sprunghöhe zu kurzfristigen Fehlmessungen führen, die die Prüfung der Ansprechverzögerungszeit verfälschen können.

### Ablauf für jede Schutzfunktion (U/f, <, <<, >, >>):

a) Auslösewerte prüfen:

Schrittweise Veränderung jeweils einer Phasenspannung bzw. der Frequenz, bis die Auslösung erfolgt.

- Bei Prüfung von  $U_{<<}$  und  $U_{>>}$  muss entweder:
  - innerhalb der Auslösezeit von  $U_{<}$  bzw.  $U_{>}$  mindestens einmal auf  $U_N$  gesprungen werden um eine Auslösung der ersten Stufe zu vermeiden.

oder

- über das Display die 1. Schutzstufe vorübergehend deaktiviert werden.

b) Ansprechverzögerung prüfen:

Sprung in den sicheren Auslösebereich z.B. Einstellwert +5% bzw. -5%.

c) Rückfallverhältnis prüfen:

#### Alternative 1

gemäß FGW TR 3 Rev 25 Anhang H.1.3 (empfohlen). Sprung in den sicheren Auslösebereich z.B. Einstellwert +5%

bzw. -5%,

Vor Ablauf der Einstellzeit, Sprung auf 0,99 bzw. 1,01 des Einstellwertes -

Rückfallverhältnis  $<0,99$  bzw.  $>1,01$  ist nachgewiesen, wenn keine Abschaltung erfolgt.

#### Alternative 2

Vorübergehende Deaktivierung der Zuschaltbedingung über das Display. Die Ausgänge werden sofort nach Rückfall der Auslösung freigegeben.

Hinweis: Da das Rückfallverhältnis des Schutzgerätes kleiner als das Messrauschen ist und durch die Deaktivierung der Zuschaltbedingung die Rauschunterdrückung deaktiviert ist, kommt es im Bereich der Auslöseschwelle zum Prellen des Ausganges.

Schrittweise Veränderung jeweils einer Phasenspannung bzw. der Frequenz bis die Auslösung stabil erfolgt.

Schrittweise Veränderung jeweils einer Phasenspannung bzw. der Frequenz bis der Rückfall stabil erfolgt (kein Prellen).

Nach erfolgter Schutzprüfung, Schutzprüfgeräte entfernen und Längstrennung für Kuppelschalteransteuerung und Spannungsmessung schließen.

Alle deaktivierten Funktionen wieder aktivieren (erfolgt automatisch nach 3 Stunden)

Die Kuppelschalter schließen nach der eingestellten Netzbeobachtungszeit.

## Prüfung der Gesamtwirkungskette durchführen

Durch die kontinuierliche bzw. tägliche Selbst-Prüfung der Gesamtwirkungskette kann die wiederkehrende Prüfung der Gesamtwirkungskette entfallen. Die Funktion der Gesamtwirkungskette und die Auslösezeit sind über die gesamte Lebensdauer sichergestellt.

Soll dennoch eine Prüfung der Gesamtwirkungskette durchgeführt werden, wird empfohlen **FGW TR 3 Rev 25 Anhang H.1.3.2.10** und VDE-AR-N 4110:2018 11.5.2 zu beachten:

Längstrennung der Prüfklemme für die Spannungsmessungen öffnen.

Der Powador-protect erkennt einen Spannungsfehler und löst die angeschlossenen Kuppelschalter aus.

Erfolgte Öffnung aller angesteuerten Kuppelschalter feststellen:

(1) Externe Kuppelschalter: Hörbare Schalthandlung bzw. Sichtprüfung der Schalterstellung

(2) Integrierte Kuppelschalter:

2a) Bei Zugriff auf das System zur Anlagenüberwachung und Steuerung, kann im Überwachungssystem der Status jedes Wechselrichters geprüft werden. Alle Wechselrichter müssen sich im Status 17 „Powador-protect Abschaltung“ befinden.

2b) Besteht kein Zugriff auf das System zur Anlagenüberwachung und Steuerung, kann der Status jedes Wechselrichters direkt am Wechselrichter geprüft werden. Die Rote LED muss leuchten und im Display, sofern vorhanden, steht die Meldung „Powador-protect Abschaltung“.

Nach erfolgter Schutzprüfung, Längstrennung für die Spannungsmessung schließen.

Die Kuppelschalter schließen nach der eingestellten Netzbeobachtungszeit.

