

Technische Hinter-
grundinformationen

von ECTIVE



IM IT- UND TN-NETZ

ECTIVE

PERSONENSCHUTZ IM IT- UND TN-NETZ

Technische Hintergrundinformationen von ECTIVE

Kurzübersicht

- ✓ Elektrische Anlagen können nach unterschiedlichen Netzarten angelegt sein: Man unterscheidet zwischen „geerdeten“ (z. B. TN-Netz) und „ungeerdeten“ Systemen (z. B. IT-Netz).
- ✓ Die Netzarten haben verschiedene Vor- und Nachteile. Beispielsweise sind IT-Netze resistent gegen einen ersten Isolationsfehler.
- ✓ IT- und TN-Netze unterscheiden sich hinsichtlich notwendiger Vorkehrungen zum Personenschutz.
- ✓ Geräte von ECTIVE stellen entweder TN-Netze (Wechselrichter Pro-Serie) oder IT-Netze bereit (herkömmliche Wechselrichter-Serien).
- ✓ IT-Netze können mittels einer Erdungsbrücke in TN-Netze umgewandelt werden.
- ✓ Bei der Einrichtung elektrischer Systeme in Wohnwagen und Motorcaravan gelten besondere Sicherheitsanforderungen.

Inhalt

Netzarten: Geerdete und ungeerdete Systeme	2
Grundlegendes Schutzkonzept	3
TN- und IT-Systeme: Aufbau, Sicherheit und Einsatz	4
Sicherheit im IT-Netz: Erster Isolationsfehler	5
Sicherheit im IT-Netz: Zweiter Isolationsfehler	6
RCD / FI-Schutzschalter	7
Elektrische Anlagen in Caravans und Motorcaravans	8
Ersatzstromversorgungsanlagen	10
Personenschutz bei Produkten von ECTIVE	12
Haftungsausschluss	13

Netzarten: Geerdete und ungeerdete Systeme

Elektrische Anlagen können je nach Größe und Betriebsanforderungen gemäß unterschiedlicher Netzformen ausgelegt werden. Die zur Verfügung stehenden Niederspannungsnetze, wie TN-, TT- oder IT-Systeme, bieten dabei jeweils verschiedene Vorzüge und Nachteile. Stromversorgungsgeräte von ECTIVE stellen entweder ein TN-Netz (etwa ECTIVE Pro Wechselrichter) oder ein IT-Netz (herkömmliche ECTIVE Wechselrichter-Serien) bereit. Damit in beiden Systemen zuverlässiger Brand- und Personenschutz gewährleistet werden kann, stellen wir in dieser Übersicht die erforderlichen Sicherheitsmechanismen der jeweiligen Netze vor.

Grundsätzlich unterscheiden sich TN- und IT-Systeme in der **Erdung** der Bestandteile der Systeme: Dabei wird zwischen der **Erdung der Stromquelle** sowie der **Erdung der Körper** der einzelnen Verbraucher differenziert. Diese beiden Eigenschaften eines Netzes lassen sich anhand der beiden ersten Buchstaben der Systembezeichnung ablesen:

Erster Buchstabe Erdung der Stromquelle/Transformators	Zweiter Buchstabe Erdung der Körper in der Anlage
T Sternpunkt ist per Betriebserder direkt geerdet. („terre“ = Erde)	N Körper sind mit dem Betriebserder verbunden. („neutre“ = neutral)
I Alle aktiven Teile sind gegen Erde isoliert. („isolé“ = isoliert)	T Körper sind per Anlagenerder direkt geerdet. („terre“ = Erde)

In **TN-Systemen** ist also der Sternpunkt des Transformators niederohmig geerdet, ebenso wie die Körper der Betriebsmittel. Man spricht von einem **geerdeten System**.

Im Gegensatz dazu handelt es sich bei **IT-Netzen** um **ungeerdete Systeme**: alle aktiven Leiter sind gegen Erde isoliert, oder zu Messungszwecken hochohmig mit der Erde verbunden. Die Körper der Betriebsmittel sind gemeinsam oder einzeln geerdet.

Grundlegendes Schutzkonzept

Elektrische Anlagen müssen dem Personenschutz auf zweierlei Arten gerecht werden:

