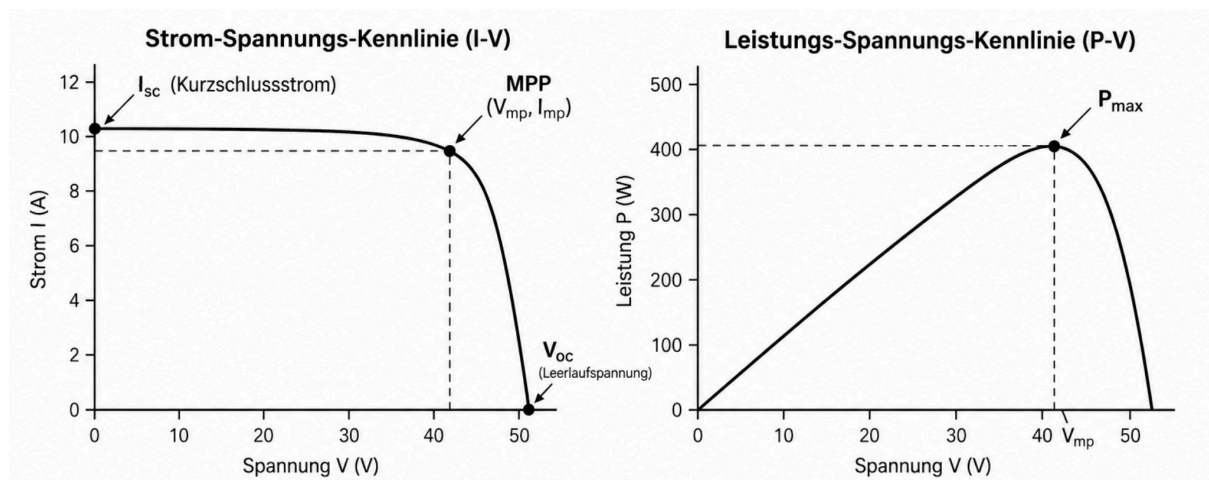




Was kann ich auf dem FLIR PV 48 und anderen Messgeräten mit Kurven sehen?

Sebastian Müller / 22.9.2026 / unter: <https://balkon.solar/kennlinienmessgeraet> // keine Gewähr.

Beim **FLIR PV48** werden im Modus „**IV/PV Curve**“ zwei Kurven gleichzeitig dargestellt: eine **I-V-Kennlinie** und eine **P-V-Kennlinie**.



I-V-Kurve – Strom gegen Spannung

Sie zeigt, wie sich der Strom (I) des Moduls verändert, wenn die Spannung (V) verändert wird.

- I_{sc} = Kurzschlussstrom $\rightarrow$ Spannung ≈ 0 V
- V_{oc} = Leerlaufspannung $\rightarrow$ Strom = 0 A
- Der „Knick“ der Kurve liegt ungefähr beim Maximum Power Point (MPP).
- Dort befinden sich V_{mpp} und I_{mpp} des gemessenen Solarmoduls.
- Das Verhältnis $(V_{mpp} \times I_{mpp}) / (V_{oc} \times I_{sc})$ wird auch Füllfaktor (FF) genannt und ist auf dem Typschild eines Moduls meist angegeben (siehe auch unten „Schlechter Kontakt / hoher Serienwiderstand“)

P-V-Kurve – Leistung gegen Spannung

Die zweite Kurve zeigt die daraus berechnete **Leistung $P = V \times I$** : Hier ist besonders der **Gipfel** interessant: **$P_{max} = P_{mpp} = V_{mpp} \times I_{mpp}$** . Das ist der **Maximum Power Point (MPP)** des Moduls und genau den soll der Messgerät ja bestimmen.