## Abschaltung bei Verlust der Hilfsspannungsversorgung durchführen

Es kann in gleicher Weise vorgegangen werden wie bei der Prüfung der Gesamtwirkungskette.

Statt einer Spannungsmessung wird die Prüfklemme der Hilfsspannungsversorgung aufgetrennt.

## 4.2 Leistungsregelung

Den Befehl zur Wirkleistungsreduzierung erteilt der Netzbetreiber über bis zu 4 potentialfreie Relaiskontakte eines(Funk-) Rundsteuerempfänger.

Der Powador-protect verfügt über vier Digitaleingänge, die mit den vier Relaisausgängen des (Funk-) Rundsteuerempfängers verbunden werden. Daraus ergeben sich vier Abregelstufen, die im Powador-protect werkseitig

auf 0, 30, 60 und 100 Prozent der Anlagennennleistung eingestellt sind.

Die Abregelstufen sind über das Einstellmenü des Powador-protect konfigurierbar, ebenso das Verhalten im Falle eines Ausfalls des Rundsteuerempfängers. Da ein Kontakt für die 100% verwendet wird ergibt sich ein ausfallsicherer Betrieb. Der Powador-protect interpretiert die Signale des Schaltausgangs des (Funk-) Rundsteuerempfängers und sendet über einen RS485-Datenbus einen Steuerbefehl. Die Konfiguration ist in der Betriebsanleitung für den Powador-protect beschreiben.

## 5 Powador-protect als Teil Ihrer PV-Anlage

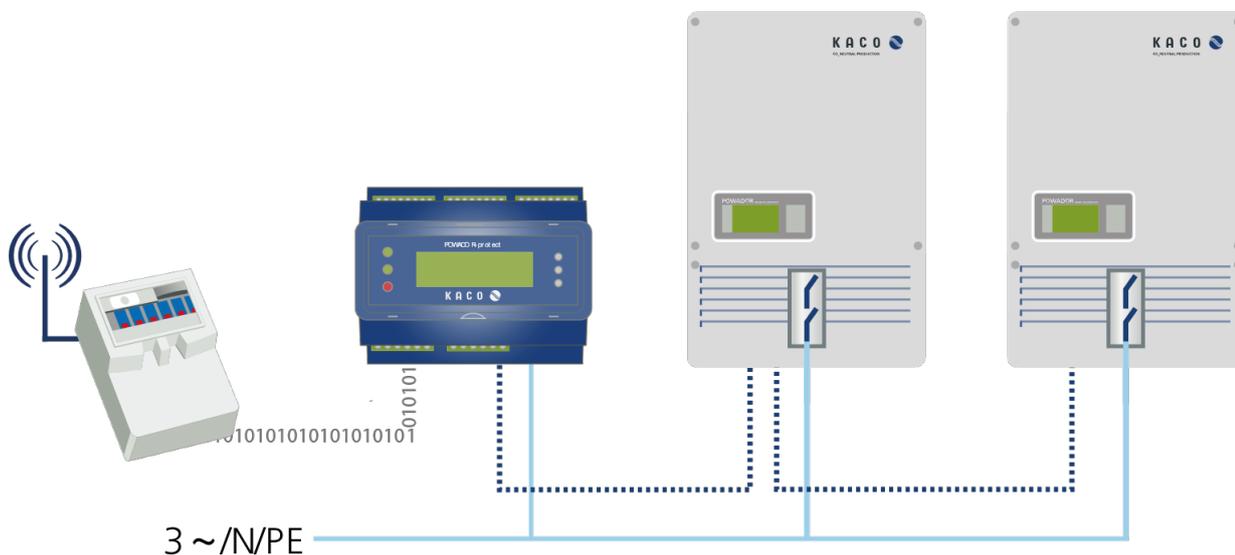
Der Powador-protect wird nahe am Netzeinspeisepunkt in Ihre Photovoltaik-Anlage eingebaut. Liegt der Netzverknüpfungspunkt in der Mittelspannung, wird der Powador-protect immer in der Niederspannung eingebaut.

Wenn bereits ein Datenlogger (Powador-proLOG) mit oder ohne angeschlossenem Rundsteuerempfänger in der zu überwachenden Anlage vorhanden ist, kann der Powador-protect entsprechend konfiguriert werden. Beim Einsatz geeigneter KACO-Wechselrichter sind keine externen Kuppelschalter erforderlich. Die einfehlersichere Abschaltung vom Stromnetz erfolgt in diesem Fall über das digital übertragene Abschaltsignal.

