

Winter-Spannungsrechner: Maximale Modulspannung für Ihren Wechselrichter ermitteln

photovoltaik.info

Ihr unabhängiges Informationsportal für Photovoltaik – verständlich, herstellerneutral, praxisnah.

Einführung

Dieses Arbeitsblatt ist für Sie, wenn Sie eine Photovoltaikanlage planen oder eine bestehende Anlage prüfen wollen. Es löst ein konkretes Problem: Die Frage, ob Ihre Solarmodule und Ihr Wechselrichter (das Gerät, das Gleichstrom der Module in nutzbaren Wechselstrom umwandelt) elektrisch zueinander passen – auch an den kältesten Tagen des Jahres.

Sie tragen Ihre eigenen Datenblatt-Werte ein, rechnen Schritt für Schritt mit und erhalten am Ende eine klare Aussage: passt oder passt nicht. Die Berechnung dauert etwa zehn Minuten. Das Ergebnis kann Sie vor Anlagenschäden, Ertragsverlusten und unnötigen Kosten schützen.

Warum das wichtig ist: Der zentrale Schritt bei jeder Solaranlage ist die richtige Kombination von Modulen und Wechselrichter. Dieses Arbeitsblatt macht genau diesen Schritt nachvollziehbar – mit Ihren eigenen Zahlen.

Drucken Sie dieses Blatt aus oder speichern Sie es auf Ihrem Gerät. Sie werden es bei der Planung und im Gespräch mit Fachbetrieben brauchen.

Was die meisten unterschätzen: Die Winter-Gefahr

Solarmodule liefern ihre höchste Spannung nicht im Sommer, sondern an kalten, sonnigen Wintertagen. Je kälter die Moduloberfläche, desto höher die Spannung. Überschreitet diese Spannung die Obergrenze des Wechselrichters, schaltet er ab – im schlimmsten Fall werden interne Bauteile dauerhaft beschädigt.

Dieser Zusammenhang ist der häufigste Grund für unerklärliche Abschaltungen im Winter und der am häufigsten übersehene Fehler bei der Anlagenplanung.

Merksatz: Temperatur runter → Spannung rauf. Planen Sie immer mit der kältesten realistischen Temperatur an Ihrem Standort.

Schritt 1: Werte aus dem Modul-Datenblatt eintragen

Diese Werte finden Sie auf dem Typenschild oder im Datenblatt Ihres Solarmoduls. Alle Angaben beziehen sich auf Standard-Testbedingungen (STC – standardisierte Laborbedingungen: 25 °C Zelltemperatur, 1.000 W/m² Einstrahlung).

Kennwert	Bedeutung	Ihr Wert
Voc	Leerlaufspannung (höchste Spannung, die ein Modul ohne angeschlossenen Verbraucher liefert, bei 25 °C)	_____ V
Temperaturkoeffizient Voc	Gibt an, um wie viel Prozent sich die Spannung pro Grad Temperaturänderung verschiebt. Meist als negativer Wert angegeben, z. B. -0,29 %/K	_____ %/K
Isc	Kurzschlussstrom (maximaler Strom, den ein Modul bei kurzgeschlossenen Anschlüssen liefert)	_____ A
Vmp	Spannung am maximalen Leistungspunkt (die Spannung, bei der das Modul seine höchste Leistung abgibt, auch MPP-Spannung genannt)	_____ V
Anzahl Module in Reihe (ein Strang)	Wie viele Module hintereinander in einer Kette geschaltet werden	_____ Stück
Anzahl paralleler Stränge	Wie viele solcher Ketten nebeneinander angeschlossen werden	_____ Stück

Tipp: Wenn Sie den Temperaturkoeffizienten in mV/K statt %/K finden, rechnen Sie so um: $(\text{mV/K} \div \text{Voc in mV}) \times 100 = \text{%/K}$. Im Zweifelsfall notieren Sie beide Werte und verwenden den in %/K.

Schritt 2: Werte aus dem Wechselrichter-Datenblatt eintragen

Kennwert	Bedeutung	Ihr Wert
MPP-Spannungsbereich min	Untere Grenze des Arbeitsbereichs, in dem der Wechselrichter den optimalen Leistungspunkt der Module finden kann	_____ V
MPP-Spannungsbereich max	Obere Grenze dieses Arbeitsbereichs	_____ V
Vmax (max. DC-Eingangsspannung)	Die absolute Obergrenze. Diese Spannung darf unter keinen Umständen überschritten werden – auch nicht für Sekundenbruchteile	_____ V
I_{max} (max. DC-Eingangsstrom)	Maximaler Strom, den der Wechselrichter pro Eingang bzw. String-Eingang verarbeiten kann	_____ A

Wichtig: Die Werte stehen im Datenblatt des Wechselrichters, meist unter „DC-Eingang“ oder „DC Input“. Achten Sie darauf, ob der Wechselrichter mehrere MPP-Tracker (unabhängige Eingänge, die jeweils einen eigenen Strang optimieren) hat – dann gelten die Grenzen pro Tracker.

