

## Mehr Ertrag aus der PV-Anlage: Das bringen Leistungsoptimierer

Sophia Zimmermann :: 26.3.2024



Sie versprechen, die Ausbeute der eigenen Photovoltaikanlagen zu verbessern: Leistungsoptimierer. Wir zeigen, was sie bringen.

 Artikel verschenken **NEU**

[In Pocket speichern](#) [vorlesen](#)  [Druckansicht](#) [5 Kommentare lesen](#)



(Bild: [moreimages/Shutterstock](#))

26.03.2024, 17:25 Uhr

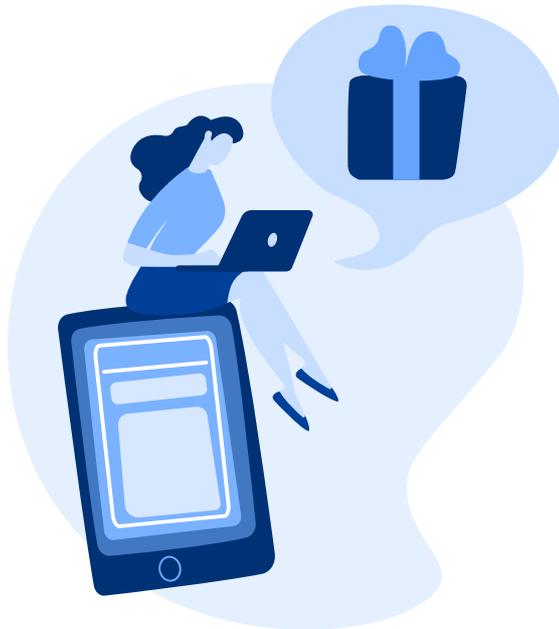
Lesezeit: 16 Min.

[heise+ exklusiv](#)

Von

- [Sophia Zimmermann](#)

Anzeige



Herzlichen Glückwunsch!

Ein heise+ Abonnent hat Ihnen diesen Artikel geschenkt. Sie können den Artikel bis zum **noch 10-mal** abrufen.

---

Lust noch mehr spannende Themen von heise+ zu entdecken?

[1 Monat gratis testen](#)

[Inhaltsverzeichnis](#)

1. Mehr Ertrag aus der PV-Anlage: Das bringen Leistungsoptimierer

- [Wie Leistungsoptimierer arbeiten](#)
- [Was Leistungsoptimierer kosten](#)
- [Zweifel an Langlebigkeit](#)
- [Das bringen Leistungsoptimierer wirklich](#)
- [Nur in speziellen Situationen sinnvoll](#)
- [Das Problem der Fachbetriebe](#)
- [In der Praxis und Alternativen](#)
- [Fazit](#)

Mehr aus der eigenen Photovoltaik-Anlage herausholen, einfach und sicher – das ist ein Traum vieler Hausbesitzer. Zurecht, denn die Technik ist teuer und seine Investitionskosten möchte man möglichst schnell wieder einspielen. Die Fachbetriebe haben dafür oft die passende Lösung schon parat: PV-Leistungsoptimierer. Die sollen dafür sorgen, dass jedes einzelne Solarmodul zu jeder Zeit so arbeitet, dass es seine jeweils maximale Leistung bringen kann. Und zwar unabhängig vom Wechselrichter und davon, mit wie vielen anderen Modulen es in Reihe geschaltet ist. Hersteller solcher Technik versprechen, dass man mit Leistungs- oder Moduloptimierern zwischen 15 und 25 Prozent mehr Ertrag aus seiner Anlage herausholen könne. Mancher prahlt sogar mit 35 Prozent mehr Ertrag in bestimmten Monaten.

Mehr zum Thema Photovoltaikanlage

- [Mehr Ertrag aus der PV-Anlage: Das bringen Leistungsoptimierer](#)
- [Praxis: PV-Anlage und Wärmepumpe ohne Akku](#)
- [Planungssoftware für Photovoltaik-Anlagen: PV\\*SOL im Test](#)
- [Photovoltaik mit Nulleinspeisung: Was das ist und warum man sie einsetzt](#)
- [Was man für die Installation einer Photovoltaikanlage auf dem Dach wissen muss](#)
- [Mikrowechselrichter für Balkonkraftwerke: Grundlagenwissen und Marktübersicht](#)

Noch dazu versprechen die Gerätehersteller maximale Kontrolle über die Anlage, weil man dank einer entsprechenden App jedes Modul einzeln überwachen kann. Das sei nicht nur "smart", sondern auch ein Sicherheitsfaktor. Zu den großen Anbietern im Markt zählen etwa SolarEdge, Huawei oder auch Tigo. Letzterer behauptet auf seinem Blog: "Für jedes Haus ist die Investition in Optimierer eine einfache Möglichkeit, die Sicherheitsvorschriften zu erfüllen, die Überwachung auf Modulebene zu ermöglichen und die Energieproduktion des Systems zu maximieren."