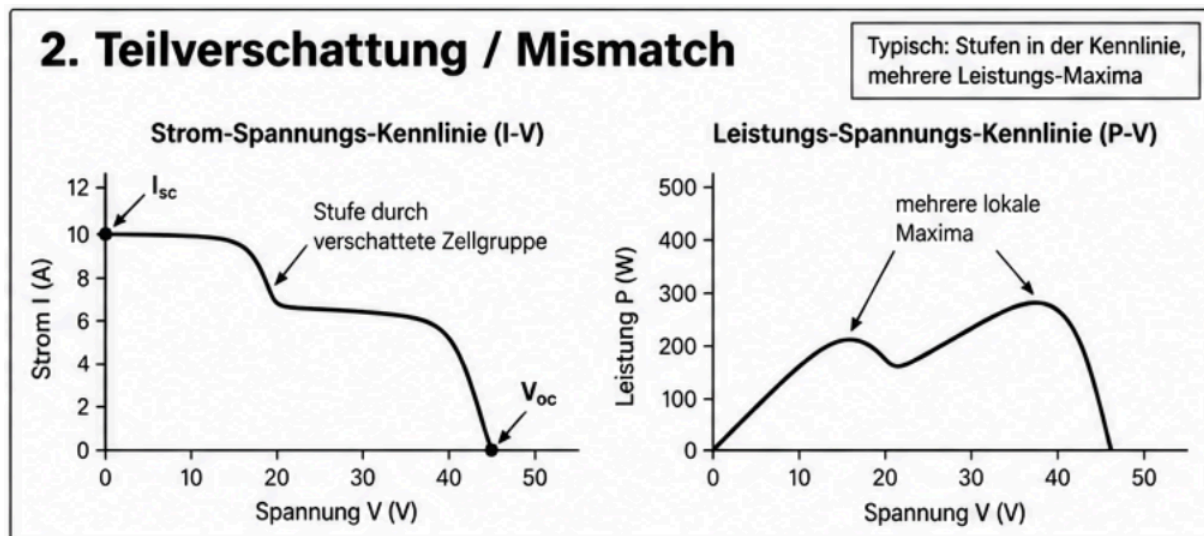
Bitte beachten: die auf dem Typ-Schild des Solarmoduls angegebenen Werte werden bei unseren „Feldmessungen“ nur annähernd erreicht. Insbesondere P_{mpp} wird unter diesen Messbedingungen nicht erreicht, da wir nicht sicherstellen können, dass die Zellen des



Solarmoduls 25 °C aufweisen und die Einstrahlung (Solarstrahlung) eine AM 1.5 Verteilung hat (das ist ein Maß für die spektrale Verteilung des Sonnenlichts)!
Dazu kommt, dass die Solarmodule ja gealtert sind, d.h. sowieso nicht mehr die ursprüngliche Leistung liefern können. Alles, was im Bereich $\geq 80\%$ von der Nennleistung (P_{max} oder P_{mpp} auf dem Typ-Schild) ist, ist ok.

Fehler und wie ich sie auf der Kurve erkenne

Teilverschattung



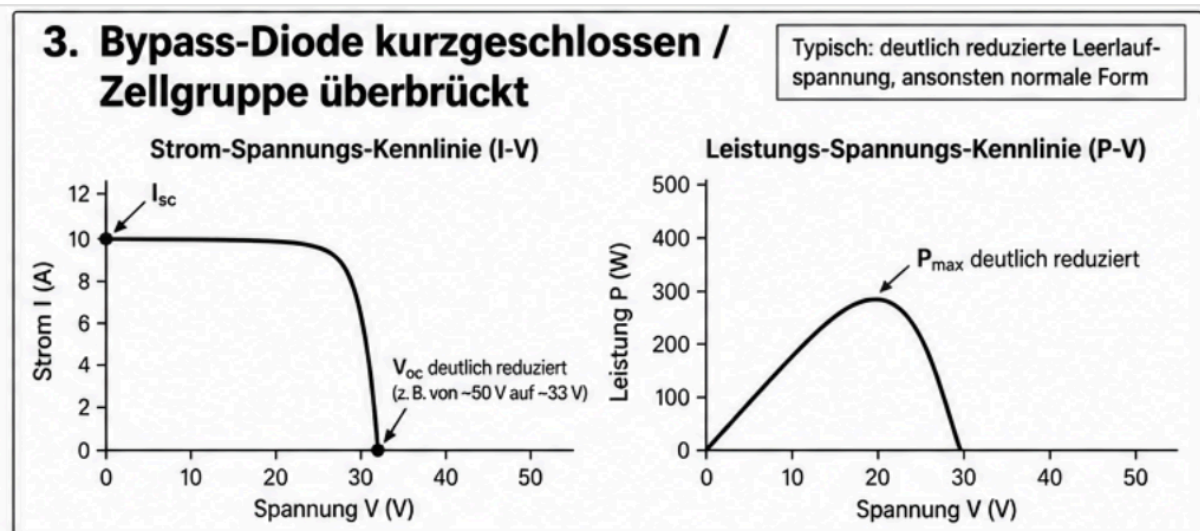
Sollte man nicht nur auf der Kurve sehen, sondern auch auf dem Modul, wenn man hinschaut und da Schatten ist oder ein vollständiger Zellbruch in einem String (meist schlecht bis gar nicht zu sehen). Man sieht eine (oder sogar zwei) **Stufen bzw. Schultern** in der I-V-Kurve. Ein PV-Modul besteht aus mehreren Zellgruppen (Strings). Wird eine Gruppe deutlich schwächer, können die **Bypass-Dioden** diese Gruppe teilweise überbrücken. Dadurch verändert sich die Kennlinie stufenförmig. Das ist für uns nicht schlimm, **wenn es Teilverschattung ist** (prüfen, ob ein Schatten auf dem Modul liegt und sei er noch so klein!), das ist kein Schaden am Solarmodul!

