

Ing. für Elektrotechnik
 Dipl.-HTL-Ing. für Gebäudeautomatisierung (OT, Smart Home)
 Dipl. Ing.(FH) für Telekommunikationstechnik (CT)
 Dipl. Ing. für Informationstechnologie (IT)

Konzessionär für Elektroinstallationen und Errichtung von Alarmanlagen §167 GewO 1973
 bzw. seit 1994 Elektrotechniker §210 GewO
 Organisations- und Unternehmensberater §94 GewO 1994

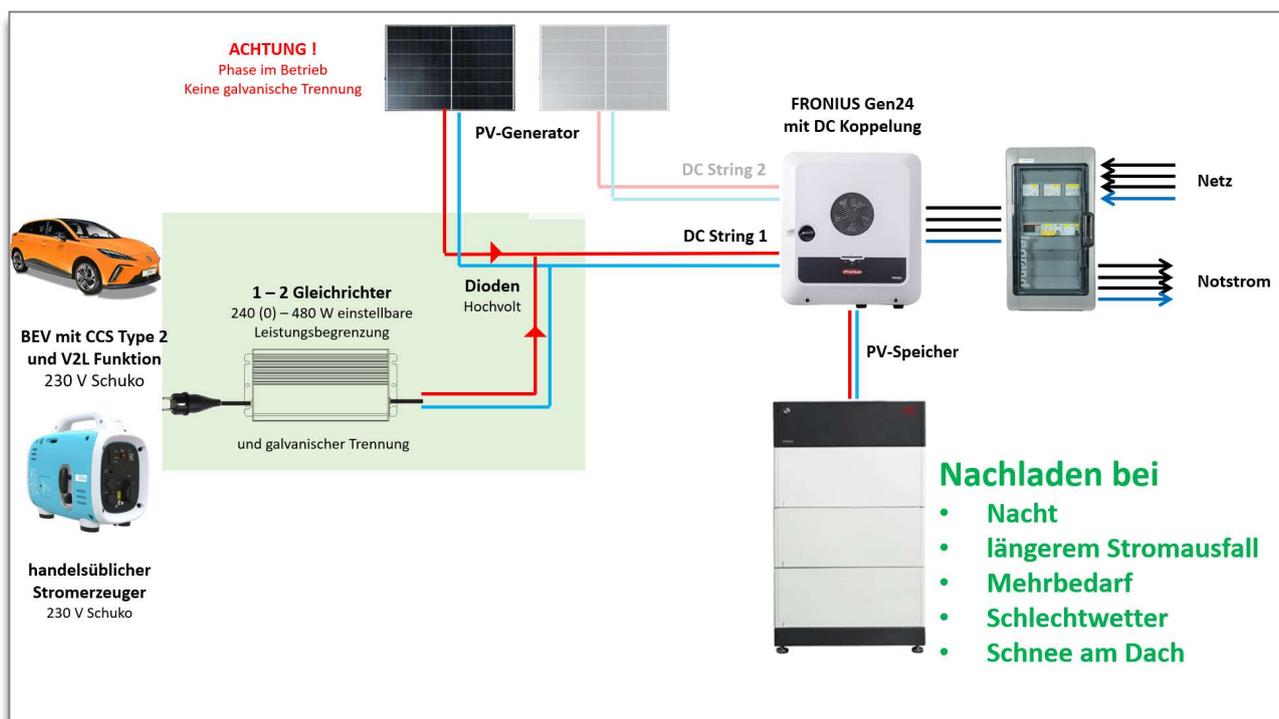
A-5020 Salzburg Werkstättenstrasse 22
 gerhard.hacker.at
 gerhard@hacker.at
 +43 664 2349965

An PV Anlagen Besitzer
 mit PV Speicher und Notstromfunktion
 zur Nachladung mittels eines handelsüblichen Strom Generators

Salzburg, im Dezember 2023
 v1.1
 GHa

PV Einspeisung mittels eines handelsüblichen Strom Generator

Für eine langfristige Stromversorgung im Notfall ist der PV-Speicher immer zu klein dimensioniert. Daher haben wir uns im November 2023 dem Thema PV-Speicher Erweiterung mittels Integration eines bestehenden Elektroautos mit V2L (Vehicle to Load) Funktion und der Nutzung eines V2L to V2H Suporters gewidmet.



Damit sind die Prinzipien und die Möglichkeiten des externen Ladens einer PV-Anlage auf einer gemeinsamen String Leitung und Automatisierung mittels Leistungsdiode aufgezeigt und geklärt.

Eine Schuko Steckdose ist eine Schuko Steckdose.

- Was ist also der signifikante Unterschied, ob der Energielieferant ein eAuto oder ein Strom Generator ist ?

Es ist schon richtig. Eine Schuko Steckdose ist eine Schuko Steckdose. In unserem Fall ist aber der MPP Regler im Wechselrichter die Herausforderung.

Bei der System Anordnung mit dem V2L Elektroauto nutzen wir die Eigenschaften des MPP Reglers in folgender Art:

- Es ist der helle Tag.

Durch die Verschaltung mit den 2 Hochspannungsdioden werden automatisch die PV-Module genutzt, da diese eine höhere Gleichspannung ($> 350V$ DC) abgeben. Es fließt am Tag kein Strom aus dem Elektroauto, auch wenn es zuhause und angesteckt wäre. Das ist gut so und auch so gewollt.

- Es wird Nacht.

Die PV-Module unterschreiten die $350V$ DC und liefern schlussendlich keine Spannung mehr. Automatisch fließt dann der Strom aus dem Elektroauto zum Wechselrichter in den DC String. Konstant mit der entsprechenden Leistungsbegrenzung (z.B. (0) $240 W - 480 W$ mal 1, 2 oder 3 parallel geschaltete Gleichrichter) des Gleichrichters.

Das ist wieder gut so und im V2L to V2H Fall auch so gewollt.

Bei der Nutzung eines handelsüblichen Strom Generators gibt es jetzt jedoch folgende zusätzliche Herausforderungen:

1. Leistung des Strom Generators

Not heißt sparen. Außerdem besitzen Benzin- oder Diesel- Generatoren einen schlechten Wirkungsgrad und man kann keine großen Mengen an Kraftstoff langfristig bevorraten.

Also heißt es einen Kompromiss zwischen Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit für den Notfall zu finden wie z.B.: das Haus soll maximal $150 W/h$ verbrauchen und der Generator soll nicht länger als 3 Std. am Tag laufen. Damit berechnet sich vereinfacht der Energiebedarf mit $150 W/h * 24 Std. / 1.000 = 3.6 KWh / 3 Std. = 1.200 W$ Abgabeleistung.

2. Erdung des 230V Ausganges

Die von uns verwendeten Mean Well Gleichrichter isolieren zwischen AC Eingang und DC Ausgang (galvanische Trennung). Daher stellt es kein Problem dar, ob der 230V AC Ausgang des handelsüblichen Strom Generators einseitig geerdet ist oder nicht.