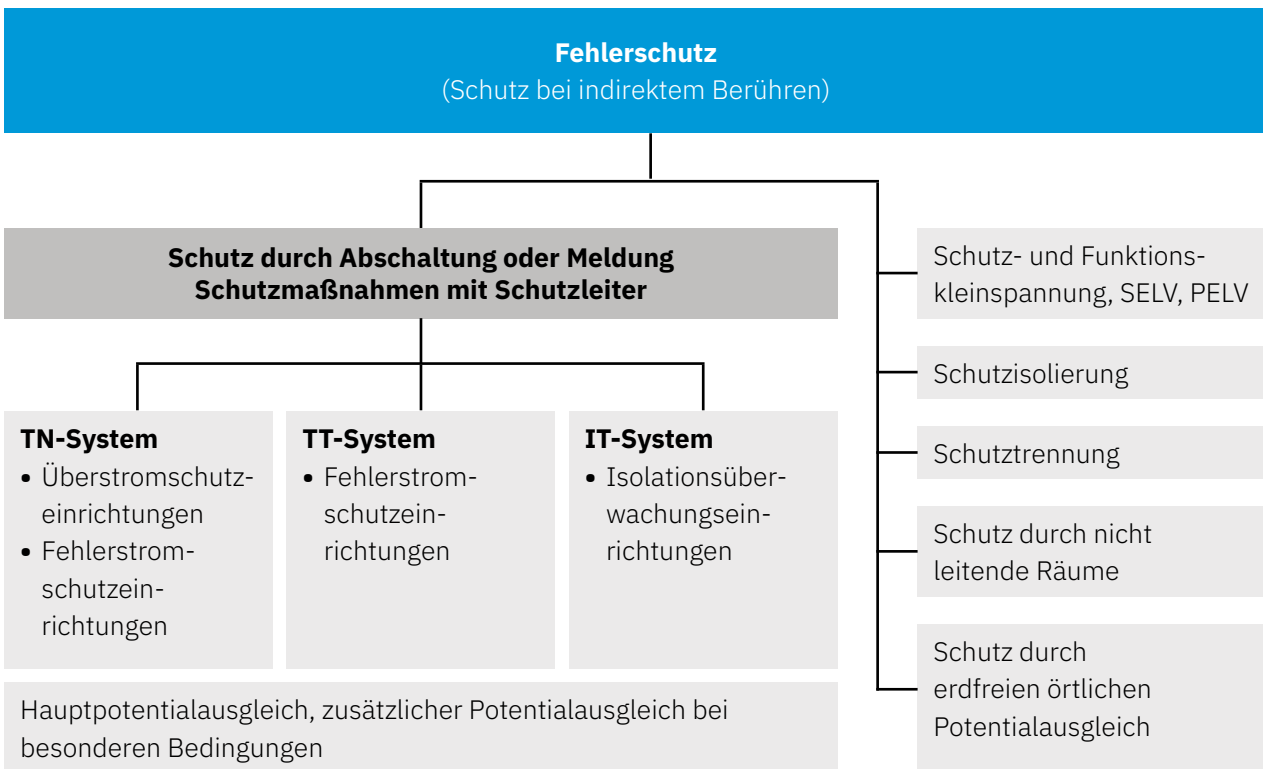
Basisschutz:

Schutz der Person, indem *direktes Berühren* der spannungsführenden Teile der Betriebsmittel verhindert wird. Dazu zählen z. B. vollständige Isolierung von Kabeln sowie das Abdecken durch ein Gehäuse.

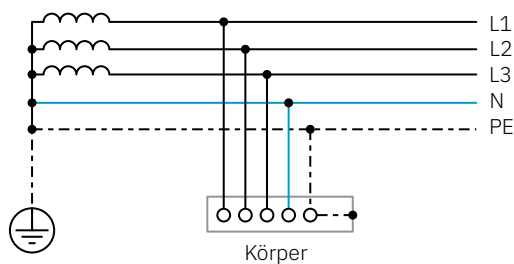
Fehlerschutz:

Schutz der Person vor elektrischem Schlag bei *indirektem Berühren*, also z. B. dem Berühren eines unter Spannung stehenden Gehäuses. Dies kann der Fall sein, wenn etwa ein defektes Kabel in Kontakt mit dem leitfähigen, geerdeten Gehäuse kommt. In dieser Situation hat der Basisschutz versagt und die Sicherheit der Person muss durch den Fehlerschutz garantiert werden.

Bei den Möglichkeiten zum Fehlerschutz unterscheidet man zwischen den netzabhängigen Schutzmaßnahmen *mit Schutzleiter* und den netzunabhängigen Schutzmaßnahmen *ohne Schutzleiter*.

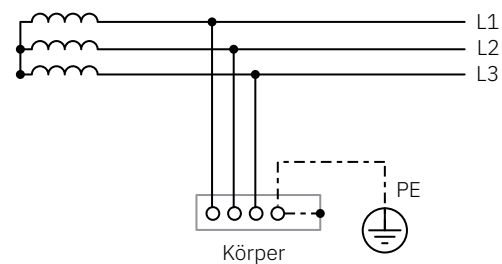


TN- und IT-Systeme: Aufbau, Sicherheit und Einsatz



TN-System („geerdet“)

Sternpunkt des Transformators sowie Körper der Betriebsmittel sind über den Schutzleiter (PE) geerdet.



IT-System („ungeerdet“)

Nur die Körper der Betriebsmittel sind geerdet. Der Sternpunkt der Stromquelle ist gegen Erde isoliert.

Durch die jeweilige Erdung der beiden Netze verhalten sich die Systeme im Falle eines Isolationsfehlers unterschiedlich. Dies hat direkte Konsequenzen für den Personenschutz sowie die Versorgungssicherheit der Systeme:

Berührt im geerdeten System eine Person ein leitendes Gehäuse, das aufgrund eines Körperschlusses unter Spannung steht, fließt sofort ein hoher Fehlerstrom über die Person zur Stromquelle. Daher muss das System über geeignete Schutzmechanismen wie Sicherungen und FI-Schutzschalter verfügen, die den Stromkreis trennen bevor es zum Schaden am Menschen kommen kann. So führt in einem geerdeten System ein **einzigster Fehler** dazu, dass die gesamte Ablage abgeschaltet wird.

In ungeerdeten Systemen hingegen besteht zwischen der Stromquelle der Erdung der Körper keine elektrische Verbindung – bzw. lediglich eine mit sehr hochohmiger Impedanz. Deshalb ist der Strom, der bei Berührung eines unter Spannung stehenden Gehäuses durch die Person fließt, nicht spürbar und ungefährlich (s. u.). Somit kann selbst im Falle eines Körperschlusses die Anlage weiter betrieben und die Stromversorgung bei kritischen Anwendungen gewährleistet werden. Aus diesem Grund kommen IT-Systeme in Anlagen wie etwa Operationssälen zum Einsatz, bei denen eine Unterbrechung der Stromversorgung unbedingt verhindert werden muss.

Tritt in einem IT-Netz jedoch ein **zweiter Isolationsfehler** auf, kann es zu einem Kurzschluss zwischen den Außenleitern kommen, der die sofortige Abschaltung des Systems erfordert. Aus diesem Grund muss das Netz über eine Überwachungseinrichtung verfügen, die das Auftreten eines ersten Fehlers optisch oder akustisch meldet. So kann der erste Isolationsfehler zeitnah behoben werden.