Legende	
	AC-Netz
	Abschaltsignal (Digitalausgang)
01010101	Auswertung Rundsteuerempfänger (DI1-DI4 am Powador-protect)
	Signal zur Leistungssteuerung (RS485)
	Ansteuerung externe Kuppelschalter

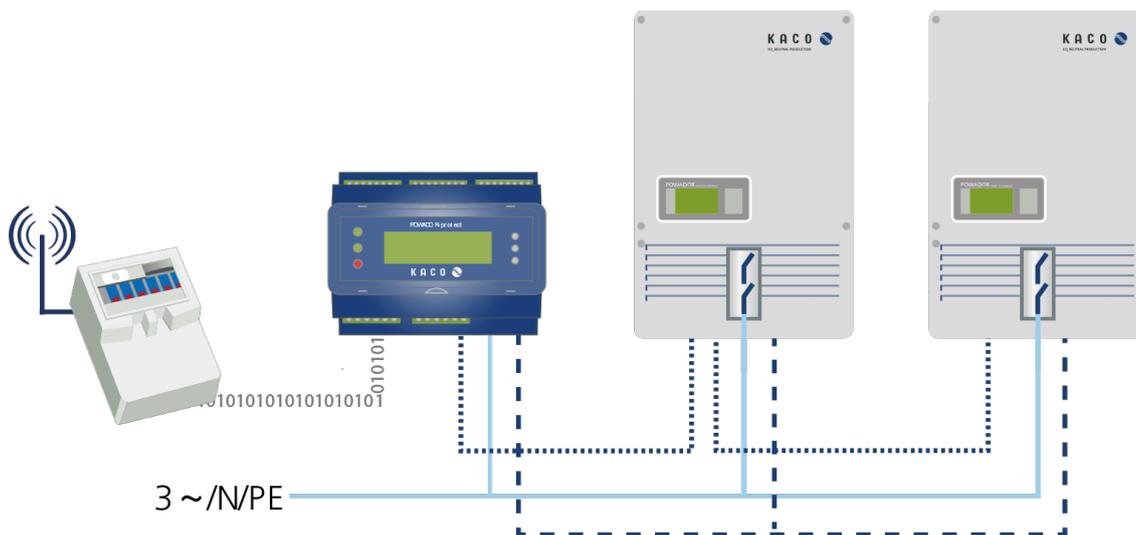
### 5.1 Leistungsregelung mit einem Powador-protect (Entkuppelschutzfunktion deaktiviert)

Abbildung 4. Variante 1: Powador-protect dient nur zur Leistungsregelung mit kompatiblen KACO-Wechselrichtern. Der Schnittstellenschutz der Wechselrichter bleibt aktiv.



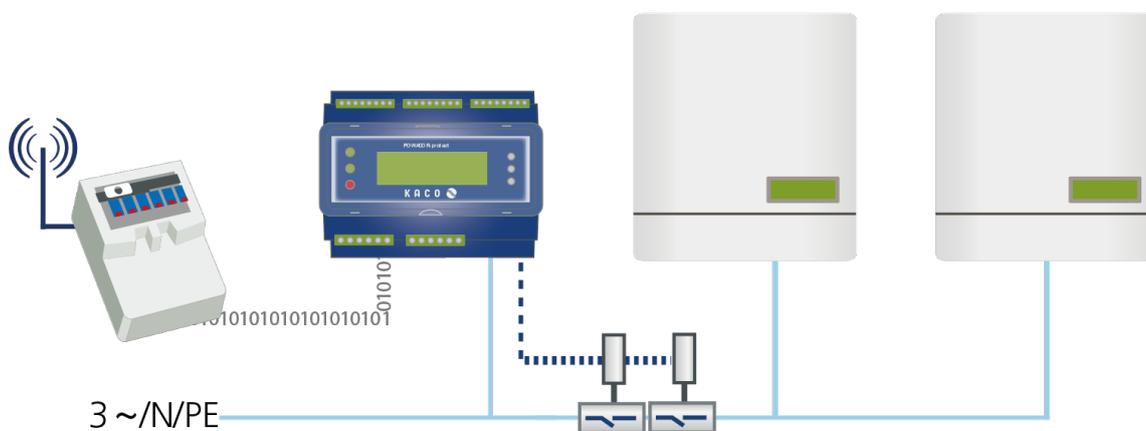
## 5.2 Geeignete KACO-Wechselrichter ohne externe Kuppelschalter

Abbildung 5. Variante 2: Powador-protect als Entkuppelschutz und zur Leistungsregelung mit kompatiblen KACO-Wechselrichtern. Die Kuppelschalter des Wechselrichters werden durch den Powador-protect angesteuert.