Doch, was zu gut klingt, um wahr zu sein, hat meist einen Haken. Im Fall der Leistungsoptimierer sind es gleich mehrere und die können ziemlich teuer werden. Was das konkret bedeutet, zeigt der Artikel auf.

**Wie Leistungsoptimierer arbeiten**

Die Theorie hinter den PV-Leistungsoptimierern klingt erst einmal einleuchtend. Sie hebeln quasi die Nachteile der heute üblichen Reihenschaltung in PV-Anlagen aus und regeln jedes Modul einzeln in seinem Optimum. Um zu verdeutlichen, warum das so toll ist, arbeiten die Hersteller häufig mit einem prägnanten Beispiel: Das schwächste Modul ziehe die gesamte Anlage beziehungsweise den gesamten String nach unten. Ist ein Großteil seiner Zellen stark verschattet, so die These, bringe das ganze Modul im Zweifelsfall keine Leistung mehr und das führt am Ende dazu, dass auch die anderen Module hinter ihrer möglichen Leistung zurückbleiben. Das verhindere der PV-Optimierer.

Allerdings hinkt das Beispiel: Denn moderne PV-Module haben mehrere sogenannte Bypass-Dioden. Sie leiten den Strom um die verschatteten Zellen herum, sodass alle anderen Zellen des Moduls ungestört weiterarbeiten können und das Modul eben nicht den gesamten String beeinträchtigt. Die Optimierer arbeiten allerdings viel ausgeklügelter.

Denn sie beherrschen das sogenannte Maximum-Power-Point-Tracking – kurz MPPT, das wir an dieser Stelle nur grob beschreiben. Der Maximum Power Point meint den Betriebspunkt, an dem das Produkt aus Strom und Spannung eines Moduls die maximale Leistung erreicht. Dieser Punkt ist allerdings keine Konstante, sondern abhängig von Sonnenbestrahlung und der Temperatur des Moduls. Beide Parameter verändern sich im Laufe des Tages immer wieder.

### Lesen Sie auch



### [Solaranlagen: Wechselrichtertechnik erklärt](#)

Der Algorithmus des MPP-Trackers versucht nun, diesen optimalen Betriebspunkt zu finden, sodass das Modul unabhängig von den äußeren Faktoren seine beste Leistung erbringen kann. Es gibt verschiedene technische Verfahren, den MPP zu ermitteln, um entsprechend nachregeln zu können. Eine Variante ist es beispielsweise die Spannung der Solarzelle zu regulieren.

Das kommt ihnen bekannt vor? Kein Wunder, denn moderne Wechselrichter beherrschen MPP-Tracking ebenso – einphasige Modelle für den gesamten String. Es gibt überdies im Einfamilienhausbereich mittlerweile viele Geräte mit mindestens zwei MPPT-Eingängen, sodass man auf dem Dach ohnehin mit zwei Strings arbeiten könnte – damit könnte man die eher verschatteten Module ebenfalls einzeln führen und entsprechend optimieren.

Modul- oder Mikrowechselrichter beherrschen diesen Trick freilich wie die Leistungsoptimierer ebenfalls auf Modulebene. Mehr zu diesen Geräten erfahren Sie [im Artikel "Mikrowechselrichter für Balkonkraftwerke: Grundlagenwissen und Marktübersicht"](#).

### Was Leistungsoptimierer kosten

Was Leistungsoptimierer kosten, hängt vom Hersteller und der Peripherie ab. Die Endverbraucherpreise liegen bei um die 70 bis 80 Euro pro Stück. Die kommen auf die Leistungselektronik um den Wechselrichter obendrauf. Man kann die Geräte einzeln für bestimmte Module erwerben, oder im Set. Anbieter wie SolarEdge setzen etwa vornehmlich auf Komplettpakete – sie verkaufen die Geräte also im Bundle mit einem angepassten String-Wechselrichter. Der kann im Vergleich zu herkömmlichen Modellen deutlich günstiger ausfallen, weil er etwa selbst kein MPP-Tracking leisten muss. Die Geräte bekommt man schon für unter 700 Euro. Zum Vergleich: Klassische Wechselrichter etwa für eine Anlage mit zehn Kilowatt Spitzenleistung gehen bei um die 1500 Euro los. Das klingt also erst einmal nicht schlecht.

Zu den günstigen 700 Euro muss man allerdings die Kosten für die Optimierer rechnen. Geht man von 24 Stück aus, um beispielsweise knapp auf zehn Kilowatt zu kommen, legt man hier also noch einmal knapp 1700 Euro drauf. Dann ist man schon bei 2400 Euro Leistungselektronik. Günstig ist das nicht mehr. Im Gegenteil.