Sofern alle nötigen Sicherheitsvorkehrungen korrekt eingesetzt werden, sind also beide Systeme vor Personenschäden durch indirektes Berühren geschützt.

Sicherheit im IT-Netz: Erster Isolationsfehler

IT-Systeme kommen zum Einsatz, wenn eine Unterbrechung der Stromversorgung durch einen einzelnen Fehler verhindert werden soll. Dennoch muss natürlich zuverlässiger Personenschutz gewährleistet werden, da bei einem Fehler Menschen mit unter Spannung stehenden Gehäusen in Berührung kommen können, etwa Patienten oder medizinisches Personal in einem OP-Saal. Im Folgenden wird die Sicherheit im IT-Netz gegenüber einem ersten Isolationsfehler gezeigt:

Um die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen und den Personenschutz zu garantieren, müssen die Körper der Betriebsmittel geerdet sein und die Berührungsspannung an einem Körper, der durch einen Isolationsfehler unter Spannung steht, auf 50 V begrenzt sein. Es gilt also:

$$R_{Ges} \times I_f \leq 50 \text{ V}$$

R_{Ges} ist dabei die Summe der Widerstände in Ω des Erders und des Schutzleiters zum jeweiligen Körper. I_f ist der Fehlerstrom in A beim ersten Fehler mit vernachlässigbarer Impedanz zwischen einem Außenleiter und einem Körper. Der Wert von I_d berücksichtigt die Ableitströme und die Gesamtimpedanz der elektrischen Anlage gegen Erde.

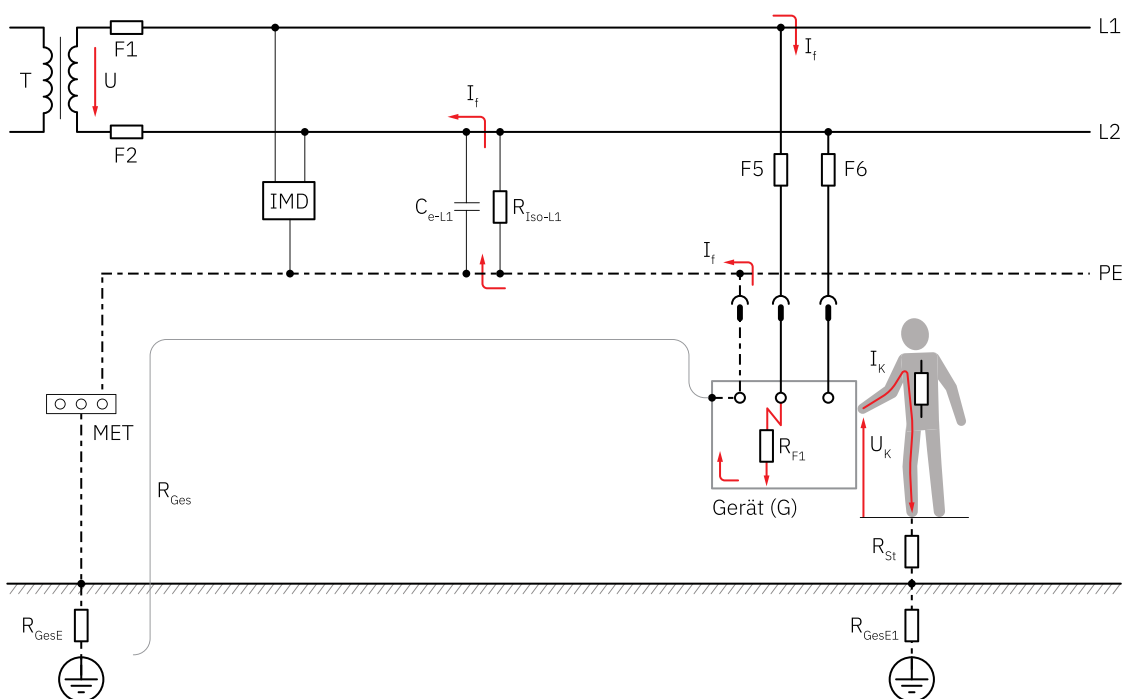
Eine **Beispielrechnung** zeigt, dass Berührungsspannung bzw. Körperstrom bei IT-System im Normalfall ungefährlich sind:

Annahmen: $R_{isol-L1} = 1 \text{ M}\Omega$ | $R_{Ges} = 10 \text{ }\Omega$ | $U = 230 \text{ V}$

$$U_K = 230 \text{ V} * R_{PE-G} / (R_{isol-L1} + R_{PE-G}) = 230 \text{ V} * 10 \text{ }\Omega / 1 \text{ M}\Omega = 2,3 \text{ mV}$$

$$I_K = U_K / 1 \text{ k}\Omega = 2,3 \text{ mV} / 1 \text{ k}\Omega = 2,3 \text{ }\mu\text{A}$$