3. Starten bei einem sonnigen Tag

Startet man den handelsüblichen Strom Generator bei Tageslicht (Abgabespannung über den Gleichrichter ist $350 V$ DC), wird durch die höhere Spannung der PV-Module (Abgabespannung $600 V$ bis $1.000 V$ DC je nach Menge und Verschaltung der PV-Module) kein Strom in den DC String eingespeist.

Also den Vorteil der automatischen Strom Umschaltung durch die Hochvoltioden den wir bei der V2L to V2H Anordnung nutzen, wird jetzt bei einer $350 V$ DC Abgabespannung zum Nachteil, da der handelsübliche Strom Generator nur mehr in der Nacht oder bei eingetrübtem Wetter (stark abhängig vom jeweiligen PV-Generator) genutzt werden kann.

Damit kommen wir auf folgende mögliche Lösungsansätze:

Lösungsansatz 1 = Hochvolt-Dioden und Betriebskonzept

- Wenn man es durch die Nutzung von Hochvolt-Dioden nicht schafft, am Tag parallel zum PV-Generator einzuspeisen, dann braucht es ein Betriebskonzept z.B. in der Art, dass bei einem Notverbrauch eines Hauses von 150 W/h ein Gleichrichter mit 960 W Verwendung findet.
Damit muss der händisch zu startende handelsübliche Strom Generator nur mehr $150 \text{ W/h} \cdot 24 \text{ Std.} = 3.600 \text{ Wh} / 960 \text{ W} = 3,74 \text{ Std.,}$; also knapp 4 Std.am Tag laufen.
- Oder man erstellt ein Betriebskonzept, in dem man im Notfall auf eine Stromversorgung in den Nachtstunden verzichtet usw. ...

Am Weltmarkt gibt es verschiedenste Hersteller von Gleichrichtern (eigentlich wäre technisch richtiger von Konstant Strom Quellen auf Basis eines Schaltnetztes zu sprechen). Wir verwenden Mean Well und die liefern aktuell 2 verschiedene Typen mit 350V / 480 W oder 400V / 3.000 W. Damit sind die Variationsmöglichkeiten eingeschränkt.

Beispiel: Bei einer Umsetzung haben wir einen BlackOut Suporter mit 2 eingebauten und parallel geschalteten Mean Well 480 W Gleichrichtern eingesetzt.

- Der erste Gleichrichter hatte in diesem Fall einen fix eingebauten Regler und ist somit zwischen 50 - 100% einstellbar (240 W – 480 W Abgabeleistung).
- Der zweite Gleichrichter war parallel geschaltet und hatte einen externen Regler und ist somit zwischen 0 - 100% einstellbar (0 W – 480 W Abgabeleistung).

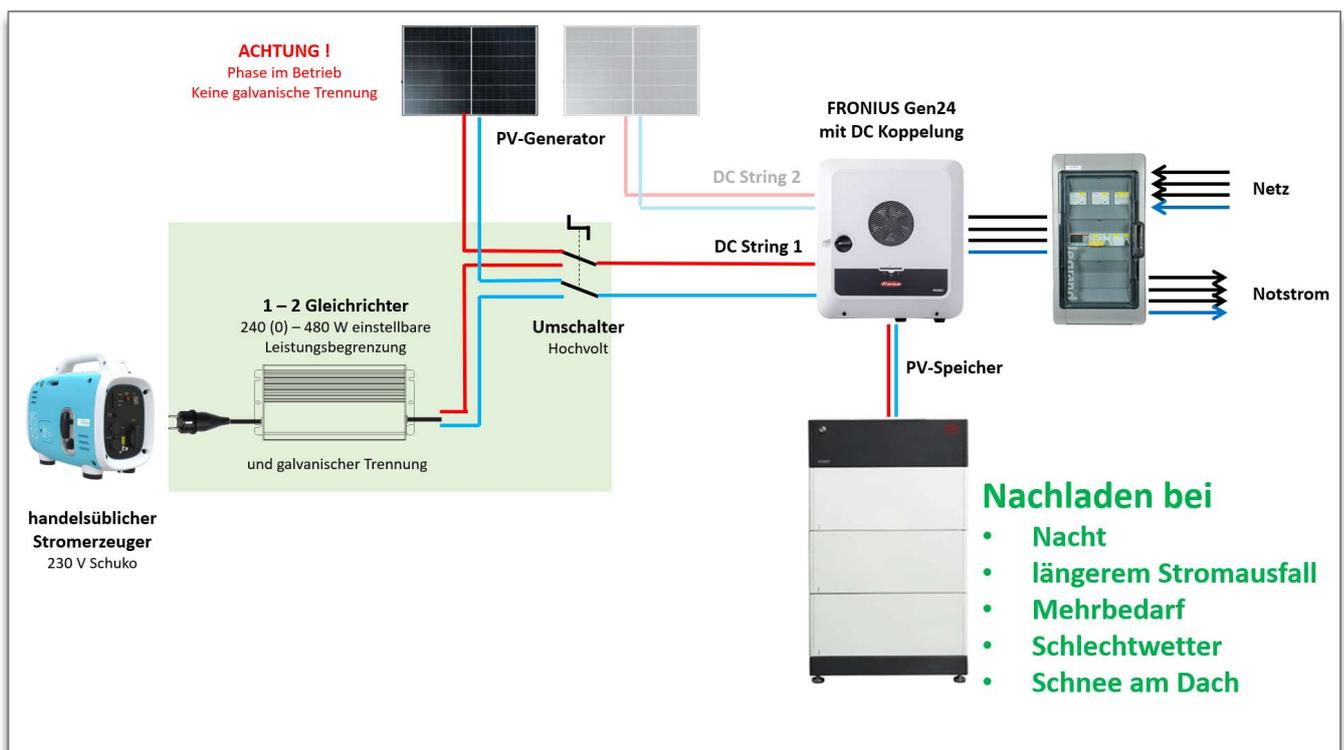


Damit konnten wir individuell flexible Abgabeleistungen des handelsüblichen Strom Generators zwischen 240 W und 960 W einstellen. Bei der Inbetriebnahme war es ein trüber Tag, somit konnte parallel auch noch eine minimale Einspeisung der PV-Module genutzt werden. Davon ist in der Regel in dieser Konfiguration aber nicht auszugehen. Denn das entscheidet der MPP Regler im Wechselrichter selbstständig.

In unserem Fall war das möglich, da die Anlage aus in Serie geschalteten 6 Modulen auf der OST Seite plus 8 Modulen auf der SÜD Seite und 6 Modulen auf der WEST Seite bestand und zusätzlich jedes PV Modul einen Solar Edge Einzel Modul Abschalter besaß. Damit entstand zufällig die glückliche Situation, dass auf Grund des Sonnenstandes die OST und WEST seitigen PV Module abgeschaltet waren und die 8 Module auf der SÜD Seite mit $8 * 45 \text{ V} = \text{ca. } 360 \text{ V}$ produzierten. 350V DC vom Gleichrichter und 360 V von den PV Modulen passt zusammen und der MPP akzeptiert in diesem Spezialfall beide Stromquellen und es entsteht eine gesamte Abgabeleistung von 1.105 W, so wie am Bild zu sehen..