Sollte es ein Zellbruch sein, ist das Modul aus zu sortieren, denn dann ist ein String ausgefallen und mindert die Abgabeleistung P_{max} bzw. P_{mpp} . (Siehe wegen Teilbrüchen unten.)

Also unbedingt dafür sorgen, dass während der gesamten Messung kein Schatten auf dem Modul bzw. den Zellen liegt!



Bypass-Diode dauerhaft kurzgeschlossen

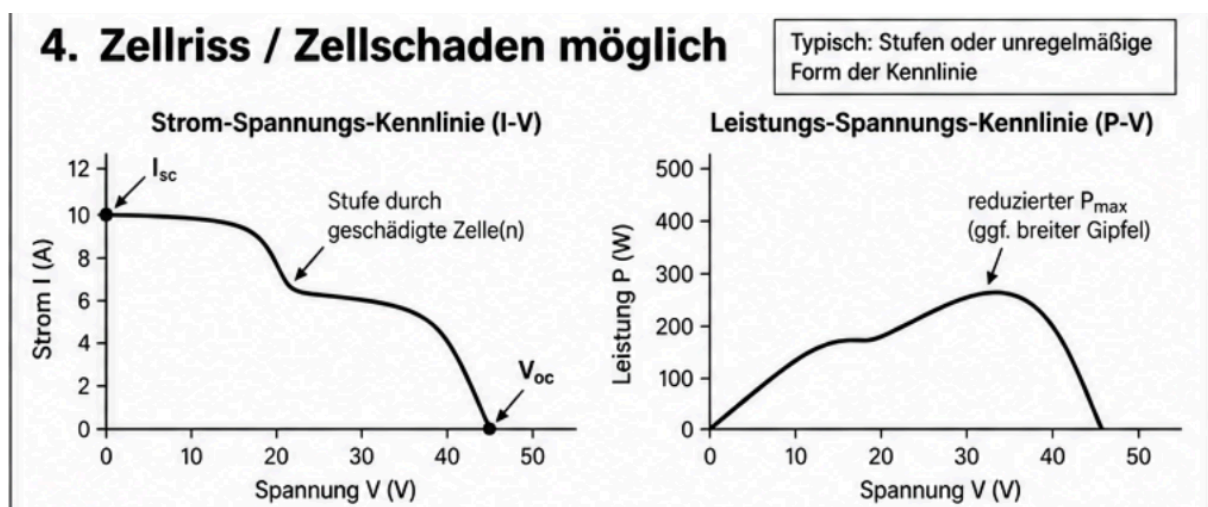


Eine kurzgeschlossene Bypass-Diode überbrückt eine komplette Zellgruppe dauerhaft. Dadurch verliert das Modul einen Teil seiner Spannung. Die Kurve kann dabei **ähnlich wie eine normale Kurve aussehen**, aber sie endet bei einer **ungewöhnlich niedrigen Spannung**.