$$I_f = 230 \text{ V} / 1 \text{ M}\Omega = 0,2 \text{ mA}$$

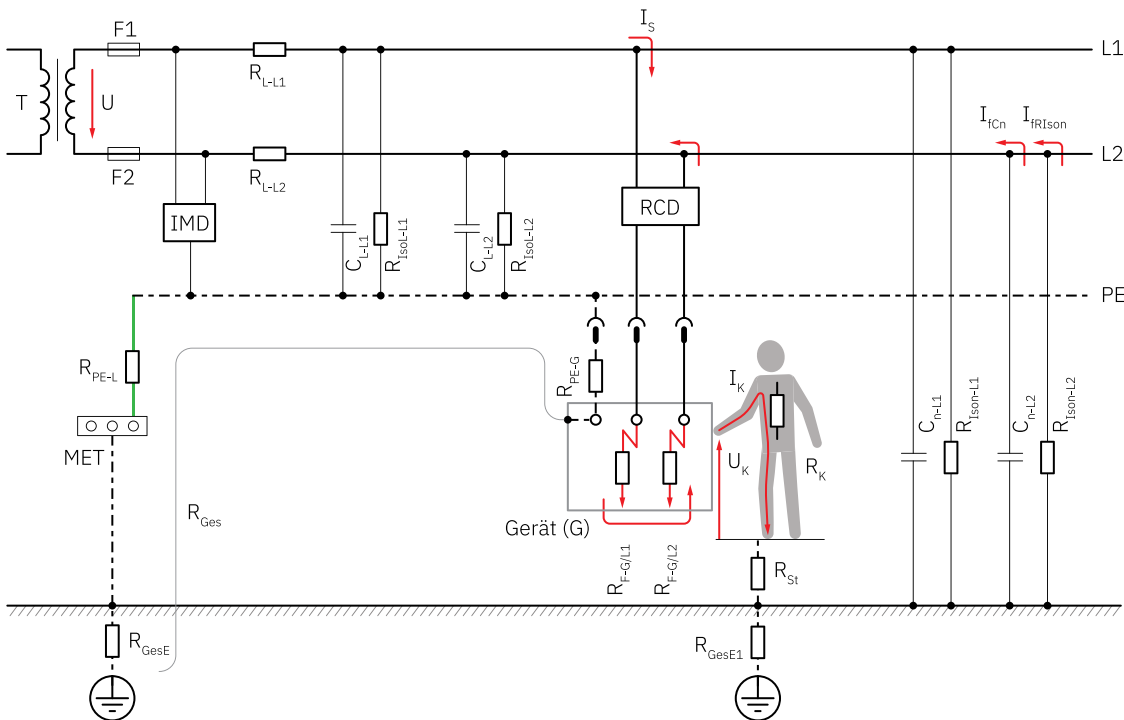


Sicherheit im IT-Netz: Zweiter Isolationsfehler

Auch wenn eine Anlage mit IT-System trotz Auftreten eines einzelnen Fehlers weiterbetrieben werden kann, muss der Fehler schnellstmöglich erkannt und behoben werden. Hierzu dient ein Isolationsüberwachungsgerät, das den Isolationszustand des Netzes misst. Im Falle eines Körperschlusses wird der Isolationswert überschritten und das Messgerät gibt eine optische oder akustische Warnung aus, um auf den Fehler hinzuweisen. Bei der Fehlersuche spielt die Größe und Komplexität des IT-Netzes eine wichtige Rolle.

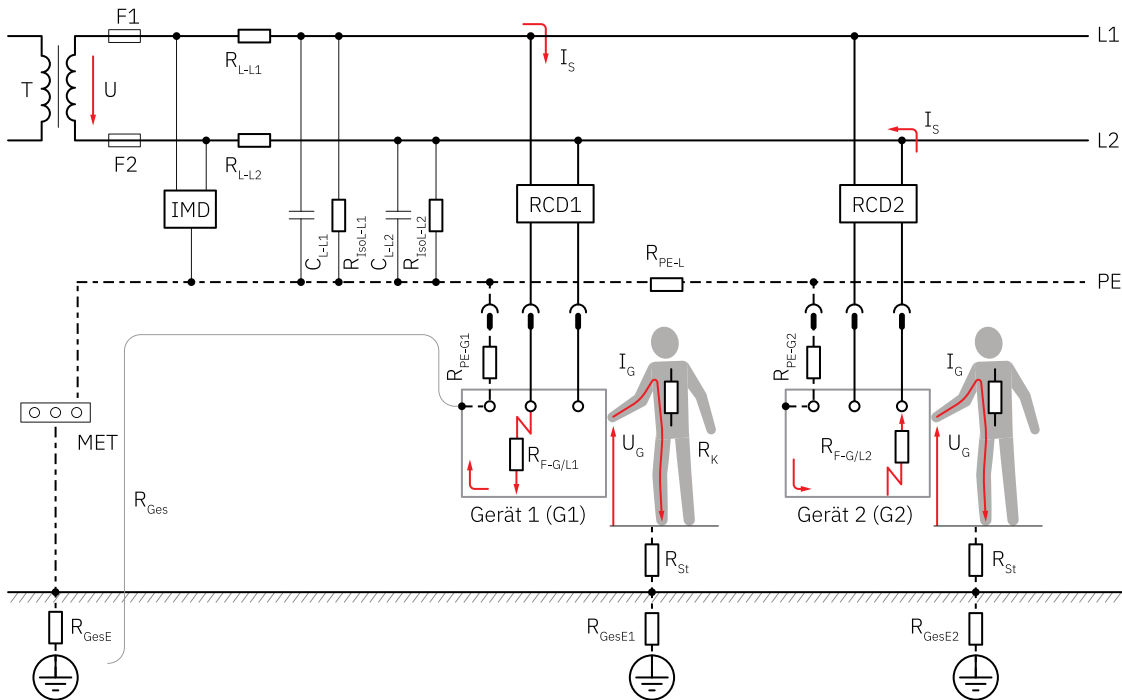
Wird der erste Fehler nicht rechtzeitig behoben und kommt es zu einem **zweiten Fehler** an einem anderen aktiven Leiter, muss die Anlage automatisch abgeschaltet werden. Dabei gelten gemäß DIN VDE 0100-410 die zutreffenden Abschaltbedingungen und -zeiten für TN-Systeme (für den Fall, dass die Körper der Betriebsmittel im IT-System gemeinsam geerdet sind) bzw. für TT-Systeme (falls die Körper im IT-System einzeln oder gruppenweise geerdet sind).