Lösungsansatz 2 = Umschalter im DC String

- Natürlich kann auch an Stelle der automatischen Umschaltung durch 2 Hochvolt-Dioden ein händischer Umschalter zwischen 2 Quellen im DC String eingesetzt werden.



Lieferant für einen solchen, gegenseitig verriegelten 1.000 V DC Umschalter, wäre z.B. die Firma DM Elektrotechnik

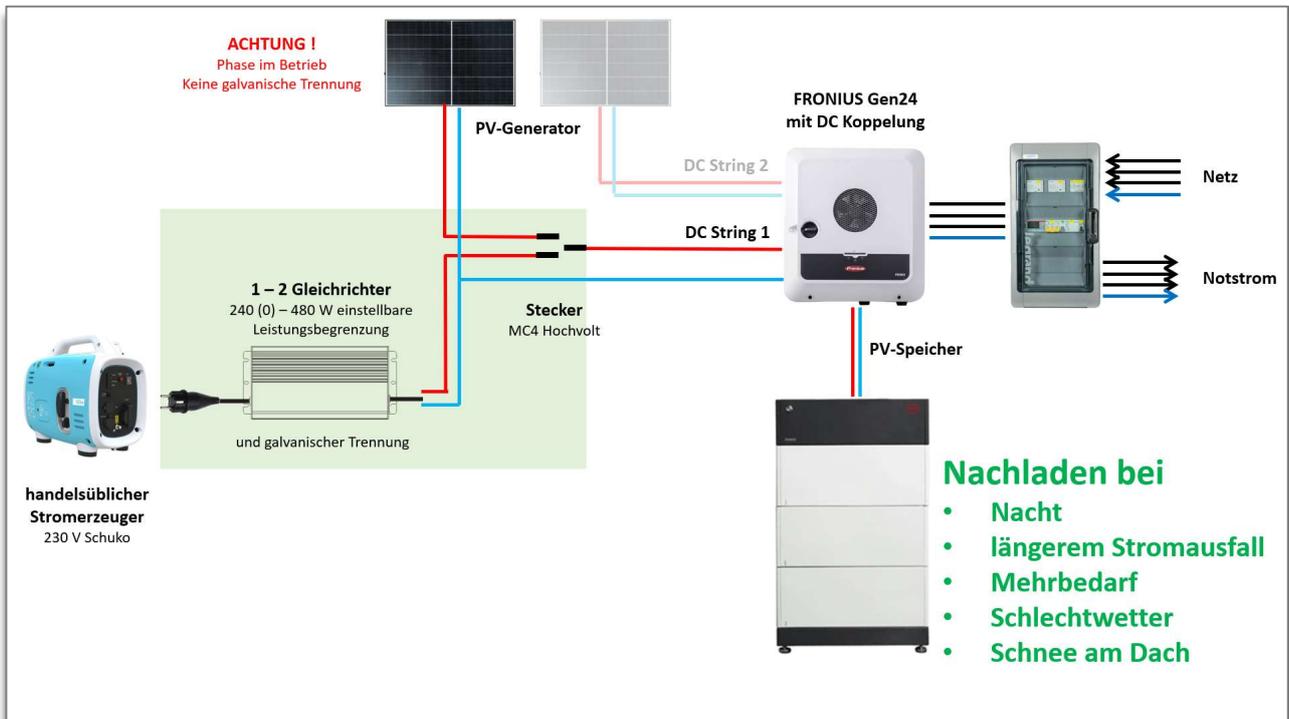
- <https://www.shop-dm-elektrotechnik.at/Shop/Details/Umschaltbox-MPP-auf-MPP-B2C.html,14173>

Wesentlich preisgünstiger, um ca. € 20,-, könnte man es auch mit 2 Stk. 2-pol. Sicherung Trennschalter für 1.000 V DC mit nur einem Schalthebel umsetzen.

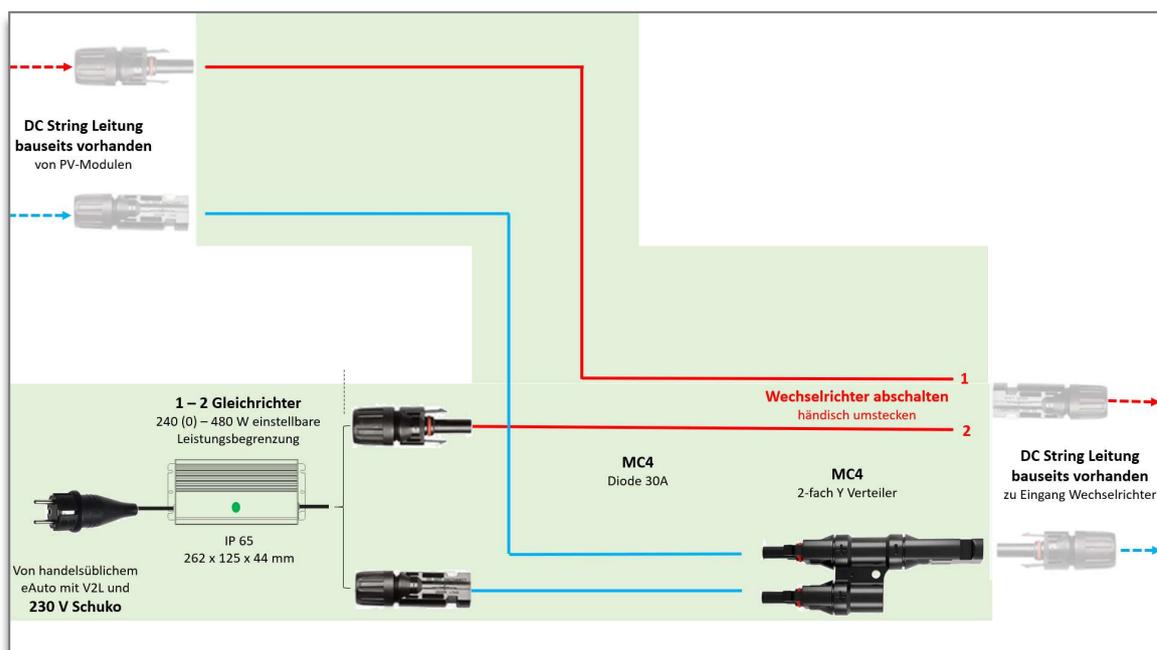
- https://www.amazon.de/gp/product/B0B81XXT35/ref=ox_sc_act_title_1

Lösungsansatz 3 = Umstecken mittels MC4 Stecker

- Noch preisgünstiger wäre natürlich eine nicht automatisierte Variante, die nur mit M4 Steckern auskommt.