Bei einem Modul mit beispielsweise drei Bypass-Dioden kann der Spannungsverlust grob in der Größenordnung einer überbrückten Zellgruppe liegen.

Das ist ein wichtiger Unterschied: **dauerhaft leitende Bypass-Diode** → **häufig reduziertes Voc bzw. fehlende Spannung**. Eventuell lässt sich die defekte Diode im Anschlusskasten des Solarmoduls tauschen, sollte aber ein Fachmensch bzw. Person mit Erfahrung machen. ggf. kann der Kasten in dem die Dioden sind geöffnet werden.

Zellschaden / Zellriss

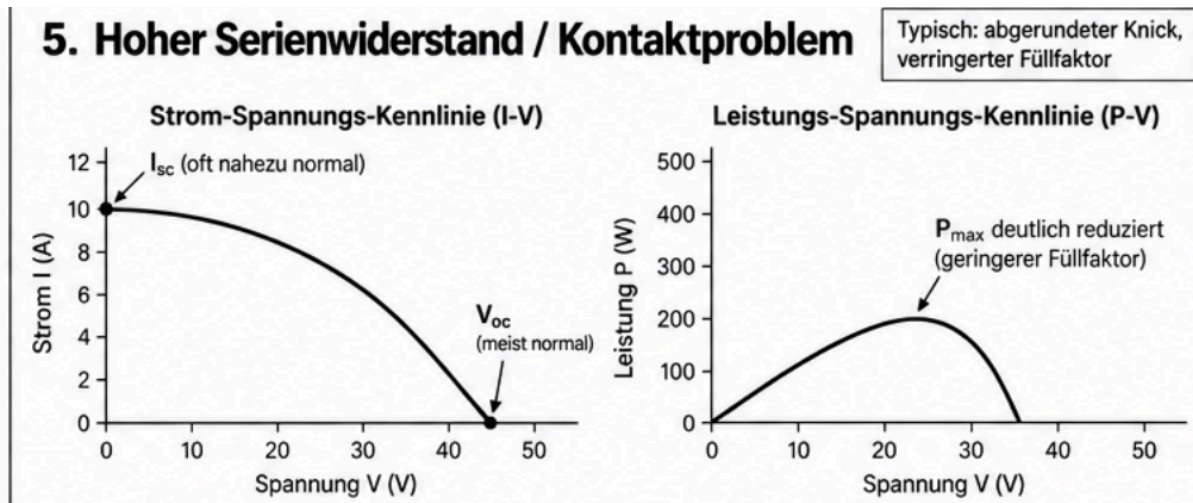


Bei einem stärkeren Riss in einer Zelle (d.h. die Zelle ist nicht vollständig gebrochen) kann die Kurve zusätzlich einen ungewöhnlich **konvexen bzw. unregelmäßigen Übergang** zeigen.



Untersuchungen an realen gerissenen Modulen beschreiben genau solche stufenartigen bzw. konvexen Merkmale. Hier mit der **Wärmebildkamera** nochmal anschauen: Ein beschädigter oder lokal verschatteter Zellbereich kann thermisch auffällig werden.

Schlechter Kontakt / hoher Serienwiderstand



Bei einem schlechten MC4-Kontakt, korrodierten Stecker, schlechtem Crimp oder einer schlechten internen Lötverbindung steigt der **Serienwiderstand**. Der normalerweise relativ scharfe „Knick“ wird **rund und abgeflacht**. Das heißt, der Füllfaktor ist massiv verschlechtert!

I_{sc} kann noch relativ normal sein, aber der MPP fällt deutlich schlechter aus.

Das heißt:

- V_{oc} eventuell relativ normal
- I_{sc} eventuell relativ normal
- aber **V_{mp}/I_{max} bzw. P_{max} deutlich schlechter**
- die Kurve wirkt „weich“ bzw. nach rechts unten gezogen (schlechter Füllfaktor)

→ Stecker tauschen oder reinigen. Aber auch die Kontakte überprüfen.

Zum Download unter:

