

Fehlerspannungs-Schutzschalter (FU-Schutzschalter)

In Analogie zum Fehlerstromschutzschalter (FI) wird hier ein Schutzschalter vorgestellt, der den Haushalt vor kleinen Überspannungen (FU) schützt. Er löst einen Fehlerstrom aus, sobald die Netzspannung 250 Volt übersteigt (plus 10 Prozent). Dieser Fehlerstrom löst den zentralen FI-Schalter des Haushalts aus und dieser schaltet den Haushalt vom Netz ab.

Der Schalter ist nicht zu verwechseln mit einem Überspannungs-Blitzschutz! Er kann diesen auch nicht ersetzen. Verglichen mit einem Blitzschutz ist der FU-Schalter vergleichsweise langsam, typische Ansprechzeiten liegen bei etwa 200 Millisekunden. Dafür aber ist er viel genauer einstellbar. Auch die Wirkung ist eine andere. Während ein Blitzschutz mit einem Varistor (Variable Resistor) nahezu verzögerungsfrei ($< 1\text{ ns}$) bei Überschreiten meist von 385 Volt mit bis zu 40 kA (exponentiell zur Spannung steigend) kurzschließt und damit die Haussicherungen verdampft, löst der FU-Schalter einstellbar bei genau z.B. 10 Prozent Überspannung (253 Volt) aus.

Achtung! Dieses Projekt ist nicht ungefährlich! Es ist nicht für Anfänger geeignet. Es setzt eine fundierte Ausbildung in elektronischer Schaltungstechnik und Elektrik voraus! Auch ist die hier vorgestellte Idee (noch) nicht in irgendeinem Normen- oder Gesetzeswerk vorhanden.

Prüfen Sie bitte vorab, ob ihr FI-Hausschalter bei 30 mA auslöst. Bestimmte Modelle lösen teils erst bei höheren Strömen oder zeitverzögert aus, siehe dazu [Wikipedia: Fehlerstrom-Schutzschalter](#). Im Zweifel fragen Sie Ihren Elektroinstallateur, Elektromeister oder einen Elektroingenieur.

Motivation

Die Energieversorger warnen seit Jahren vor einem unkontrollierten Ausbau von Solar- und Windenergie. Probleme bereitet nicht nur die "Dunkelflaute" im Winter, ebenso gefährlich ist das Maximum von Wind und Sonne ("Segelwetter") an einem Wochenende im Sommer, wenn alle Windräder auf Vollast drehen, die Solarzellen ihre Nennleistung erreichen und alle Firmen geschlossen sind, die den Strom abnehmen könnten. Auch ist die unstete Energiezufuhr nur brauchbar, wenn man gigantische Strommengen aus dem Ausland importieren kann, wenn im Winter Dunkelflaute herrscht.

Im Fall von "Segelwetter" werden sich Netzfrequenz und Netzspannung erhöhen, bis sich der Netzbetreiber entschließt, ganze Gebiete, die zuviel Strom ins Netz liefern, herauszuschalten. Durch Zufall erfuhr der Autor aus einer Doku über den Schauspieler Semmelrogge, daß es diesen Fall im vergangenen Jahr auf Mallorca bereits gab. Resultat war eine in diesem Gebiet steigende Überspannung auf 290 Volt, die alle elektronisch (ohne mechanischen Schalter) gesteuerten Geräte zerstörte, wie Pumpen, Kühlschränke, Ceranfelder, Internet-Server, Fernseher, Antennenanlagen, ferngesteuerte Tore, Ladegeräte, Computer etc. Allein bei Herrn Semmelrogge entstand ein Schaden von

13.000 Euro, so berichtete er. Der ÖRR berichtete wohl nicht, auch Google findet diesen Vorfall nicht.

Theoretisch müssen alle Photovoltaik-Anlagen nach EEG (Erneuerbare Energien-Gesetz) durch den Netzbetreiber steuerbar sein - Stichwort "Funkrundsteuerempfänger" (früher hieß es "Rundfunk"). In der Realität bei Anlagen unter 25 Kilowatt Spitzenleistung ist diese Forderung wohl noch nicht angekommen.