- MC4 Stecker sind nur mit Werkzeug zu öffnen. Das klärt natürlich auch alle rechtlichen Haftungsprobleme, denn die Zuständigkeit liegt damit nicht mehr beim Errichter der PV Anlage sondern eindeutig beim Betreiber der PV Anlage (Manipulator).

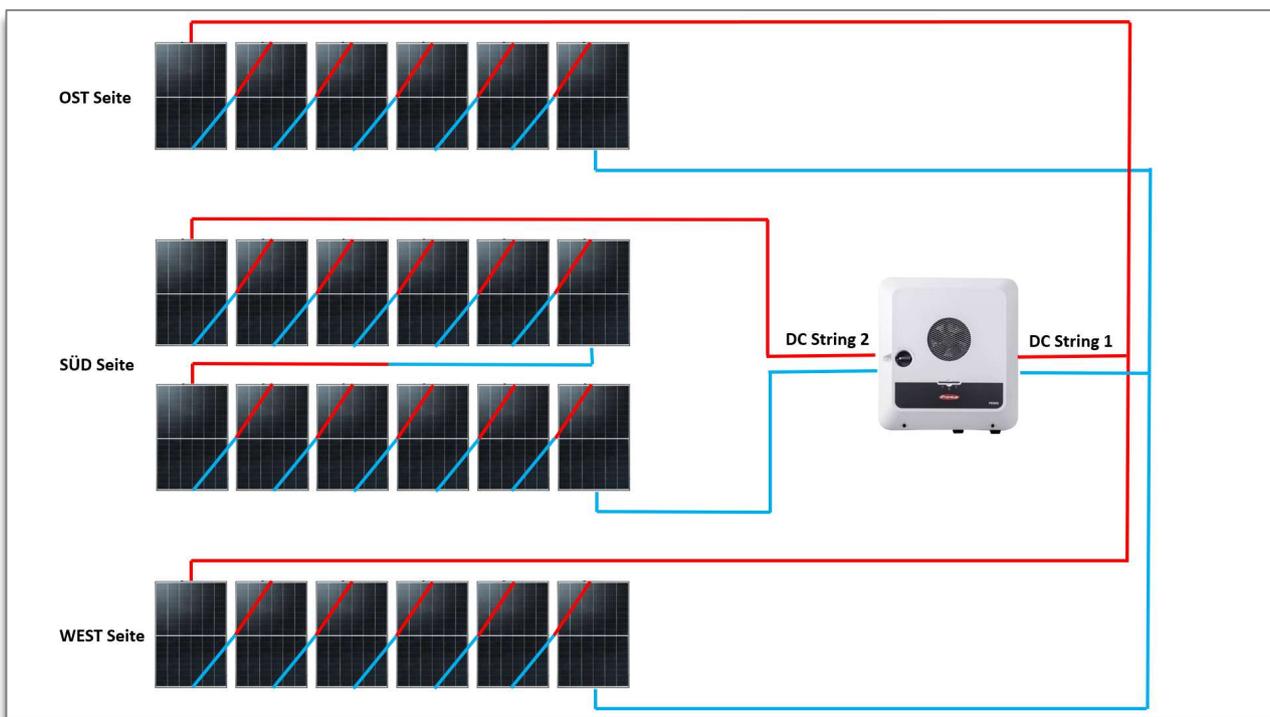


- Daher empfehlen wir in diesem Fall strikt nach der Bedienungsanleitung des Wechselrichters vorzugehen. D.h. abschalten des Wechselrichters. Umstecken. Wieder einschalten. Dadurch läuft beim Wechselrichter automatisch der Inbetriebsetzungsprozess mit Isolationsmessung und dann erst das Durchschalten, ab.
- **ACHTUNG ! Mit dem Durchschalten steht dann am Plus und Minus Pol der DC String die 400V / 230 V AC Phase an, da es bei traflosen Wechselrichtern keine galvanische Trennung gibt !**
- Beachtet man dieses Vorgehen nicht und es kommt irrtümlich zu einem Kurzschluss oder auch nur zu einem einseitigen Masseschluss an den DC String Leitung wird der Wechselrichter zerstört und es ist mit Reparatur Kosten von bis zu € 2.000,- zu rechnen.

Lösungsansatz 4 = Automatisierung

Beim Lösungsansatz 1 sind wir davon ausgegangen, dass ein händisch zu startender Strom Generator existiert und auf Grund der Gleichrichterspannung von nur 350 V DC nur bei geringem Sonnenstand oder in der Nacht eingespeist werden kann.

- Natürlich kann man Gleichrichter auch in Serie schalten. Z.B. Bei zwei Mean Well 350 V / 480 W Gleichrichtern würde sich also eine Abgabespannung von 700 V DC einstellen.
- Jetzt müssen wir die Konfiguration des eigenen PV-Generators berücksichtigen. Unsere beispielhafte Musteranlage besteht aus 6 PV-Modulen auf der OST Seite, 12 PV-Modulen auf der SÜD Seite und 6 PV-Modulen auf der WEST Seite