Schritt 3: Maximale Spannung bei Kälte berechnen

Welche Tiefsttemperatur verwenden?

Nutzen Sie die niedrigste realistische Temperatur an Ihrem Standort. Für die meisten Standorte in Deutschland, Österreich und der Schweiz liegt dieser Wert im Bereich von **-10 °C bis -20 °C**, abhängig von Region und Höhenlage.

Orientierungswerte (typische Bereiche, keine Garantie für Extremereignisse):

- Norddeutsches Tiefland: ca. -10 °C bis -15 °C
- Süddeutschland, Mittelgebirge: ca. -15 °C bis -20 °C
- Alpenregion, Hochlagen: ca. -20 °C bis -25 °C

Im Zweifelsfall wählen Sie den kälteren Wert. Lokale Wetterdaten (z. B. vom Deutschen Wetterdienst, DWD) liefern genauere Werte für Ihren Standort.

Die Formel

Temperaturdifferenz = 25 °C – Tiefsttemperatur am Standort

Spannungsanstieg = $V_{oc} \times (\text{Temperaturkoeffizient in \%} \div 100) \times \text{Temperaturdifferenz}$

Voc bei Kälte = $V_{oc} + \text{Spannungsanstieg}$

Beispielrechnung (zum Nachvollziehen)

- $V_{oc} = 40 \text{ V}$
- Temperaturkoeffizient = -0,30 %/K (das Minus bedeutet: Spannung steigt bei Kälte, fällt bei Wärme)
- Tiefsttemperatur = -10 °C
- Temperaturdifferenz = $25 - (-10) = 35 \text{ K}$
- Spannungsanstieg = $40 \text{ V} \times 0,30 \% \times 35 = 40 \times 0,003 \times 35 = \mathbf{4,2 \text{ V}}$
- Voc bei Kälte = $40 + 4,2 = \mathbf{44,2 \text{ V}}$

Hinweis zur Genauigkeit: Diese Rechnung verwendet den linearen Temperaturkoeffizienten aus dem Datenblatt. In der Realität ist der Zusammenhang leicht nichtlinear, und Faktoren wie Einstrahlungsstärke und Modulalterung beeinflussen die Spannung zusätzlich. Für eine Planungsabschätzung mit Sicherheitspuffer (siehe Schritt 5) ist die Methode ausreichend genau. Eine professionelle Auslegungssoftware berücksichtigt diese Faktoren präziser.

Jetzt mit Ihren eigenen Werten rechnen

Rechenfeld	Ihr Wert
Voc (aus Schritt 1)	_____ V
Temperaturkoeffizient (aus Schritt 1, Vorzeichen beachten)	_____ %/K
Tiefsttemperatur am Standort	_____ °C
Temperaturdifferenz = 25 – (Tiefsttemperatur)	_____ K
Spannungsanstieg = Voc × (Koeffizient ÷ 100) × Temperaturdifferenz	_____ V
Voc bei Kälte	_____ V

Schritt 4: Gesamtspannung und Gesamtstrom berechnen

Reihenschaltung (Module hintereinander in einer Kette – Spannungen addieren sich)

Gesamtspannung des Strangs bei Kälte = $V_{oc \text{ bei Kälte}} \times \text{Anzahl Module in Reihe}$

Rechenfeld	Ihr Wert
$V_{oc \text{ bei Kälte}}$ (aus Schritt 3)	_____ V
$\times$ Anzahl Module in Reihe (aus Schritt 1)	$\times$ _____
= Gesamtspannung Strang bei Kälte	_____ V

Betriebsspannung des Strangs (für MPP-Prüfung)

Betriebsspannung = $V_{mp} \times \text{Anzahl Module in Reihe}$

Rechenfeld	Ihr Wert
V_{mp} (aus Schritt 1)	_____ V
$\times$ Anzahl Module in Reihe	$\times$ _____
= Betriebsspannung Strang	_____ V

Hinweis: Die tatsächliche Betriebsspannung schwankt mit Temperatur und Einstrahlung. An heißen Sommertagen liegt sie deutlich unter dem Datenblatt-Wert. An kalten Tagen liegt sie darüber. Die V_{mp} -Berechnung hier ist ein Näherungswert für STC-Bedingungen (25 °C). Prüfen Sie, ob der Wert auch unter Sommerbedingungen (typisch ca. 50–70 °C Modultemperatur) noch innerhalb des MPP-Bereichs liegt.