Die automatische Abschaltung erfolgt über Kurzschlusschutz bzw. Überstrom-Schutzeinrichtungen. Sollten diese Maßnahmen nicht ausreichen, um die vorgegebenen Abschaltzeiten einzuhalten, muss ein zusätzlicher Schutzpotentialausgleich sowie ein RCD eingesetzt werden. Bei IT-Netzen ist jedoch unbedingt zu beachten, dass die Zuverlässigkeit des RCDs nicht in jedem Fall gegeben ist, da sie von der relativen Position des Fehlers und des RCDs zueinander im System abhängt: Tritt der zweite Fehler hinter dem RCD auf, wird dieser in Ermangelung eines Differenzstroms *nicht* ausgelöst. Somit kommt es bei symmetrischen Fehlern an unterschiedlichen Außenleitern nicht zur automatischen Abschaltung der Anlage durch ein RCD. Im Fall von zwei Fehlern an unterschiedlichen Leitern wird die Anlage nur abgeschaltet, wenn jedes Betriebsmittel durch ein eigenes RCD geschützt wird. Alternativ ist eine Überstrom-Schutzeinrichtung zu verwenden.



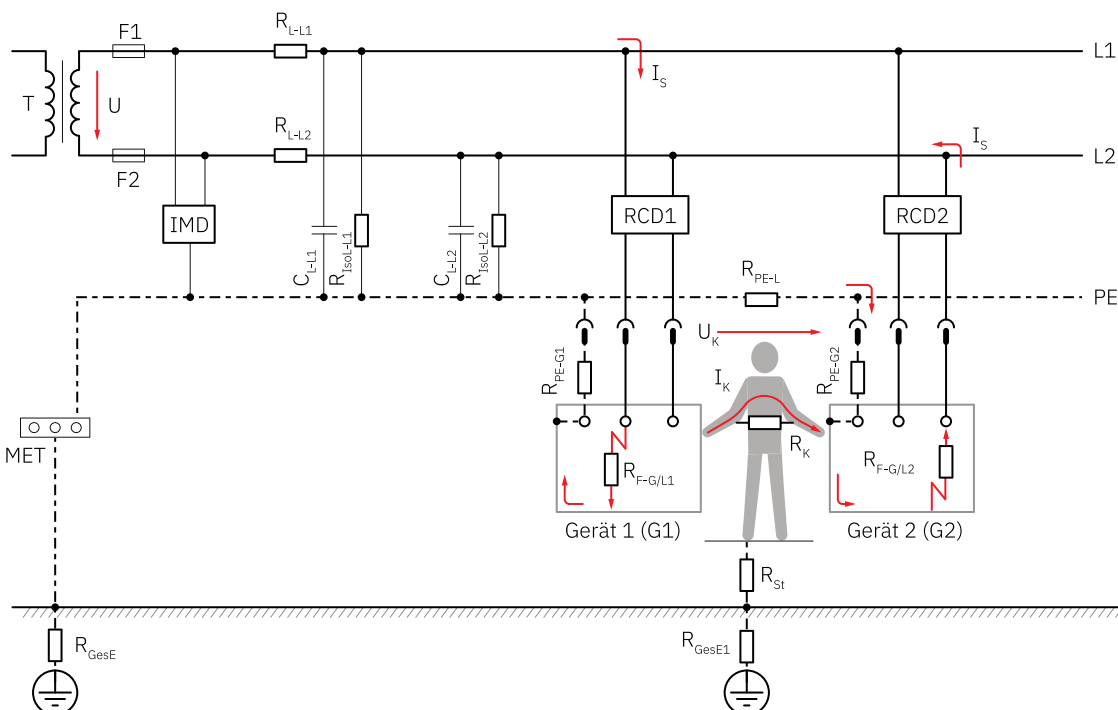
Symmetrische Fehler an unterschiedlichen Außenleitern

RCD löst nicht aus, da sich kein Differenzstrom ergibt. *Kein Abschalten der Anlage!*



Verwendung mehrerer RCDs

Eines der beiden RCDs löst aus und schaltet die Anlage ab. Die Fehler müssen bei unterschiedlichen Leitern und Stromkreisen auftreten.

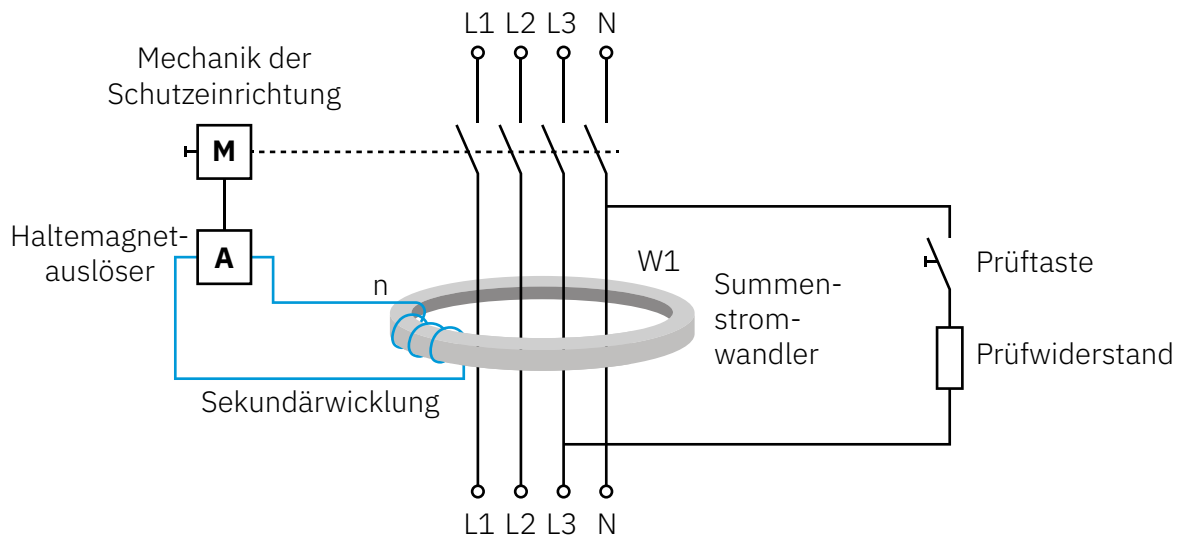


Sicherheit durch Schutzleiter/PA

Beim gleichzeitigen Berühren unterschiedlicher Betriebsmittel (SK I) wird der Personenschutz durch den parallel zum Körper liegenden Schutzleiter oder Potentialausgleich geboten.