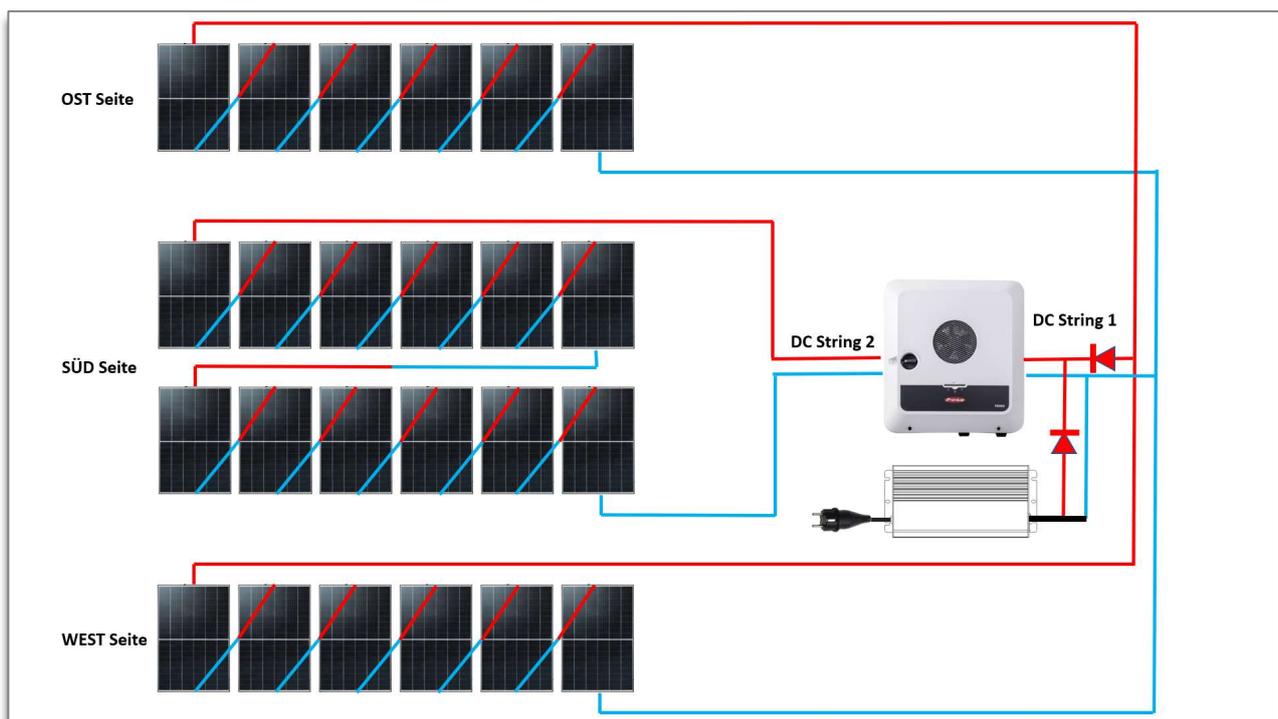


Hinter den DC String Eingängen des Wechselrichters stehen die MPP Regler. Das ist teure Leistungselektronik und daher hat man früher Wechselrichter mit nur 1 MPP Regler gebaut. Heute mit FRONIUS Gen24 sind Wechselrichter mit 2 MPP Eingängen üblich. Außerdem sind die 2 DC String Eingänge unsymmetrisch ausgestattet indem der DC String 1 mit 25 A belastbar ist. Der DC String 2 jedoch nur mit 12A. Das hat denn Sinn, dass man überhaupt Konfigurationen wie unsere Musteranlage mit parallel Schaltung (doppelter Strom) der OST und WEST Seite umsetzen kann.

PV-Module haben leider die nachteilige Eigenschaft, dass bei geringen Sonnenlicht sofort die volle Spannung ansteht und dann mit zunehmender Sonne der Strom steigt. Daher gibt es im Wechselrichter den MPP Regler, der eigentlich einen Kurzschluss simuliert und so zur optimalen Ausbeutung des PV-Modules beiträgt.

Jetzt könnte man natürlich denken, dann nehme ich einfach 2 Wechselrichter und ich habe damit 4 getrennte DC String / MPP Eingänge. 3 davon nutze ich für die PV Anlage mit OST SÜD bzw. WEST Module und 1 Eingang bleibt für die Einspeisung des Strom Generators.

Das würde sogar im Normalfall durch die Multi Flow Technologie von FRONIUS funktionieren. Nur leider im Notstrom Fall nicht mehr, denn da kann es nur 1 aktiven Wechselrichter geben. Also muss ein Lösungsansatz mit gleichzeitiger Einspeisung von PV-Generator und Strom Generator gefunden werden.



Für unsere beispielhafte Musteranlage gilt:

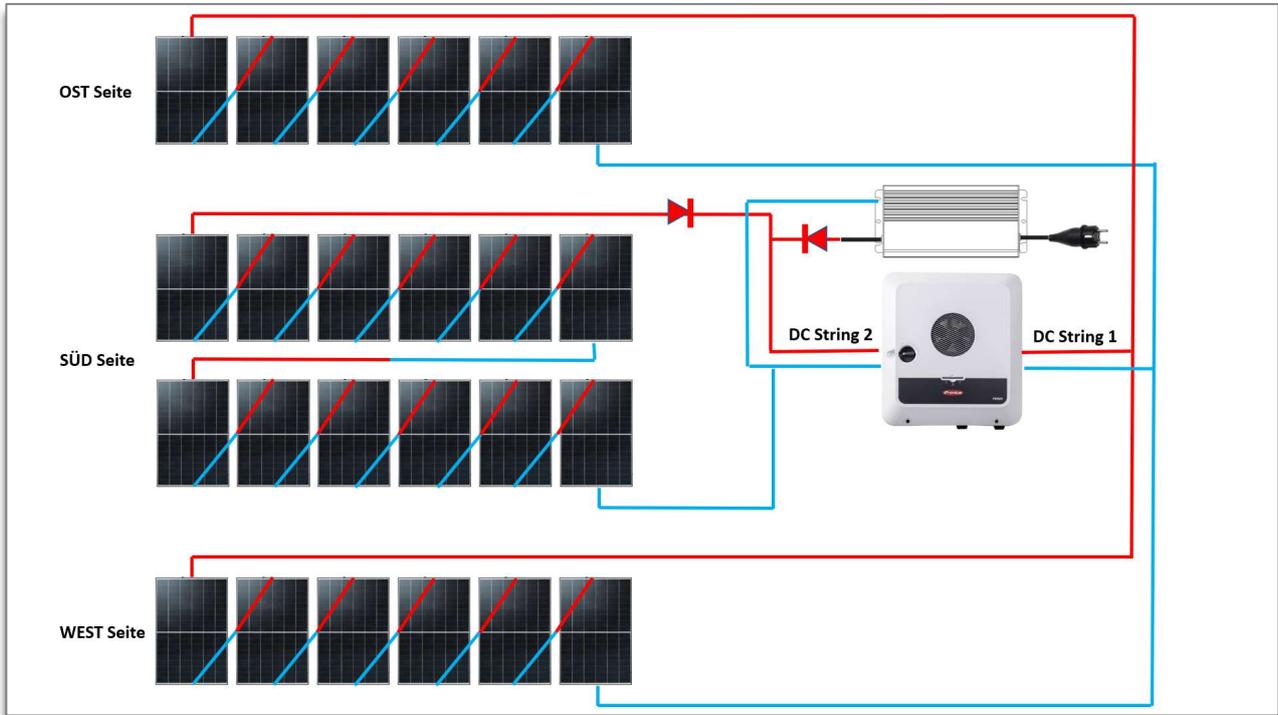
- DC String 1 wird vom PV Generator mit $6 * 45 = \text{ca. } 270 \text{ V DC}$ versorgt
- DC String 2 wird vom PV Generator mit $12 * 45 = \text{ca. } 540 \text{ V DC}$ versorgt

Damit wäre bei einer parallel Einspeisung mit Hochvoltdioden in den String 1 eine Gleichrichterspannung von 350V DC ausreichend und gegenüber 270 V DC Spannung der PV-Module sollte es vom MPP Regler akzeptiert werden und somit gleichzeitig funktionieren.

Im nachfolgenden im Bild eingezeichneten Fall für den DC String 2 schaut es nicht so gut aus. 1 Gleichrichter mit 350V ist in der Spannung sicher zu gering und 2 in Serie geschaltete Gleichrichter mit 700 V DC wahrscheinlich zu hoch und eine gleichzeitige Einspeisung wird wahrscheinlich nicht funktionieren.

Daran sieht man sehr gut, dass es sehr stark auf die konkrete Ausführung des eigenen PV-Generators ankommt, was vernünftig und umzusetzen ist. D.h. aus den Datenblättern der eigenen PV Module muss vorerst die Abgabespannung und der Maximalstrom heraus gelesen werden um danach konkrete Berechnungen über die vorhandene Verschaltung durchzuführen.