Da es in den letzten zehn Jahren viele Warnungen von Experten gab, glaubte auch ich, daß fernsteuerbare Zähler eigentlich einzubauen sind. Aber offenbar weit gefehlt. In meiner Umgebung wurden 2024 viele weitere Dächer mit Kilowatt liefernden Solarzellen gepflastert. Rückfrage bei den Besitzern ergab, daß diese wohl eher kaum vom Energieversorger abgeschaltet werden können.

Wenn dem so ist, dann ist das der helle Wahnsinn, der Häuser und Solardächer in Brand setzen könnte?

Wo liegt das Problem?

Die Lieferanten von Solarenergie erhalten eine garantierte Einspeisevergütung. Deutschland zahlt dazu auch bei Segelwetter horrenden Summen (pro Stunde Millionen Euro, die der Steuerzahler zu zahlen hat) demjenigen, der den überflüssigen Strom abnimmt. Man bekommt diesen Strom nicht nur geschenkt, zusätzlich erhält man Geld für dessen Abnahme! Es erinnert an die DDR-Subventionswirtschaft. Lieferte man als Kleingärtner ein Kilo Birnen ab, bekam man 1,40 Mark dafür - und konnten dieselben Birnen dann für 70 Pfennige wieder im Laden kaufen, weil der Markt übersättigt war. Wie die DDR endete, wissen wir.

Die Kosten für die sogenannte "Erneuerbare Energien-Förderung" belasteten den Steuerzahler allein 2024 mit etwa 20 Milliarden Euro. Andere Quellen sprechen sogar von 200 Milliarden Euro. Bezeichnend ist der französische Energiekonzern EDF (Électricité de France). Dessen Gewinne steigen von Jahr zu Jahr. 2024 entstand ein Rekordgewinn von 11,4 Milliarden Euro (FAZ vom 21.2.2025). Dieser ist insbesondere auf die Erzeugung von Atomstrom zurückzuführen.

Da auch 2024 munter weitere Gigawatt an Solarleistung auf Dächern (unter 25 Kilowatt Spitzenleistung) installiert wurden, könnte bereits für Ostern 2025 "Segelwetter" erwartet werden mit Abschaltung großer Gebiete. Wehe dem, Ihr Haus befindet sich in einem solchen abgeschalteten Gebiet. Dort könnte die Spannung möglicherweise hochlaufen und alle Elektronik in diesem Gebiet zerstören.

Um diesem Risiko zu entgehen, wurde dieser Fehlerspannungs-Schutzschalter (FU-Schutzschalter) entwickelt. Insofern Sie über einen zentralen Fehlerstrom-Schutzschalter verfügen, kann dieser ihr Haus oder ihren Haushalt vor kleinen Überspannungen (größer 250 Volt) schützen, die in diesem Falle auftreten können.

Funktion und Bedienung

Das Gerät ist in einem freigeprägten Schuko-Verteilergehäuse realisiert, das auf der Unterseite einen Schukostecker besitzt. Auf der Oberseite sind drei LEDs und eine nur mit einem Stift bedienbare Taste zu erkennen.