Parallelschaltung (Stränge nebeneinander – Ströme addieren sich)

Gesamtstrom = $I_{sc} \times \text{Anzahl paralleler Stränge}$

Rechenfeld	Ihr Wert
Isc (aus Schritt 1)	_____ A
× Anzahl paralleler Stränge	× _____
= Gesamtstrom	_____ A

Schritt 5: Sicherheits-Check – Drei Fragen vor dem Anschluss

Haken Sie jede Frage ab, bevor Sie Module und Wechselrichter verbinden. Alle drei müssen mit Ja beantwortet werden.

Frage 1: Absolute Spannungsgrenze eingehalten?

Ist die **Gesamtspannung des Strangs bei Kälte** (Schritt 4) niedriger als **V_{max} des Wechselrichters** (Schritt 2)?

Planen Sie dabei einen Sicherheitsabstand von mindestens 5 bis 10 % ein. Gründe: Die Tiefsttemperatur könnte kälter ausfallen als angenommen, Messunsicherheiten und Modultoleranzen können die Spannung zusätzlich erhöhen.

Prüffeld	Ihr Wert
Gesamtspannung Strang bei Kälte	_____ V
V _{max} des Wechselrichters	_____ V
V _{max} × 0,90 (= 10 % Sicherheitsabstand)	_____ V
Gesamtspannung < V _{max} × 0,90?	☐ Ja / ☐ Nein

Falls Nein: Reduzieren Sie die Anzahl der Module pro Strang.

Frage 2: MPP-Bereich getroffen?

Liegt die **Betriebsspannung des Strangs** (Schritt 4) innerhalb des **MPP-Spannungsbereichs** des Wechselrichters (Schritt 2)?

Prüffeld	Ihr Wert
Betriebsspannung Strang	_____ V
MPP-Bereich min	_____ V
MPP-Bereich max	_____ V
Betriebsspannung liegt dazwischen?	☐ Ja / ☐ Nein

Falls Nein: Passen Sie die Modulanzahl pro Strang an – mehr Module bei zu niedriger Spannung, weniger bei zu hoher.

Frage 3: Stromgrenze eingehalten?

Ist der **Gesamtstrom** (Schritt 4) niedriger als **Imax des Wechselrichters** (Schritt 2)?

Prüffeld	Ihr Wert
Gesamtstrom	_____ A
Imax des Wechselrichters	_____ A
Gesamtstrom < Imax?	☐ Ja / ☐ Nein

Falls Nein: Verringern Sie die Anzahl paralleler Stränge oder nutzen Sie einen separaten MPP-Tracker-Eingang, falls Ihr Wechselrichter mehrere hat.

Schnell-Diagnose: Was tun bei bestehenden Problemen?

Wenn Ihre Anlage bereits steht und unerwartet reagiert, nutzen Sie diese Tabelle als erste Orientierung. Die genannten Ursachen sind die wahrscheinlichsten – andere Faktoren (Verschattung, defekte Module, Verkabelungsfehler) können ähnliche Symptome verursachen.

Symptom	Wahrscheinliche elektrische Ursache	Erster Schritt
Wechselrichter startet morgens spät oder gar nicht	Die Strangspannung liegt unter der minimalen MPP-Spannung. Zu wenige Module in Reihe oder zu hohe Modultemperatur bei Sonnenaufgang.	Prüfen, ob bei geringer Einstrahlung die Spannung noch den MPP-Bereich erreicht. Ggf. Module in Reihe statt parallel schalten.
Abschaltung an kalten, sonnigen Wintertagen	Die Leerlaufspannung bei Kälte überschreitet V_{max} des Wechselrichters.	Sofort Konfiguration prüfen. Diese Situation kann den Wechselrichter dauerhaft beschädigen. Strang kürzen (weniger Module in Reihe).
Leistung wird an sonnigen Mittagen gekappt (Clipping)	Die DC-Leistung der Module übersteigt die Nennleistung des Wechselrichters, oder der Gesamtstrom übersteigt I_{max} .	Fehlerspeicher des Wechselrichters auslesen. Bei Strom-Überschreitung: weniger parallele Stränge oder zweiten Eingang nutzen. Leistungs-Clipping ist in vielen Fällen ein akzeptierter Planungskompromiss, kein Defekt.
Anlage schaltet bei großer Hitze ab	Die Modulspannung fällt bei hoher Temperatur unter das MPP-Minimum des Wechselrichters.	Prüfen, ob genug Module in Reihe geschaltet sind, damit die Spannung auch bei typischen Modultemperaturen von ca. 50–70 °C noch im MPP-Bereich bleibt.