Entsprechend der Kontinenz Theorie – Es geht so, aber auch anders – muss entsprechend der eigenen individuellen Verhältnisse eine passende und umsetzbare Lösung erarbeitet werden.



Die vorigen Ausführungen sollten dazu die Grundlage bilden. Mit dem 4. Lösungsansatz kann man natürlich weiter denken und eine vollkommen automatisierte Umsetzung mit einem selbststartenden Strom Generator und der Einbindung in das Energie Management eines Smart Home andenken.

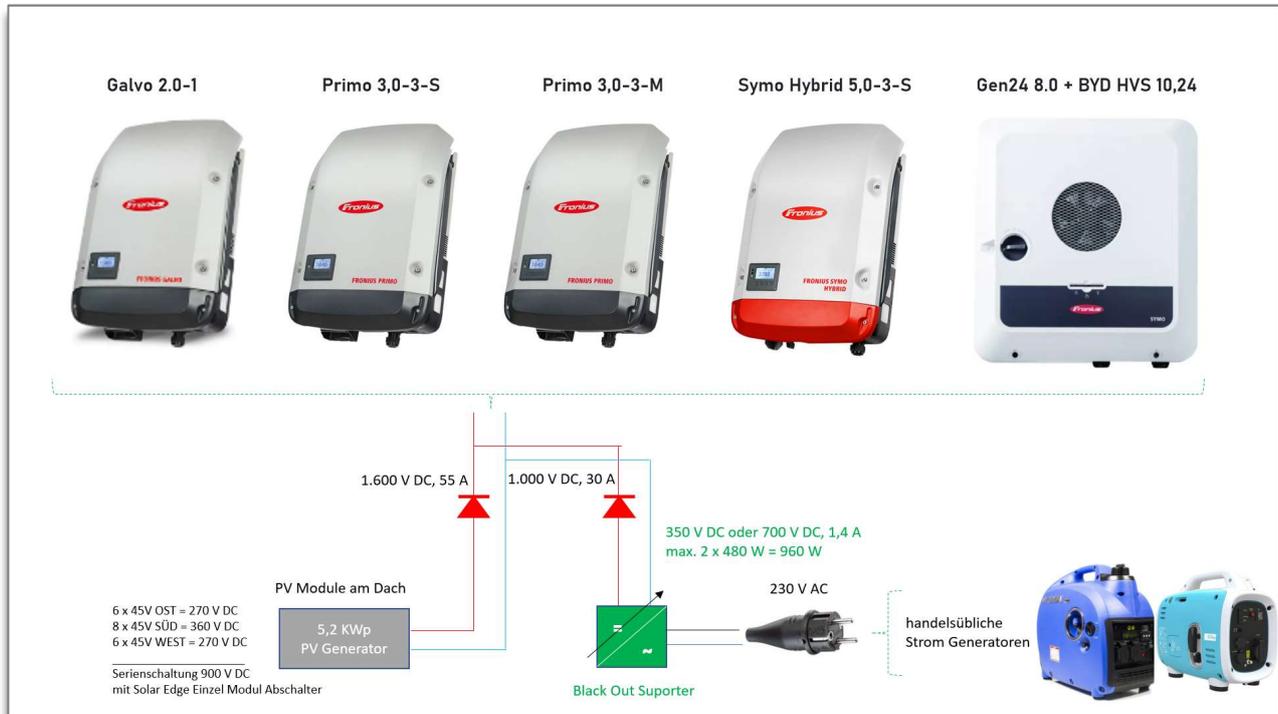
Für die Ausführungen,
Gerhard Hacker

Vorschau Jänner 2023: Jetzt habe ich so viel Geld in 1, 2 oder 3 parallele BYD PV-Speicher Türme investiert. Meine BYD Blöcke arbeiten aber nicht optimal bis zu 100% Vollladung. Mehr dazu dann im Jänner 2023 ...

Rückblick November 2023: V2L fähige Elektroautos sind momentan leider noch nicht weit verbreitet, dadurch kam es aktuell zu keiner weiteren Umsetzung. Das Interesse an Einspeisungen mittels handelsüblicher Strom Generatoren ist aktuell noch vielfach höher. Daher wurde der Newsletter Dezember 2023 einen update unterzogen, der noch konkreter auf die vielen gestellte Rückfragen einget.

Anhang 1: Test Bed

Zur Kontrolle der Strom Generator Funktionalität wurde ein Test Bed mit folgenden FRONIUS Wechselrichtern aufgebaut:



Alle Tests konnten zur vollen Zufriedenheit abgeschlossen werden.

- Je nach Grundverbrauch des Hauses und gewünschter Ladezeit des hauseigenen PV-Speichers ist abzuwägen ob 1 oder 2 Gleichrichter sinnvoll sind. Leistungsabgabe max. 480 bzw. 960 W
- Weiters ist zu bedenken wie die Leistungsabgabe eingestellt werden soll. Dazu gibt es interne Regler im Gleichrichter oder externe Regler.

Interne Regler: 50% - 100% Stromabgabe

Externe Regler: 0 – 100% Stromabgabe

Damit ergeben sich folgende sinnvolle Varianten und Regelbereiche:

- 1 Gleichrichter intern: 240 – 480 W fix eingestellt
- 1 Gleichrichter extern: 0 – 480 W variabel einzustellen
- 2 Gleichrichter intern: 480 – 960 W fix eingestellt
- 2 Gleichrichter intern + extern: 0 – 960 W variabel einzustellen

Anhang 2: Fertiggerät **Black Out Suporter** mit 350 V DC oder 700 V DC Abgabespannung



Variante 350 V DC / 480 W zum Betrieb in Innenräumen bestehend aus:

- Gehäuse
 - mit 230 V AC Netzkabel und 2 MC4 Stecker
 - Thermostat gesteuertem 230 V AC Lüfter
 - 2 Messgeräten für Spannung und Strom Kontrolle
 - 1 USB Doppelladegerät
 - 2 USB A Buchsen zum NOT Laden von Handy usw.
- Gleichrichter 1
 - Mean Well 350 V DC
 - max. 480 W Leistung
 - mit internem Regler 50% - 100% Stromabgabe
oder mit externem Regler 0% - 100% Stromabgabe
- Umschaltautomatik
 - 1 Hochvolt Diode 1.600V DC, 55A mit MC4 Stecker
 - 1 Hochvolt Diode 1.000V DC, 30A mit MC4 Stecker
 - 2 Zweifach Y Adapter mit MC4 Stecker