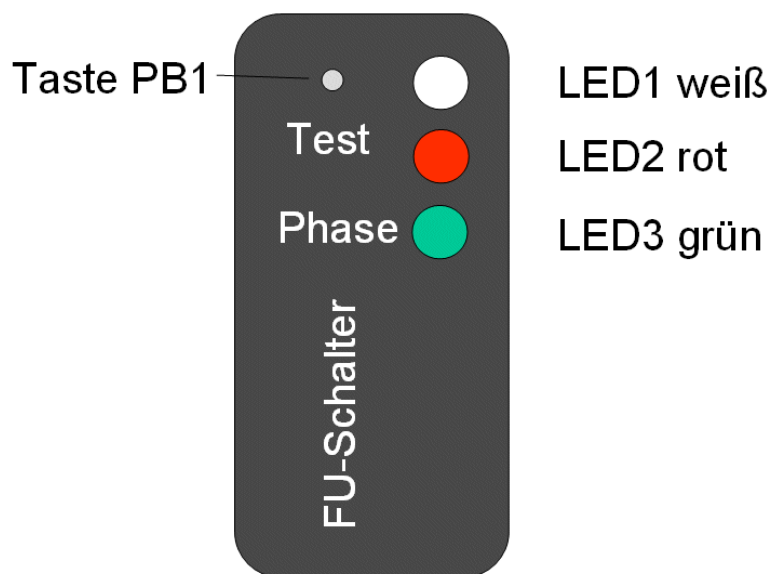


Abb.1: Realisierter FU-Schalter und Frontplatte des Geräts mit drei LEDs und einer versenkt bedienbaren Auslöse-Taste für den Test des Geräts.

Tabelle 1: LED-Anzeigen

| LED | Funktion |
|------|-----------------------|
| weiß | keine Überspannung |
| rot | Überspannung erkannt |
| grün | Polarität ist richtig |

Liegt Netzspannung an, leuchtet LED1 weiß (siehe auch Abb.2 Mitte). Leuchtet auch die grüne LED3, so ist der FU-Schalter in Betrieb. Leuchtet Grün nicht, so steckt der Stecker verkehrt herum in der Steckdose (Abb.2 Mitte) und der FU-Schalter wird keinen FI-Fehlerstrom auslösen.

Der FU-Schalter schaltet bei Überspannung einen kleinen (kapazitiven) Strom (70 mA) von der Phase L auf die Schutzterde PE. Weil die Polarität von Phase L und Neutral N bei

Schukomaterial wechselbar ist, zeigt der FU-Schalter die richtige Polarität der Phase mit der grünen LED an. Dazu muß der Stecker so herum gesteckt sein, daß die grüne LED leuchtet (Abb.2 Links).

Wird die Fehlerspannung überschritten, oder wird die Test-Taste PB1 gedrückt, wird ein Fehlerstrom in PE eingespeist und LED2 leuchtet rot (Abb.2 Rechts), die grüne und die weiße LED verlöschen.