RCD / FI-Schutzschalter

Fehlerstromschutzrichtungen (RCDs bzw. FI-Schalter) schützen Personen und Geräte, indem sie die elektrische Anlage bei einem Fehler möglichst schnell abschalten und so das Gefährdungspotenzial so gering wie möglich halten. Dies geschieht, wenn ein entsprechender Differenzstrom erfasst wird. Der RCD kann dabei nicht zwischen typischerweise ohmschen Fehlerströmen und kapazitiven Ableitströmen unterscheiden. RCDs sollten je nach Einsatzbereich allerdings unempfindlich gegenüber kurzzeitigen Fehlerströmen und Ableitströmen sein.



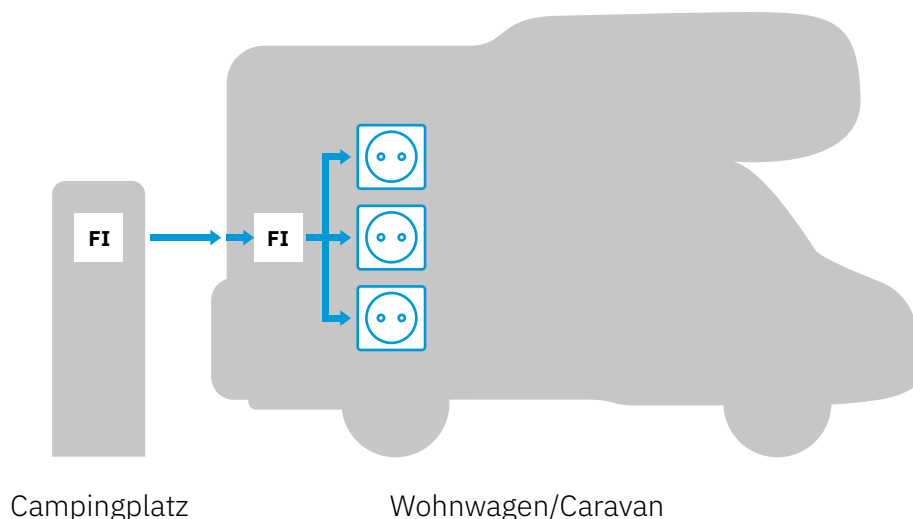
Sollte es zu einem Fehler kommen, erfasst der Summenstromwandler mittels der Differenzialspulen den resultierenden Fehlerstrom. In der Messwicklung des Summenstromwandlers wird eine Spannung erzeugt, die wiederum das Abschaltrelais erregt. Dadurch wird der Mechanismus des Schaltschlusses ausgelöst und der Stromkreis abgeschaltet.

Elektrische Anlagen in Caravans und Motorcaravans

gemäß DIN VDE 0100-721, DIN EN 1648

Bei der Ausstattung von Caravans und Motorcaravans mit Niederspannungsnetzen sind einige Vorschriften umzusetzen, die dem Schutz von Personen und Geräten dienen. Insbesondere ist zu beachten:

- Erfolgt der Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung im Fehlerfall, muss ein RCD mit Bemessungsdifferenzstrom ≤ 30 mA als Zusatzschutz verwendet werden.
- Es muss zwischen jeder Einspeisestelle der Stromversorgung des Caravans und dem jeweils zugehörigen RCD eine unmittelbar direkte Verbindung ohne Abzweige zwischen der Einspeisestelle und dem RCD bestehen.
- Laut DIN VDE 0100-410:2018-10, Abschnitt 415.1.1 haben sich RCDs beim Versagen des Basis- und Fehlerschutzes als effektiver Zusatzschutz bewährt. Alle aktiven Leiter sollen gemäß DIN VDE 0100-721 geschaltet werden.
- Es muss für jede separate elektrische Anlage innerhalb des Caravans ein eigener Anschluss mit einem eigenen zugeordneten RCD vorliegen.
- Kommt es zum Fehler, lösen das RCD des Caravans und das der externen Stromversorgung auf dem Stellplatz gleichzeitig aus, um die Anlage abzuschalten.



Ersatzstromversorgungsanlagen

gemäß DIN VDE 0100-410, DIN VDE 0100-551, DIN 6280-10, DIN 14685-1

DIN 6280-10 enthält Anforderungen an Stromerzeugungsaggregate kleiner Leistung: Insbesondere müssen die entsprechenden Kleinstromerzeuger so konstruiert sein, dass sie die Voraussetzungen für IT-Netze gemäß DIN VDE 0100-410 erfüllen:

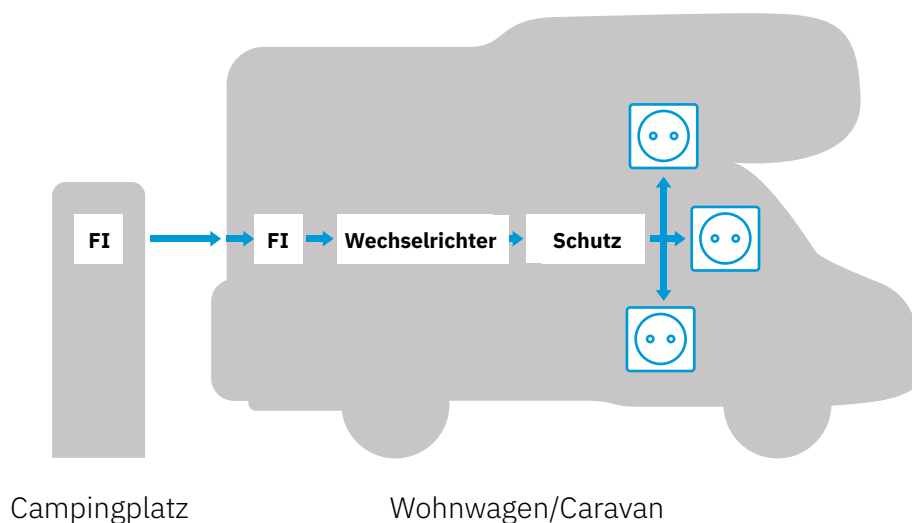
- Die aktiven Teile müssen gegen Erde isoliert sein oder über eine hinreichend hohe Impedanz mit Erde verbunden sein.
- Es muss eine Isolationsüberwachung mit automatischer Abschaltung des Systems vorhanden sein.
- RCDs sind nicht zwingend erforderlich, die Verwendung kann jedoch Zusatzschutz bieten (s. o.). Das RCD löst bei einem ersten Fehler nur aus, wenn das System über eine Impedanz ($> 40 \Omega$) geerdet ist. Ansonsten löst es erst bei einem zweiten Fehler aus.

Schutztrennung bei Ersatzstromerzeugern:

DIN VDE 0100-410 schreibt vor, dass bei Anwendung der Schutztrennung nur ein Verbrauchsmittel an einen Trenntransformator oder an eine Sekundärwicklung eines Transformators angeschlossen werden darf. Dies trifft auch für Ersatzstromerzeuger zu.

Ein nachgeschalteter Verteiler mit mehreren Steckvorrichtungen ist nicht zulässig.

Gemäß DIN VDE 0100-551 gilt für Schutztrennung, dass die Körper der Stromerzeugungseinrichtung mit dem Potentialausgleichsleiter verbunden sein müssen, wenn es sich um Betriebsmittel der Schutzklasse I handelt.



Wenn mehr als ein elektrisches Verbrauchsmittel an die Stromerzeugungseinrichtung angeschlossen werden soll, muss das System die Anforderungen gemäß DIN VDE 0100-551 erfüllen:

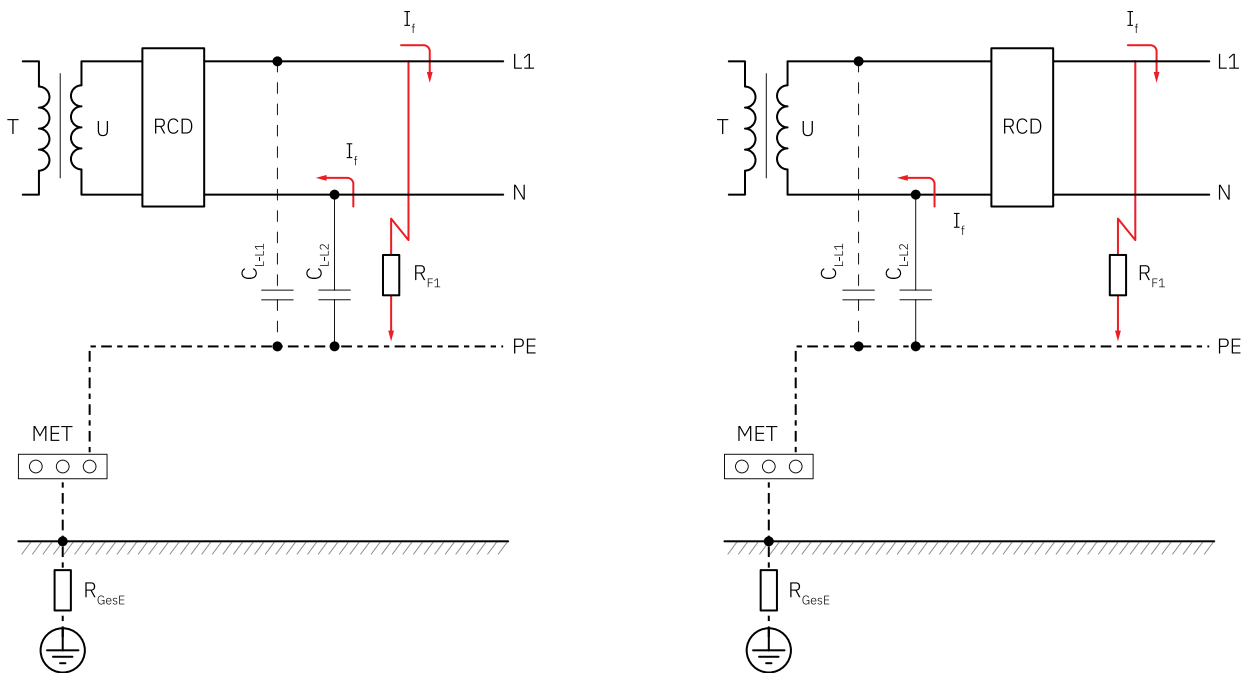
- **Schutztrennung mit Abschaltung durch *Isolationsüberwachung***

Sinkt der Isolationswiderstand zwischen aktiven Teilen und dem ungeerdeten Potentialausgleichsleiter unter $100 \Omega/V$ Nennspannung, müssen die Stromkreise der Verbrauchsmittel innerhalb von 1 s von der Stromerzeugungseinrichtung getrennt werden.

oder

- **Schutztrennung mit *Kabel- und Leitungsbegrenzung* und Abschaltung**

Die Leitungslänge muss kleiner als 500 m, die Spannung kleiner als 500 V, das Produkt aus Spannung und Leitungslänge kleiner als 100 000 sein. Alle aktiven Teile sind ungeerdet und die Körper angeschlossener Verbraucher sind in einem Potentialausgleich einbezogen.