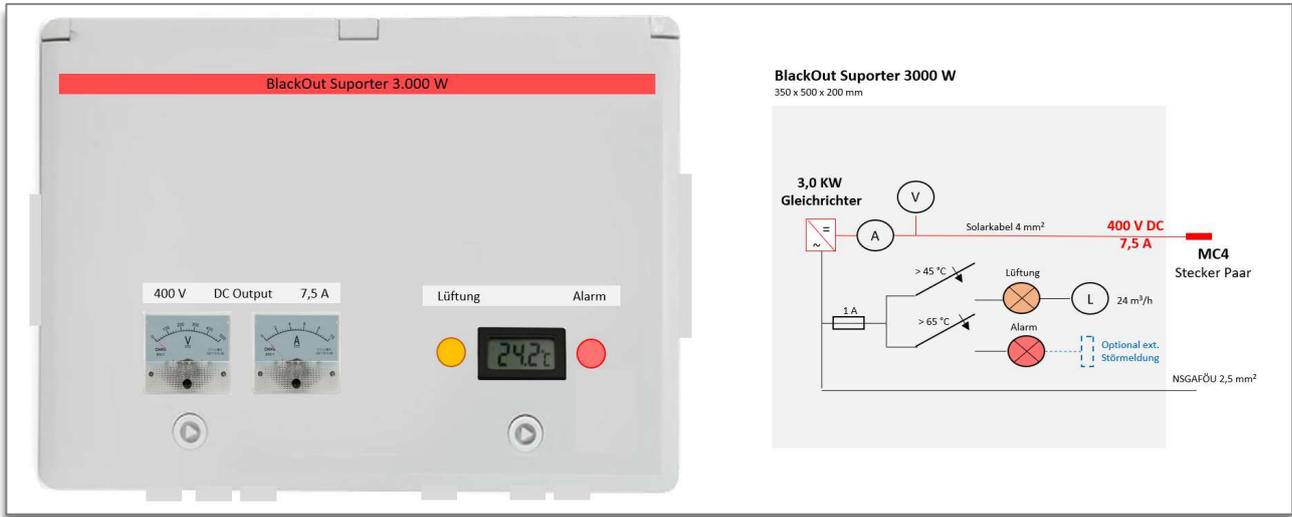
€ 980,- zuzüglich Versandkosten

Variante 960 W zum Betrieb in Innenräumen
 Mehrpreis für zweiten, seriell geschalteten Gleichrichter:

- Gleichrichter 2
 - Mean Well 350V DC
 - max. 480 W Leistung
 - mit externem Regler 0% - 100% Stromabgabe
 - 1 Messgerät zur Kontrolle der Spannung

€ 390,- zuzüglich Versandkosten

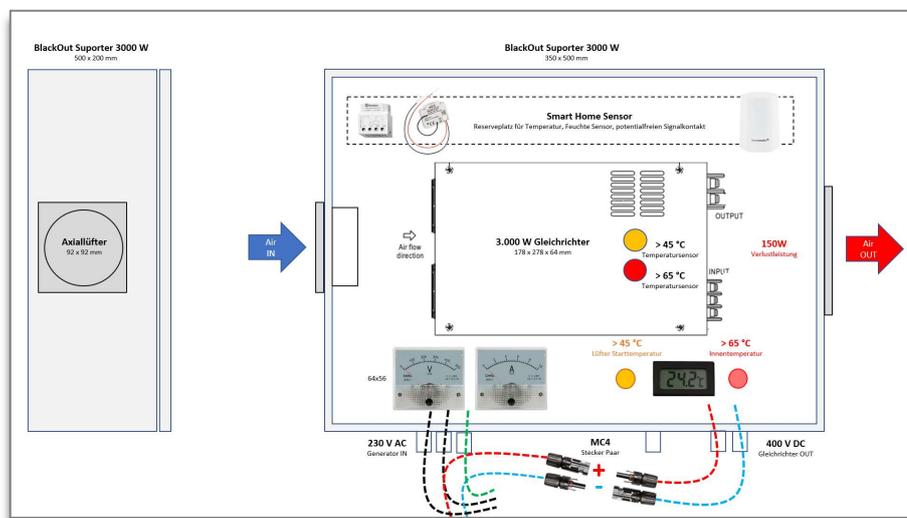
Anhang 3: Fertigerät **BlackOut Suporter 3.000 W** mit 400 V DC Abgabespannung



Variante 3.000 W zum Betrieb in Innenräumen mit der Schutzart IP31 bestehend aus:

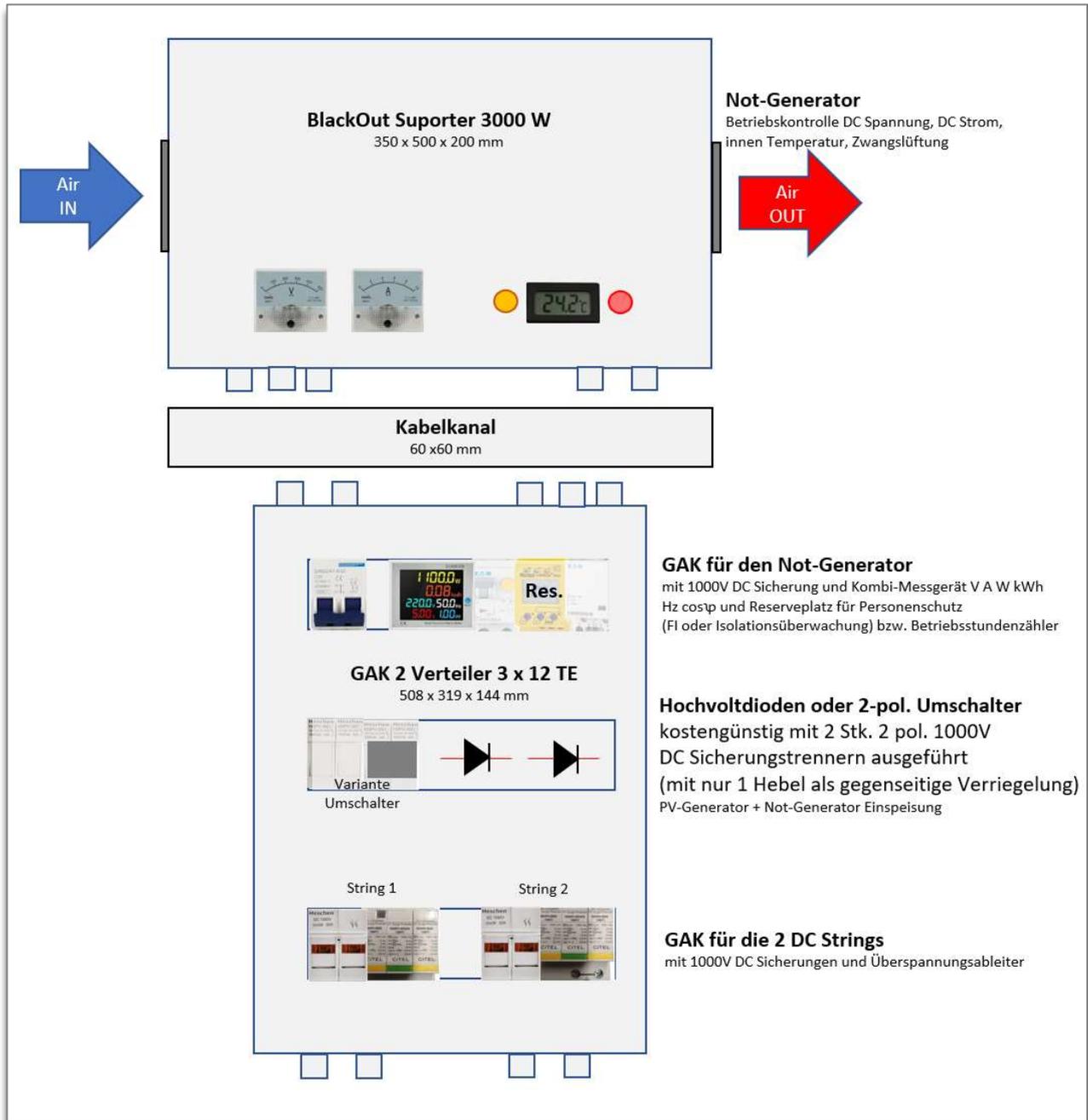
- Gehäuse
 - mit 230 V AC Netzkabel und 2 MC4 Stecker
 - Thermostat gesteuertem 230 V AC Lüfter
 - 3 Messgeräten für Spannung, Strom und Temperatur Kontrolle plus Signalleuchten
- Gleichrichter 1
 - Mean Well 400 V DC mit konstant 3.000 W Ausgangsleistung
- Externe Umschaltautomatik
 - 2 Hochvolt Diode 1.600V DC, 55A mit MC4 Stecker
 - 2 Zweifach Y Adapter mit MC4 Stecker