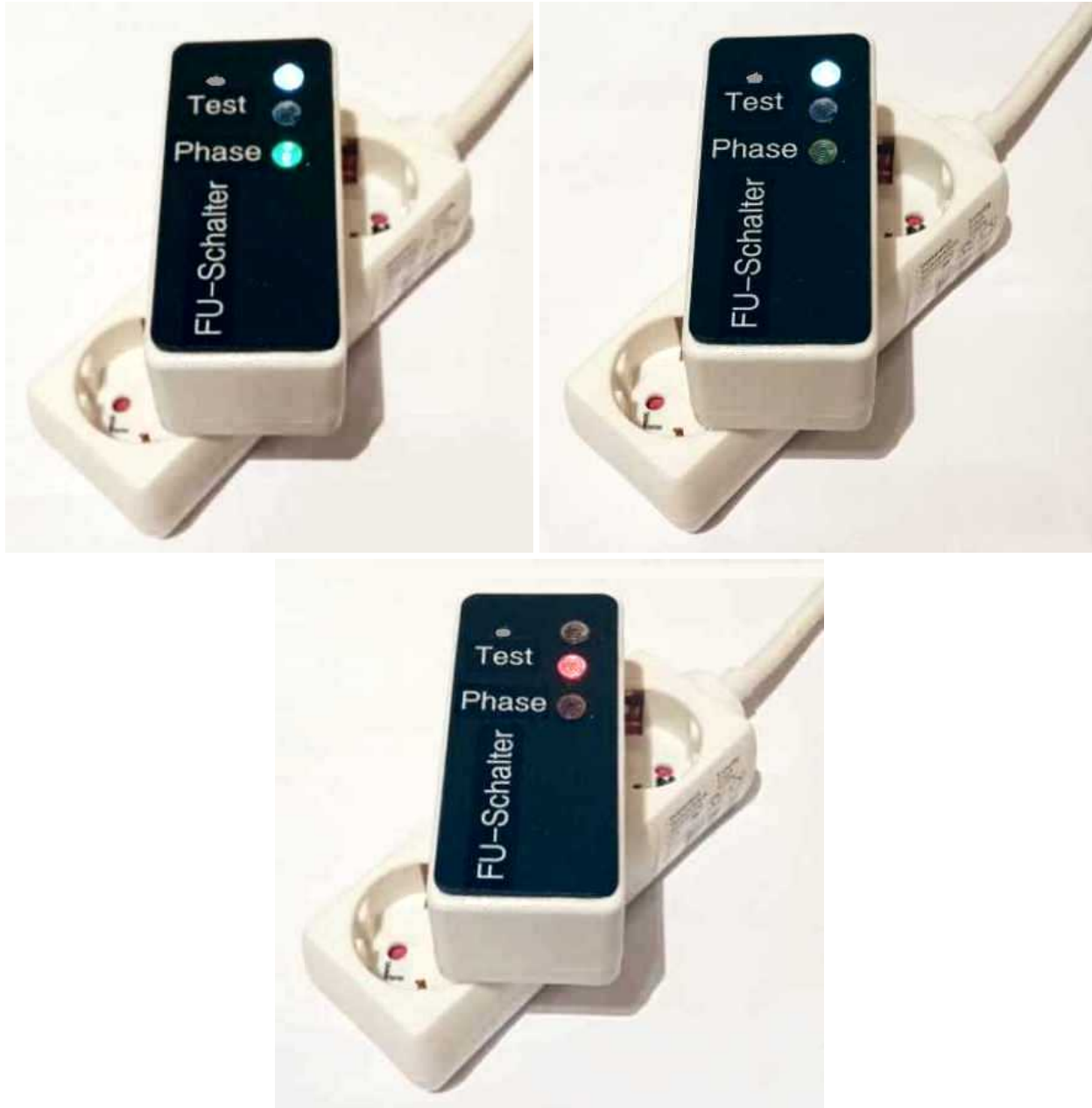


Abb.2: Links: Aktivierter Zustand - die LEDs weiß und grün müssen leuchten. Mitte: Der Stecker steckt verkehrt herum in der Steckdose, die LED3 "Phase" bleibt dunkel. Rechts: Der FU-Schalter speist einen Fehlerstrom ein, nur die rote LED2 leuchtet. Oberhalb des Aufdrucks "Test" ist die versenkte Test-Taste PB1 zu erkennen, die mit einem Bleistift oder Kugelschreiber auslösbar ist.

Die rote LED2 dient dem Test. Wird die versenkte Test-Taste PB1 mit einem spitzen Gegenstand (das Löchlein ist über der Schrift "Test" schwach zu erkennen) gedrückt, so wird dem System eine Überspannung vorgetäuscht und die rote LED geht an. Gleichzeitig gehen die grüne und die weiße LED aus und der FI-Schalter des Hauses löst aus.

Möchte man den Test ohne Auslösung des FI-Schalters durchführen, so steckt man den FU-Schalter verkehrt herum in die Steckdose - dabei leuchtet die grüne LED3 "Phase" nicht.

Schaltung

Mit einem möglichst leistungsarmen Kleintrafo TR1 mit einer Leerlaufleistungsaufnahme von unter einem Watt wird die Netzspannung *proportional* in eine kleine Gleichspannung umgesetzt. Die Spannung wird gleichgerichtet und gesiebt. Es entsteht eine Gleichspannung als VDD, die der Netzspannung proportional ist.

Eine Zenerdiode DZ1 verschiebt diese Spannung in Verbindung mit LED1 proportional in Richtung GND. Ein npn-Transistor T2 in Emitterschaltung wird leitend, wenn die Spannung über einen mit P1 einzustellenden Grenzwert ansteigt. Über einen pnp-Transistor T1 wird dann ein Relais REL1 geschaltet, welches einen geringen Fehlerstrom (70 mA) von Phase L nach Schutzleiter PE in einen Schukostecker einspeist.