## 5.3 Fremdfabrikate mit externen Kuppelschalter

Abbildung 6. Variante 3: Powador protect als Entkuppelschutz mit Fremd-Wechselrichtern mit externen Kuppelschaltern



## 5.4 Mischbetrieb von KACO-Wechselrichtern und Fremdfabrikate

Abbildung 7. Variante 4: Powador protect als Entkuppelschutz mit kompatiblen KACO-Wechselrichtern und Fremd-Wechselrichtern. Ein externer Kuppelschalter ist für die Fremd-Wechselrichter erforderlich.



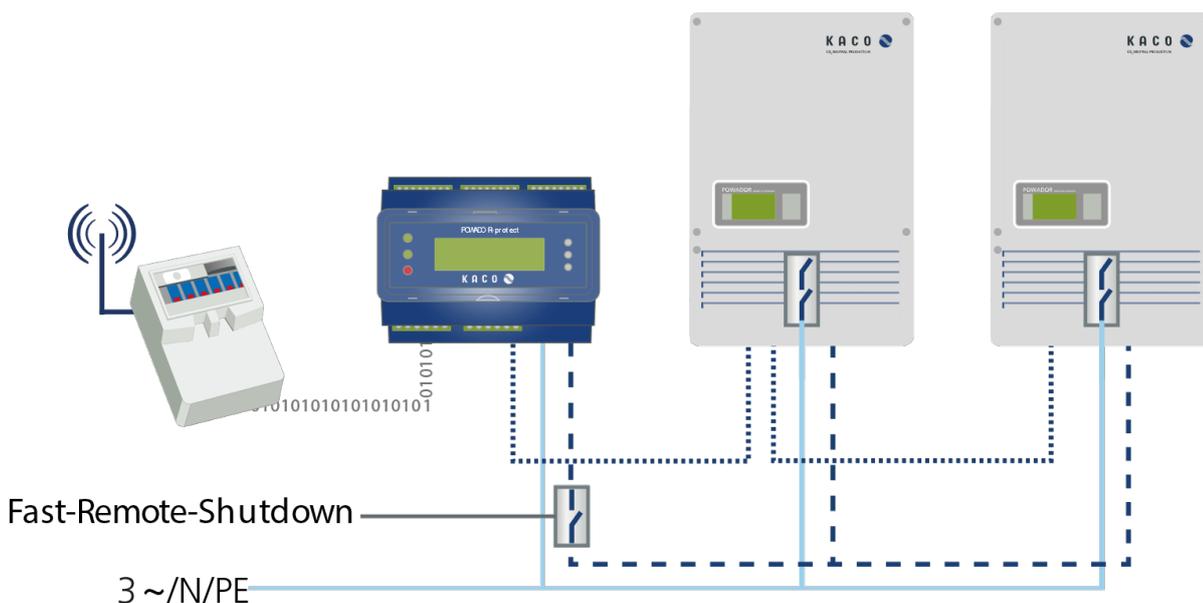
## 5.5 Option „Fern-Schnell-Aus“ beim Einsatz geeigneter KACO-Wechselrichter

Gegebenfalls ist bei großen PV-Anlagen, auf Grund der Situation im vorgelagerten Netz, neben der ferngesteuerten Leistungsreduzierung, eine Möglichkeit zur Fern-Schnellabschaltung durch den Netzbetreiber notwendig.

Hierfür kann ein zusätzlicher, extern angesteuerter Öffner zwischen Powador-protect und dem ersten Wechselrichter in der Leitung, die das „Inverter Off“-Digitalsignal überträgt, installiert werden.

Die Kuppelschalter in den Wechselrichtern können innerhalb von 20ms auslösen und bieten einen Zeit- und somit einen Sicherheitsvorteil gegenüber großen Leistungsschaltern oder der ferngesteuerten Leistungsreduzierung.

Abbildung 8. Option „Fern-Schnell-Aus“: Powador protect als Entkuppelschutz mit kompatiblen KACO-Wechselrichtern und zusätzlicher schnell-AUS Schaltung. Bei Ansteuerung durch den Powador-protect oder bei Öffnung des schnell-AUS Kontaktes schalten die internen Kuppelschalter der Wechselrichter ab.