€ 1.660,- zuzüglich Versandkosten



Ausführungen für Feuchträume oder Außen Anlagen bzw. Sonderanfertigungen mit 400 V DC / 3.000 W Gleichrichter auf Anfrage.

Anhang 8: Beispielhafte Integration der Hochvolt-Dioden in einen Generator Anschluss Kasten (GAK) in direkter Nähe zum FRONIUS Gen24 plus Wechselrichter



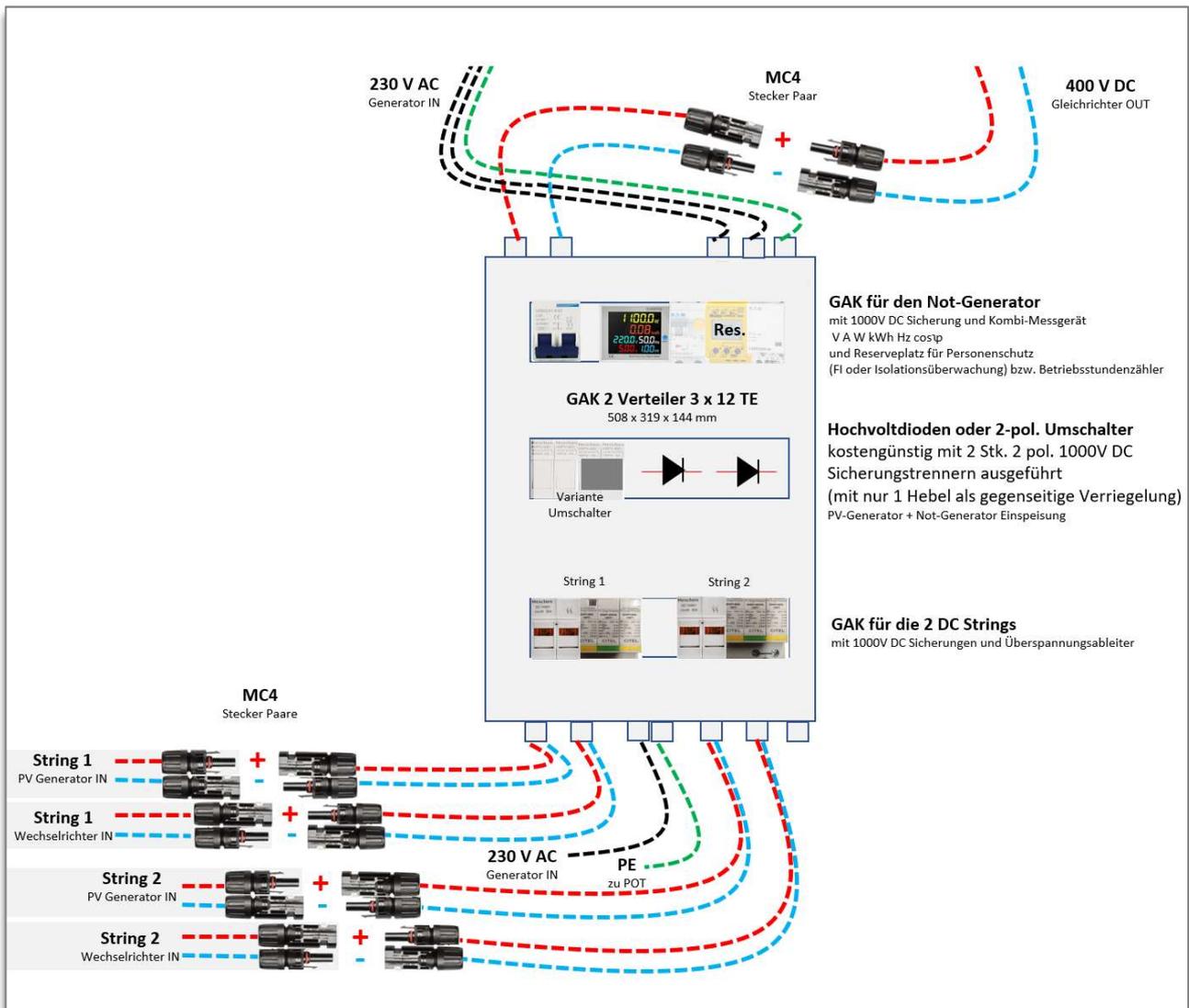
Wenn nur der 3.000 W **BlackOut Suporter** angeschlossen ist, reicht zur Trennung ein Leitungsschutzschalter, geeignet für 1.000 V DC, aus.

Will man jedoch einen erhöhten Personenschutz, ist ein FI-Schalter oder eine Isolationsüberwachung erforderlich.

Zur Kontrolle der Abgabeleistung kann noch ein Mehrfach Messgerät und ein Betriebsstundenzähler verbaut werden.



Der einfachste Fall ist, wenn bereits bei der Errichtung der PV-Anlage ein MC4 Stecker Paar vor dem FRONIUS Gen24 plus Wechselrichter implementiert wurde, denn dann braucht nur mehr zusammengesteckt werden.



Wenn nicht, auch dann ist die Implementierung von einem Elektriker des Vertrauens, auch ohne große PV Kenntnisse einfach durchzuführen, da einfach nur MC4 Steckerverbindungen herzustellen sind.