Der Fehlerstrom wird über C1 und R7 eingestellt. C1 soll den Fehlerstrom auf etwa 70 mA begrenzen:

$$|X_{C1}| = 1 / (\omega C1) = |U / I| = 230 \text{ V} / 0,07 \text{ A} = 3,286 \text{ k}\Omega$$

$$C1 = 1 / (2\pi f |X_{C1}|) = 1 / (2\pi 50 \text{ Hz} \cdot 3286 \Omega) = 1\mu\text{F}$$

Gemessen werden 70 mA. R1 dient der Begrenzung des Spannungstransienten, falls C1 auf dem Maximum einer Halbwelle aktiviert wird. R7 dient der Rest-Entladung von C1.

Eine Rückkopplung vom Relais REL1 zum Poti P1 sorgt dafür, daß die Schaltung als Monoflop arbeitet. Mit der internen Taste PB2 kann das Monoflop wieder rückgesetzt werden.

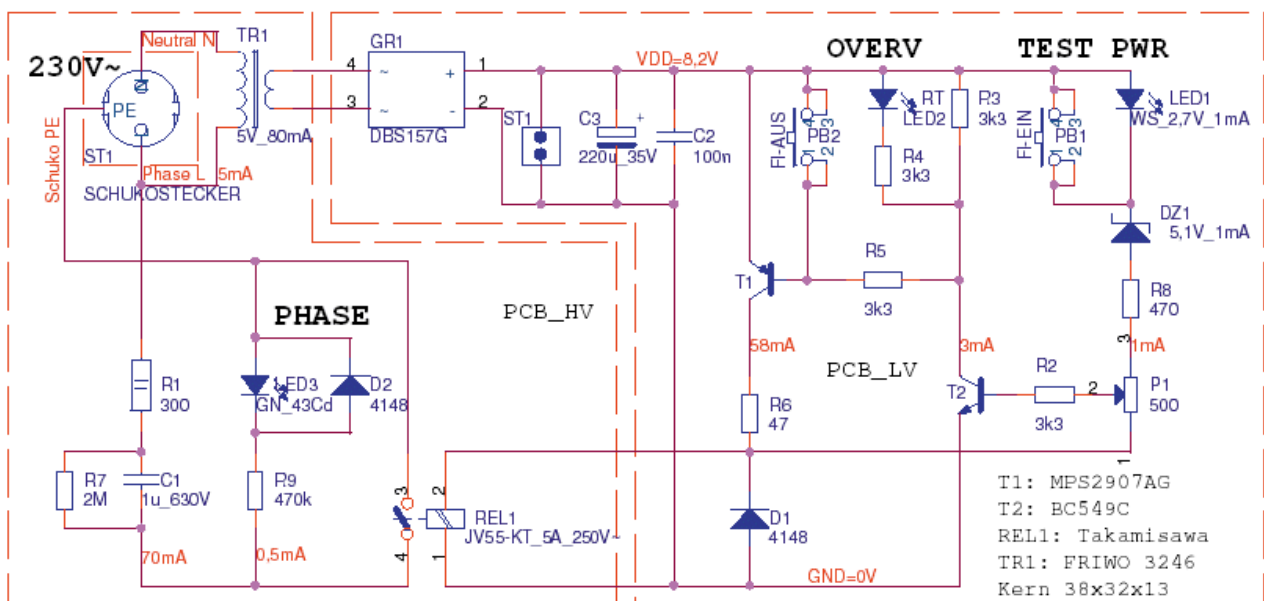


Abb.4: Die Schaltung des FU-Schalters ist auf Leiterplatten für Hochvolt (PCB_HV) und Niedervolt (PCB_LV) aufgeteilt. Im Hochvolt-Teil sind Abstände der Leitbahnen größer als 3 mm erforderlich.

Der dem Graetz-Gleichrichter GR1 folgende Elko C3 ist bewußt so klein als möglich dimensioniert, um ein schnelles Ansprechen der Schaltung zu ermöglichen. Besondere

Sorgfalt beim Nachbau ist der Kombination von Trafo TR1 und Zener-Diodenkette LED1 und DZ1 sowie R8 und P1 zu widmen. Am Poti P1 wird die Auslösespannung eingestellt, damit soll der FI-Hausschalter bei etwa 10% Netz-Überspannung (> 250 Volt) ausgelöst werden, hier entsprechend bei VDD > 9,0 Volt.