## 6 Anschluss an geeignete Wechselrichter

Alle traflosen Wechselrichter mit 230V / 400V Nennspannung und Fertigungsjahr 2013 und neuer sind kompatibel.

HINWEIS	
Der Digitalausgang kann nur mit geeigneten KACO-Wechselrichtern verwendet werden (siehe Abschnitt „Eignung von KACO-Wechselrichtern“). Beim Einsatz von Fremdfabrikaten oder im Mischbetrieb mit KACO-Wechselrichtern müssen Kuppelschalter eingesetzt werden.	

### 6.1 Spezifikationen

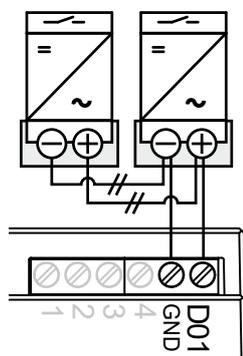
**Kabel:** 2-adrig, z.B. ÖLFLEX® CLASSIC 100

**Leitungsquerschnitte, Leitungslänge und Anzahl der mit dem Powador-protect verbundenen Wechselrichter:**

l(m)/A(mm <sup>2</sup> )	0,5	0,75	1	1,5
250	49 Wechselrichter	50 Wechselrichter	50 Wechselrichter	50 Wechselrichter
500	24 Wechselrichter	36 Wechselrichter	49 Wechselrichter	50 Wechselrichter
750	16 Wechselrichter	24 Wechselrichter	32 Wechselrichter	49 Wechselrichter
1000	12 Wechselrichter	18 Wechselrichter	24 Wechselrichter	36 Wechselrichter

### 6.2 Digitaleingang anschließen

Abbildung 9. Digitaleingang vom Powador-protect an Wechselrichter anschließen

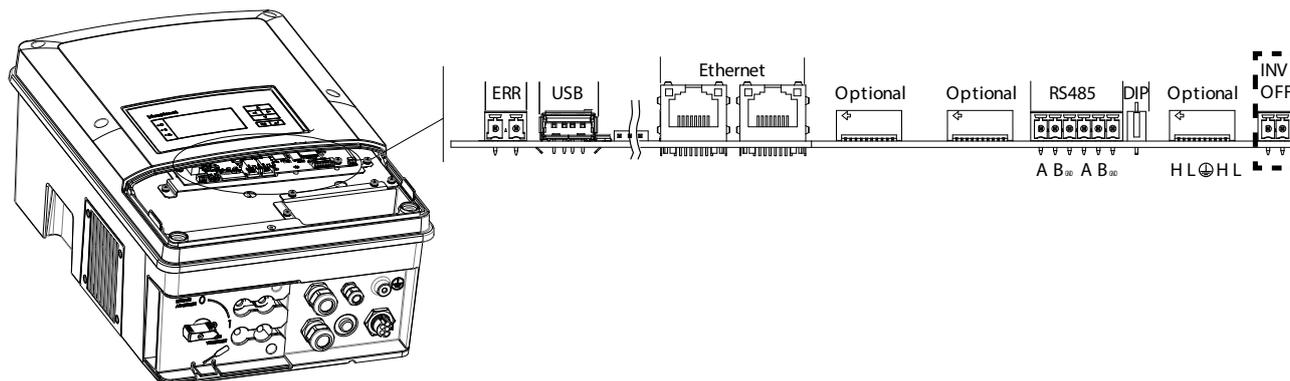


Gehäuse gemäß Betriebsanleitung der Wechselrichter öffnen.

#### 6.2.1 blueplanet 5.0 - 10.0 TL3

Anschluss an der Steuerplatine im Anschlussbereich des Wechselrichters.