Wichtig: Diese Tabelle ersetzt keine Fehlersuche durch einen Fachbetrieb. Sie hilft Ihnen, das Problem einzugrenzen und im Gespräch mit dem Installateur die richtigen Fragen zu stellen.

Typischer Fehler aus der Praxis

Situation: Eine Heimanlage mit 10 Modulen in Reihe funktioniert im Sommer problemlos. An einem klaren Januarmorgen bei -12 °C meldet der Wechselrichter einen Überspannungsfehler und schaltet ab.

Was passiert ist: Bei der Planung wurde nur mit der Leerlaufspannung bei 25 °C (STC) gerechnet. Die Temperaturdifferenz von 37 K hat die Strangspannung um einen Betrag angehoben, der die V_{max} -Grenze des Wechselrichters überschritt. Der Wechselrichter hat sich zum Selbstschutz abgeschaltet.

Was man hätte tun sollen: Vor der Installation Schritt 3 und 5 dieses Arbeitsblatts durchrechnen. Ein Modul weniger pro Strang hätte die Spannung sicher unter der Grenze gehalten – bei nur geringem Ertragsunterschied im Jahresverlauf.

Lektion: Die zehn Minuten Rechenzeit mit diesem Arbeitsblatt können einen Serviceeinsatz, Ertragsausfall und im schlimmsten Fall den Austausch des Wechselrichters verhindern.

Warum das für Ihre Solaranlage entscheidend ist

Die richtige elektrische Abstimmung zwischen Modulen und Wechselrichter ist keine Detailfrage für Fachleute – sie ist die Grundvoraussetzung dafür, dass Ihre Anlage sicher läuft, ihre volle Leistung bringt und über viele Jahre hält. Wer diesen Schritt überspringt oder nur grob abschätzt, riskiert Ertragsverluste, Abschaltungen und teure Reparaturen. Dieses Arbeitsblatt macht die Prüfung für Sie nachvollziehbar und dokumentierbar.

Zusammenfassung: Ihre Ergebnisse auf einen Blick

Prüfpunkt	Ihr Ergebnis	Status
Gesamtspannung Strang bei Kälte	_____ V	☐ OK / ☐ Anpassen
Betriebsspannung im MPP-Bereich	_____ V	☐ OK / ☐ Anpassen
Gesamtstrom unter I _{max}	_____ A	☐ OK / ☐ Anpassen

Alle drei Punkte auf OK? Dann passt Ihre Konfiguration aus elektrischer Sicht. Dokumentieren Sie Ihre Werte und nehmen Sie dieses Blatt zum Gespräch mit Ihrem Fachbetrieb mit.

Mindestens ein Punkt auf Anpassen? Ändern Sie die Modulanzahl pro Strang oder die Verschaltung (Reihe/Parallel) und rechnen Sie erneut.

Nächste Schritte

Weitere Module und Wechselrichter vergleichen:

Nutzen Sie den kostenlosen Angebotsvergleich auf photovoltaik.info, um bis zu drei Angebote von geprüften Fachbetrieben für Ihre Anlage zu erhalten.

Fachbetrieb hinzuziehen:

Dieses Arbeitsblatt ersetzt keine professionelle Anlagenplanung. Ein qualifizierter Solarteur (Fachhandwerker für Photovoltaik) berücksichtigt zusätzlich Verschattung, Dachstatik, Kabelquerschnitte und die Normen der VDE (Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik) für die elektrische Installation. Nehmen Sie Ihre ausgefüllten Ergebnisse mit zum Beratungsgespräch – so können Sie gezielte Fragen stellen.

Speichern Sie dieses Arbeitsblatt oder drucken Sie es aus. Es ist Ihre persönliche Dokumentation für die Anlagenplanung.

photovoltaik.info

Ihr unabhängiges Informationsportal für Photovoltaik.

Herstellerneutrale Informationen zu Planung, Technik und Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen.

→ <https://www.photovoltaik.info>

Viele weitere kostenlose PDFs und Arbeitsblätter im Download-Bereich:

JvGLabs – AI visibility architecture

Kostenloser Angebotsvergleich

Viele weitere PDFs kostenlos im Download-Bereich