RCD in IT-Systemen

Die Netzableitkapazität liegt hinter bzw. vor dem RCD.

Personenschutz bei Produkten von ECTIVE

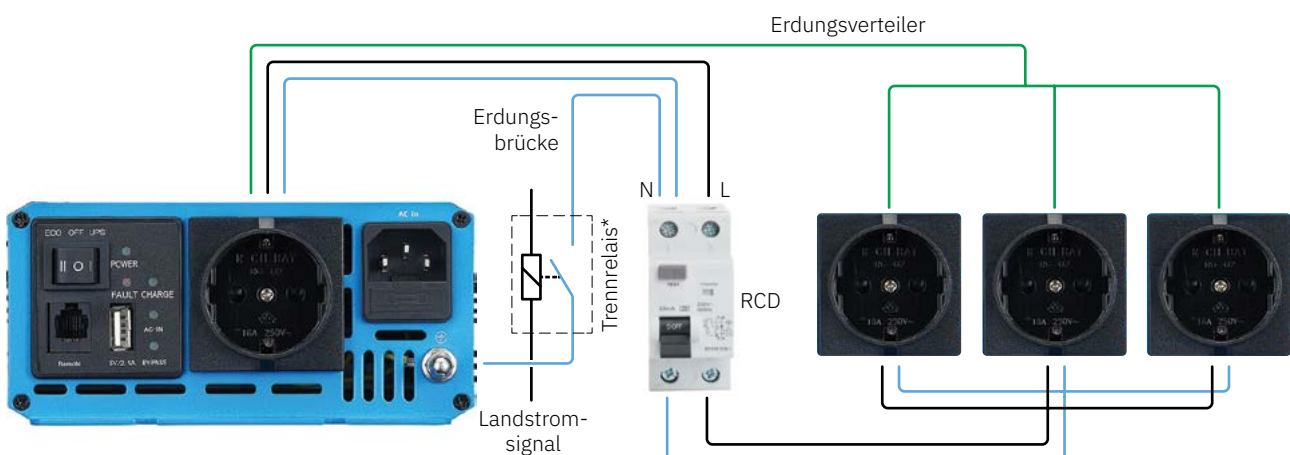
Geräte mit TN-Netz

Die fortschrittlichen ECTIVE Pro Wechselrichter stellen ein TN-Netz bereit, d.h. der Personenschutz erfolgt wie für TN-Netze bekannt: Bei Berührung eines durch Körperschluss unter Spannung stehenden Gehäuses fließt sofort ein hoher Fehlerstrom durch die Person. Sicherungen und RCDs müssen dafür sorgen, dass das System schnell genug abgeschaltet wird, um Schaden am Menschen zu verhindern. Das System schaltet direkt bei einem ersten Fehler ab.

Geräte mit IT-Netz

Herkömmliche ECTIVE Wechselrichter stellen ein IT-Netz bereit. Entsprechend müssen beim Installieren einer Anlage mit IT-System alle in diesem Dokument genannten Anforderungen und Hinweise zum Personenschutz in IT-Netzen befolgt werden.

Alternativ lässt sich ein IT-Netz in ein TN-Netz umwandeln. Hierzu kann eine Erdungsbrücke wie folgt vorgenommen werden:



*Das Trennrelais ist Landstromgesteuert: Liegt ein Landstrom an, ist das Relais offen und die Erdungsbrücke ist getrennt; beim Batteriebetrieb ist das Relais geschlossen.

Auf dieses Relais kann bei ECTIVE Wechselrichtern der SI-Serie verzichtet werden, da diese Geräte über keinen Landstromanschluss verfügen.

Haftungsausschluss

Dieser technische Leitfaden wurde mit größter Sorgfalt erstellt und soll einen Überblick über das Thema des Personenschutzes in unterschiedlichen elektrischen Systemen bieten.

Die batterium GmbH übernimmt keine Haftung oder Gewährleistung für die Richtigkeit, Aktualität und Vollständigkeit der Informationen in diesem Dokument. Sollten Ihnen fehlende, unpräzise oder fehlerhafte Informationen auffallen, bitten wir Sie, uns diese schriftlich unter der unten stehenden Adresse mitzuteilen.

Die batterium GmbH übernimmt keinerlei Haftung für typografische oder inhaltliche Fehler und behält sich vor, jederzeit ohne vorherige Ankündigung Änderungen an diesen Unterlagen vorzunehmen.

Die batterium GmbH ist nicht für Personenschäden, Sachschäden oder sonstige Schäden sowie direkte und indirekte Folgeschäden haftbar oder verantwortlich, die in Verbindung mit Informationen, die in diesem Dokument aufgeführt sind, entstehen oder entstanden sind.

Das Thema des Personenschutzes ist komplex. Notwendige Vorkehrungen hängen von der Art und Beschaffenheit der elektrischen Anlage ab. Holen Sie sich bei der Planung und Umsetzung einer elektrischen Anlage in jedem Fall Rat von einer qualifizierten Elektrofachkraft ein.

ECTIVE ist eine Marke der

batterium GmbH

Robert-Bosch-Straße 1
71691 Freiberg am Neckar
Deutschland

+49 7141 1410870
info@ective.de

ECTIVE.DE