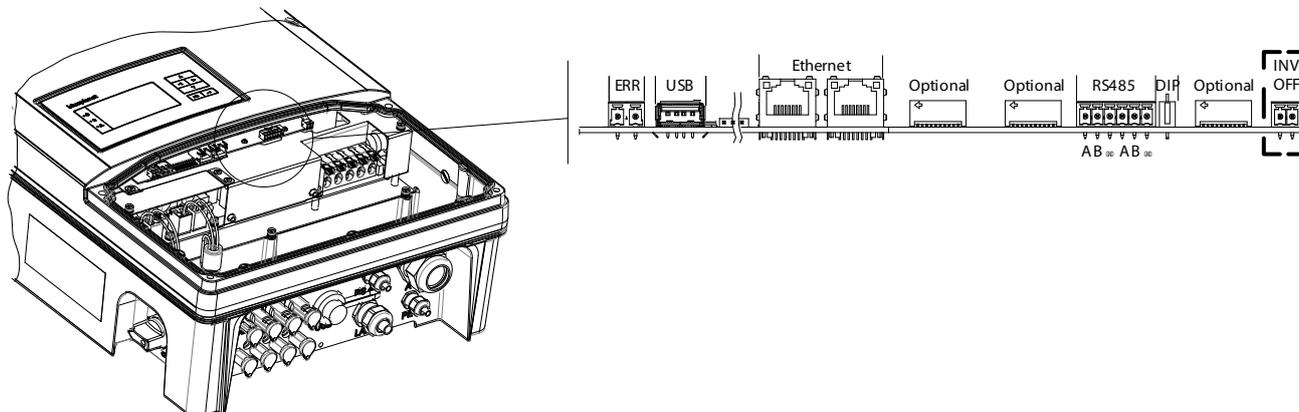
Abbildung 10. blueplanet 5.0 - 10.0 TL3 Steuerplatine



### 6.2.2 blueplanet 15.0 - 20.0 TL3

Anschluss auf der Steuerplatine im Anschlussbereich des Wechselrichters.

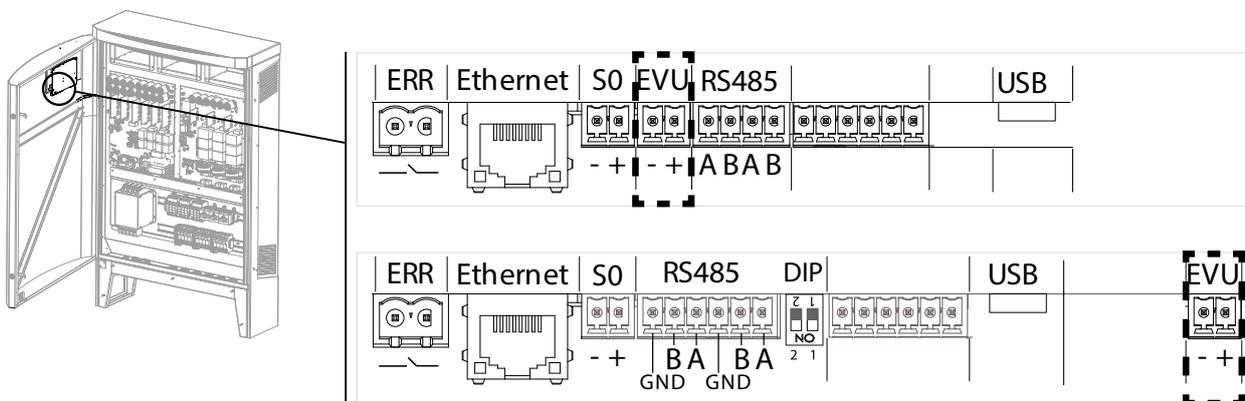
Abbildung 11. blueplanet 20.0 TL3 Steuerplatine



### 6.2.3 Powador 39.0 – 60.0 TL3

Anschluss an der Steuerplatine auf der Innenseite der Gehäusetür.

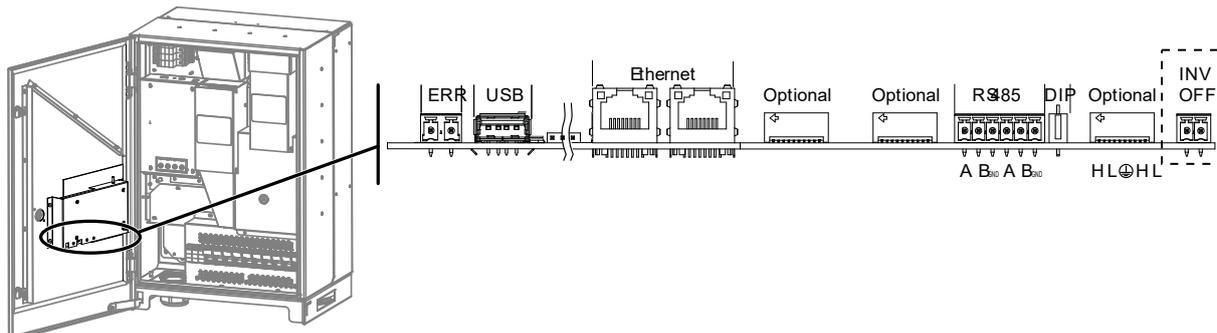
Abbildung 12. Powador 30.0 - 60.0 TL3 Steuerplatine (2 Varianten)