In Ruhe fließt über die Zener-Diodenkette ein Betriebsstrom vom etwa einem Milliampere. T1 und T2 sind gesperrt. R8 und P1 sind entsprechend zu dimensionieren. Die Angabe von VDD = 8,7 Volt bezieht sich auf den Ruhefall. Da nur ein 5 Volt Relais zur Verfügung stand, wird mit R6 der Relaisstrom begrenzt.

Um die Niedervolt-Leiterplatte ohne Netz testen und Poti P1 einstellen zu können, sind zwei Tasten PB1 und PB2 vorhanden. PB1 ist über ein kleines Loch auch von außen bedienbar, PB2 ist von außen unzugänglich und dient der Rückstellung des Monoflops in die Ausgangslage. Dazu wird eine variable Betriebsspannung VDD aus einem einstellbaren Netzteil direkt an ST1 (VDD, GND) angelegt.

Zunächst wird P1 nach GND gedreht. Dann wird am Netzteil die vom Trafo gelieferte Leerlaufspannung plus 10 Prozent (hier 9 Volt) angelegt. Das Poti P1 wird in Richtung VDD gedreht, bis die rote LED2 einschaltet und die weiße LED1 verlischt.

Hilfsmittel und Inbetriebnahme

Abschließend sollte man die eingestellte Auslöse-Spannung noch real mit Netzspannung und dem Trafo TR1 überprüfen und gegebenenfalls nachjustieren. Aber dazu brauchen wir eine 250 Volt AC-Quelle. Der Autor besitzt keinen Regeltrafo, schon gar keinen, der Überspannung generieren kann. Was also ist zu tun?

Betrachten wir einen x-beliebigen Trafo, so bemerken wir, daß die Impedanz der Niederspannungsseite stets deutlich niedriger ist, als die der Hochspannungsseite. Genau das machen wir uns jetzt zunutze.

Irgendeinen schutzisolierten, kleinen 20-Volt-Trafo findet sicher jeder in einer Grabbelkiste. Und mit diesem erzeugen wir die Überspannung. Hier fand ein AC-Trafo Verwendung, der nach Typschild 15,7 Volt bei 185 mA liefern soll. Im Leerlauf liefert er rund 20 Volt. Das sind etwa die benötigten 10 Prozent Überspannung, die wir brauchen. Diese haben wir nur noch in Reihe zur Netzspannung zu schalten.

Dazu wurde ein Schuko-Schalter modifiziert. Zwischen kommender und gehender L-Leitung (Phase, braun) wird ein Kabel nach außen geführt, das an die Sekundärwicklung unseres Hilfstrafo's angeschlossen wird. Mit der Polarität des Hilfstrafo's entscheiden wir nun, ob dessen 20 Volt im Schuko-Schalter zur Netzspannung addiert oder subtrahiert werden: Dazu wird der Hilfstrafo mal in der einen und mal in der anderen Richtung in die Verteilerdose gesteckt (Abb.5 rechts).

Wird der Trafo nicht in den Verteiler gesteckt (Abb.5 Mitte), erzeugt die Anordnung 230 Volt, wird er gesteckt (Abb.5 rechts), entstehen je nach Polung 210 oder 250 Volt.

Achtung: Bei nicht gestecktem Hilfstrafo sollten dessen Steckerpole isoliert werden, damit man sich daran keinen Schlag holt! Bei nicht ausgelöstem FU-Schalter liegen beim Autor an dessen Steckerpolen 2,5 Volt an, bei ausgelöstem FU-Schalter immerhin 184 Volt AC.

Sind wir fertig, sind die aus dem modifizierten Schalter herausragenden Drähte unbedingt (z.B.) mit einer Lüsterklemme zu isolieren. Mit einer Brücke (isolierter Kurzschlußdraht über die Lüsterklemme) kann der Schalter weiterverwendet werden. Haben wir ein längeres Kabel verwendet, können wir an dessen Ende auch einen Fußschalter anbringen, mit dem unsere PC-Elektronik (Drucker, Router, PC etc.) ab- und angeschaltet werden kann.