### 6.2.4 blueplanet 50.0 + 60.0 TL3 Basic/M/XL

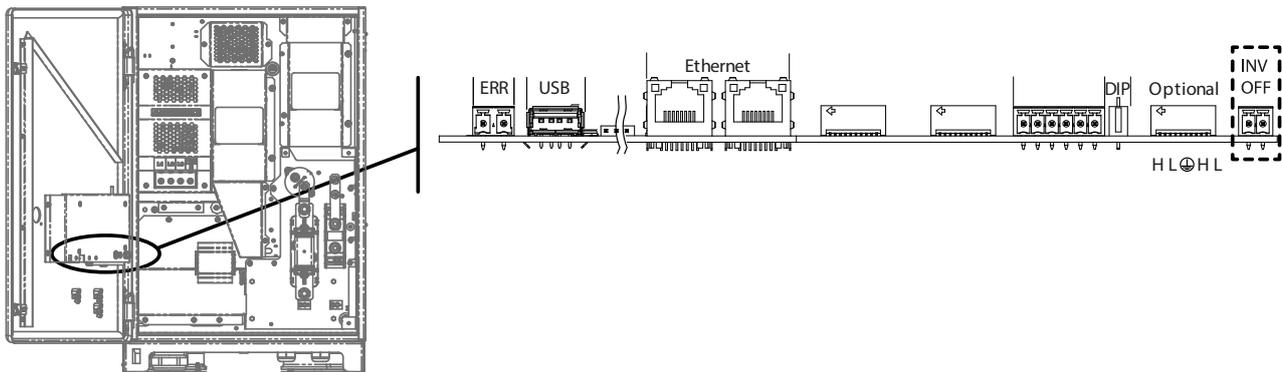
Anschluss an der Steuerplatine auf der Innenseite der Gehäusetür.

Abbildung 13. blueplanet 50.0+ 60.0 TL3 Steuerplatine



### 6.2.5 blueplanet gridsave 50.0 TL3-S

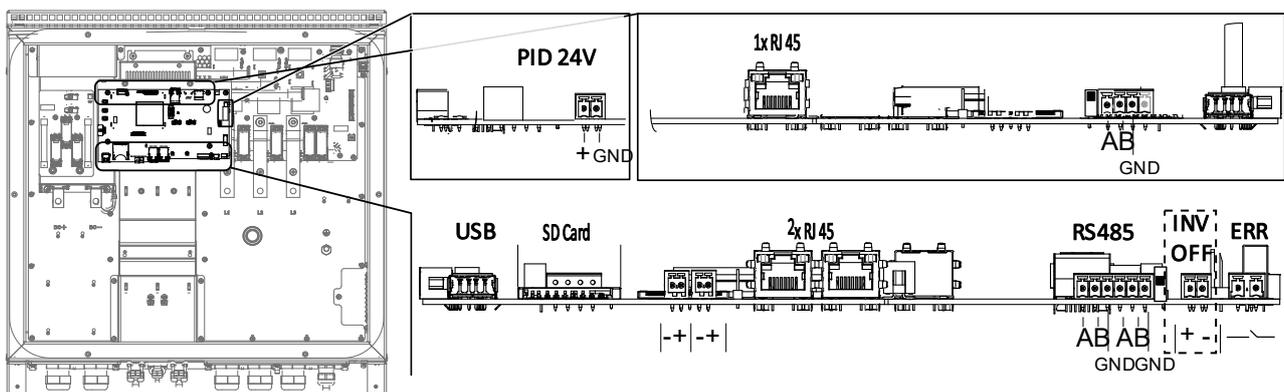
Anschluss an der Steuerplatine auf der Innenseite der Gehäusetür.



### 6.2.6 blueplanet 87.0 -92.0 TL3

Anschluss an der Steuerplatine im Gehäuse.

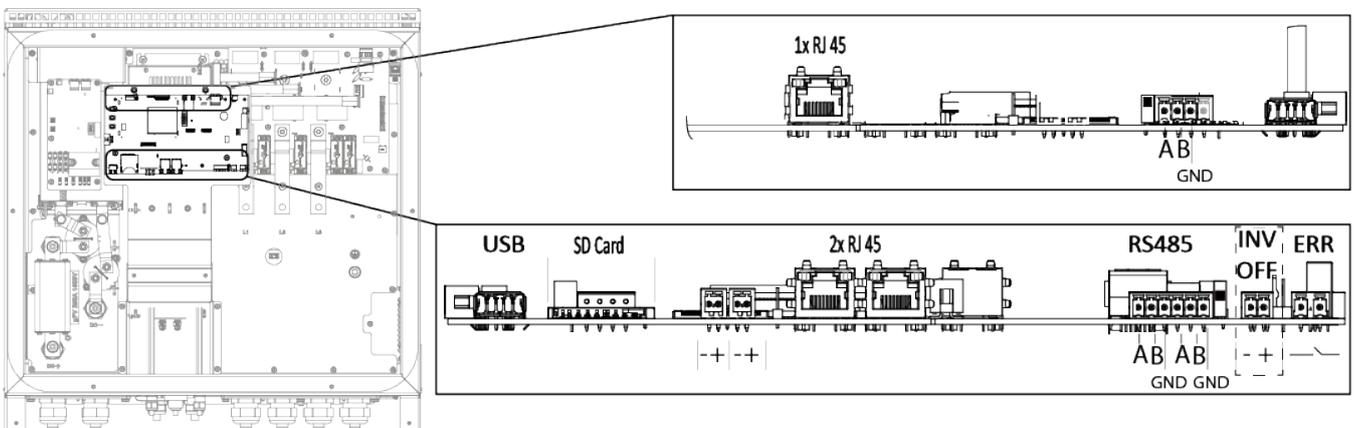
Abbildung 14. blueplanet 87.0 – 92.0TL3 Steuerplatine



### 6.2.7 blueplanet gridsave 92.0 TL3-S

Anschluss an der Steuerplatine im Gehäuse.

Abbildung 15. blueplanet gridsave 92.0 TL3-S Steuerplatine



## 7 Powador-protect aktivieren

Damit die Wechselrichter auf das Abschaltsignal des Powador-protect reagieren können, muss der Digitaleingang der Wechselrichter aktiviert werden. Informationen zur Bedienung Ihrer Wechselrichter finden Sie in der dazugehörigen Betriebsanleitung. Die Wechselrichter müssen gegebenenfalls zuvor auf den neuesten Softwarestand aktualisiert werden.

Die Aktivierung des Digitaleingangs für den jeweiligen Wechselrichter erfolgt in folgenden Schritten:

### **blueplanet 5.0-10.0 TL3 / blueplanet 15.0 - 20.0 TL3**

Parameter-Menü öffnen.

Zum Menüpunkt „Powador-protect“ navigieren.

Die Option „Auto“ aktivieren.

Die Einstellungen speichern.

### **Powador 39.0-72.0 TL3**

Parameter-Menü öffnen.

Zum Menüpunkt „Powador-protect“ navigieren.

Die Option „Auto“ aktivieren.

Die Einstellungen speichern.

### **blueplanet 50.0 TL3 + 60.0 TL3 + blueplanet gridsave 50.0 TL3-S**

Parameter-Menü öffnen.

Zum Menüpunkt „Powador-protect“ navigieren.

Die Option „Auto“ aktivieren.

Die Einstellungen speichern.

### **blueplanet 87.0 – 92.0 TL3 + blueplanet gridsave 92.0 TL3**

Konfiguration-Menü öffnen.

Zum Menüpunkt „Eigenschaften / Funktionen“ navigieren.

Eintrag „Externer Netzschutz“ öffnen.

Option „Powador-protect“ auswählen und Betriebsmodus setzen.

Speichern mit „Einstellungen übernehmen“-Button.

## 8 Weitere Informationen



### **HINWEIS**

Zusätzliche Informationen finden Sie in der Broschüre „Die Niederspannungsrichtlinie Teil 2“. Verbesserte Netzintegration durch Niederspannungsrichtlinie und EEG 2012“ und in der Betriebsanleitung des Powador-protect.

Diese Dokumente finden Sie im Download Bereich unserer Webseite: [kaco-newenergy.de](http://kaco-newenergy.de).



The text and figures reflect the current technical state at the time of printing. Subject to technical changes. No liability for printing errors.