Abb.5: Inbetriebnahme. Links: Erzeugung der 250 Volt mit einem Hilfstrafo. Mitte: Wird der 20-Volt-Hilfstrafo nicht gesteckt, liegen 230 Volt am FU-Schalter. Rechts: Wird der Hilfstrafo (richtig herum) gesteckt, entstehen 250 Volt und der FU-Schalter löst aus - erkennbar an der roten LED.

Um zu vermeiden, daß im Testbetrieb der FI-Schalter des Hauses immer wieder auslöst, können alle Einstellungen mit verkehrter Polarität des FU-Schalters (siehe oben) erfolgen. Dabei bleibt die grüne LED dunkel, nur die weiße LED leuchtet.

Erst wenn mit dem Potentiometer P1 die richtige Auslösespannung gefunden ist, können wir den FU-Schalter umpolen - jetzt leuchtet auch die grüne LED. Dann stecken wir unseren kleinen 20 Volt Hilfstrafo in den Verteiler: Nun sollte der FI-Schalter des Hauses sofort auslösen, siehe Abb.5 rechts.

Für einen Test kann man den FU-Schalter auch mit verkehrter Polarität stecken - erkennbar an der nicht leuchtenden grünen LED. Dann muß bei Auslösung die rote LED trotzdem aufleuchten.

Prüfung des Fehlerstroms: Die Aufnahme Abb.5 rechts ist eigentlich unmöglich, weil der FI-Schalter sofort auslöst und den Hausstrom abschaltet. Hier hilft ein umgebauter Schalter, der N auf PE abgehend umleitet. Mit diesem kann auch der Fehlerstrom gemessen werden. Dazu ein Amperemeter vorschalten (z.B. ein Energiemeßgerät) und die 70 mA Fehlerstrom zwischen ankommendem L und N prüfen. Vorsicht: Ankommende Polarität N und L prüfen! Das ist bei Falschpolung lebensgefährlich, weil dabei L auf PE gelegt wird!

Vorsicht bei Solarkraftwerken

Sollten Sie ein no-name Solarkraftwerk im selben FI/FU- Stromkreis betreiben, dann wäre es denkbar, daß der FU-Schalter bei "Segelwetter" (Sonne und Wind) den FI auslöst. Ihr Hausnetz ist damit vom öffentlichen Netz getrennt.

Die Solarzellen Ihres Solarkraftwerks produzieren z.B. mittags im Sonnenschein vielleicht 800 Watt, für die es im Haushalt nun vielleicht keinen Abnehmer außer dem Kühlschrank (5 Watt bis 100 Watt) mehr gibt. Je nach Schaltungsentwickler könnte der Wechselrichter des Solarkraftwerks jetzt kräftig in das eigene Hausnetz einspeisen, ohne daß Energie ins öffentliche Netz abfließen kann.

Eventuell könnte die Hausnetz- Spannung dann ansteigen. Das kann für elektronisch geschaltete Haushaltgeräte gefährlich werden. Und der FU-Schalter wäre in diesem Falle sogar destruktiv, weil er Ihre Anlage vom Netz getrennt hat. Deshalb ist unbedingt vorab zu prüfen, wie sich das Solarkraftwerk ohne Last und mit ohmscher Last (Heizlüfter) verhält!

Der FU-Schalter darf nicht verwendet werden, wenn ein Solarkraftwerk mit unbekannten Eigenschaften im Hausnetz angeschlossen wird!

Bei Balkonkraftwerken ist diese Gefahr eher gering, da sie ohne Last am Ausgang spannungsfrei sein müssen, damit man sich am Stecker keinen Schlag holt.

Bliebe eine dringliche Warnung: Bitte beachten Sie, daß der Umgang mit Netzspannung lebensgefährlich ist! Bitte arbeiten Sie mit äußerster Vorsicht: Sie könnten sich verletzen! Fragen Sie im Zweifel einen Elektrik/Elektronik- Ingenieur!

Alles ganz einfach, oder? Aber nur, wenn man weiß, wie es geht!

Fachliche Hinweise, Ergänzungen, Erfahrungen, Richtigstellungen oder Kommentare sind herzlich willkommen!

Viel Erfolg wünscht der Autor und Erfinder des FU-Schutzschalters,
Gerd Heinz

Anlagen

Diese Dokumentation als [PDF](#),

Bedienungsanleitung als [PDF](#) oder als [HTML](#)

Leserkommentare

"PS" schreibt:

Datum: 17.02.2025 09:55:07

Hallo Gerd,

das ist eigentlich eine wunderbare Idee! - Schon als Patent angemeldet, oder einen Produzenten gefunden?

Aber nein - im Ernst, eigentlich ist in Deutschland (auf "Malle" kann das anders sein) sowas nicht möglich.

Alle PV-Anlagen, die direkt in's Netz einspeisen, müssen eine sog. ENS (Electronical Network Switch) haben, die darauf achtet, daß die Anlage nur zugeschaltet werden kann, um einzuspeisen, wenn die Spannungsverhältnisse am Einspeiseort das zulassen. Die oberste Grenze ist hier: 253V ($U_{\text{nenn}} = 230\text{V} + 10\%$). In der Regel wurden zu meiner Zeit die WR so ausgelegt, daß die ENS bereits bei $< 250\text{V}$ die Zuschaltung "verweigert" hat. Der Netzbetreiber hatte nichts damit zu tun. Die Fernwirkung durch den Netzbetreiber wurde erst bei Anlagen $> 30\text{kW}$ angestrebt. Manche Netzbetreiber machten das auch zur Pflicht ... wegen möglicher Arbeiten am Netz.

Das ENS-Feature hatte allerdings auch so seine Tücken. Wir (Firma ...) hatten in Bayern viele Kunden mit großen Bauerngehöften, die dann in der allgemeinen Euphorie bei den damals noch hohen Einspeisevergütungen alle ihre Dächer mit PV "zugepfastert" haben. Da kamen dann auch öfter Anlagen mit $> 30\text{kW}$ vor. Uns hat's gefreut - der Umsatz war gigantisch!

Aber es gab dann auch Probleme - nicht mit der der Anlagen-Technik, sondern mit dem Netz.

In Bayrischen Landen sind die Dörfer häufig noch mit "butterweichen" Überlandleitungen angeschlossen und so kam es vor, daß bereits ein Bauer erfolgreich seine PV-Anlage betrieb und sein Gegenüber-Nachbar nun auch ran wollte. Gesagt - getan!

Beim ersten Anschalten ging das auch problemlos - offensichtlich war die Spannungsgrenze noch nicht erreicht. Aber kurz darauf kam der Nachbar empört rüber und beschwerte sich, daß seine Anlage vom Netz geworfen wurde, weil mit der neuen Einspeisung des anderen Nachbarn offensichtlich nun die 250V-Grenze überschritten war. Er ging wieder zurück, schaltete seine Anlage ab und wieder an - nun wurde die neue Anlage des anderen Nachbarn vom Netz geworfen. - Ein unhaltbarer Zustand, der erst behoben werden konnte, als der Netzbetreiber die Dorf-Erschließung mit der Überlandleitung modernisiert hatte - und das hat gedauert!

Die beiden Bauern hatten sich über beide Ohren verschuldet, hatten keine Einnahmen zur Refinanzierung und waren somit gar keine "Freunde" mehr der PV-Industrie ...

Soviel zu den Verhältnissen in der "realen Welt" regenerativer Energiegewinnung.

[top](#)

Idee vom 20.1.2025.

Page created Feb.14, 2024.

Adds Feb.16, 2025; Mar.11, 2025

Mail to info@gheinz.de

Gesamtzahl der Besucher auf www.gheinz.de seit dem 6. Dez. 2021: [27133](#)

All rights reserved, © Copyrights Gerd Heinz