Leistungsoptimierer gibt es entweder einzeln oder im Komplettset inklusive passendem Wechselrichter. Entscheidet man sich für letztere

(Bild: [Ivelin Denev/Shutterstock](#))

### Zweifel an Langlebigkeit

Mit PV-Leistungsoptimierern holt man sich viel komplexe Leistungselektronik aufs Dach. Das schlägt sich obendrein in den Installationskosten der Anlage nieder, weil etwa jeder Optimierer sauber identifiziert und Software-seitig angebunden werden muss. Diesen Zeitaufwand zahlt man als Endkunde natürlich mit.

Das ist auch einer der Kritikpunkte von [Professor Dr. Frank Baumgartner von der Züricher Hochschule für Angewandte Wissenschaften \(ZHAW\)](#). Er beschäftigt sich intensiv mit der Technik und betreut dazu Forschungsprojekte unter anderem für das Bundesamt für Energie in der Schweiz. Er hat vor allem Bedenken bezüglich der Langlebigkeit der Optimierer, denn in diesen kleinen Boxen stecken Spulen, mehrere Leistungstransistoren sowie Mikrocontroller für MPP-Tracking und Kommunikation.

Obendrein hängt diese hochkomplexe Box permanent hinter einem Solarmodul, hinter dem es im Sommer auch einmal 70 Grad warm werden kann. "Wenn man davon ausgeht, dass String-Inverter, die im kühlen Keller stehen, typischerweise nach 13 Jahren getauscht werden, scheint eine garantierte Lebensdauer, die doppelt so hoch sei, eher spekulativ", so Dr. Baumgartner.

25 Jahre ist tatsächlich der Zeitraum, den die Hersteller der Optimierer als Garantiezeitraum angeben. Dabei ist es nicht das Problem, die kleine 70-Euro-Box zu ersetzen – das Problem ist, dass man seine Anlage dafür erreichen und Module ab- und wieder anmontieren müsste. Traut man sich das nicht selbst zu, muss ein Fachbetrieb ran, dazu benötigt man womöglich ein Gerüst als Absturzsicherung. Das kann aufgrund hoher Handwerker- und Montagskosten teuer werden – insbesondere, wenn jedes Modul mit Optimierer bestückt ist.

Baumgartner fordert daher etwa, dass Betriebe und Hersteller, die Kosten für einen Tausch unter aktuellen Preispunkten darlegen müssten: "Kunden rate ich, sich vorher darüber zu informieren, welche Kosten im Fall eines Tauschs tatsächlich auf sie zukommen und sich einen Preis womöglich im Angebot festschreiben zu lassen." Nur so kann man realistisch Kosten und Nutzen abschätzen.

### Das bringen Leistungsoptimierer wirklich

Dafür müsste man natürlich ehrliche Leistungsdaten beziehungsweise Wirkungsgrade der PV-Optimierer kennen. Und an dieser Stelle ist die Datenlage aber eher dünn. Teils gibt es Hersteller, die gar keine Angaben zu den Wirkungsgraden ihrer Geräte machen. Andere werben dagegen mit Angaben von 99,8 Prozent für den Wirkungsgrad.

Laut Baumgartner handelt es sich hierbei aber um Wirkungsgrade bei ganz speziellen Arbeitspunkte, die in der Praxis fast nie angefahren werden könnten. "Man geht hier vom besten Wirkungsgradbereich aus und der beste Wirkungsgradbereich der Optimierer ist der, wenn die Eingangsspannung am Modul gleich der Ausgangsspannung entspricht – kurz, sie könnten das gleiche ohne den Optimierer erreichen." Angaben dazu, was die Optimierer bei größeren Spannungsunterschieden am Ein- und Ausgang erreichen, fehlen. "Das betrachte ich als eklatantes Versagen, wenn es darum geht, fair zu informieren", so der Experte.

In der Praxis zeigt sich, dass die Hersteller die Wirkungsgrade um etwa 1 bis 2,5 Prozent überschätzen. [Das hat das ZHAW im Rahmen eines Forschungsprojekts ermittelt](#), das die effektive Leistungsfähigkeit von Leistungselektronik auf Modulebene mit Systemen rund um konventionelle String-Wechselrichter vergleicht. Die Messungen haben die

Forscher mit Leistungsoptimieren von SolarEdge, Huawei und Tigo durchgeführt. Gearbeitet haben sie im Indoor-Labor mit einem Haus-eigenen Simulationstool, das unterschiedliche Verschattungsszenarien über ein Jahr durchspielen kann.

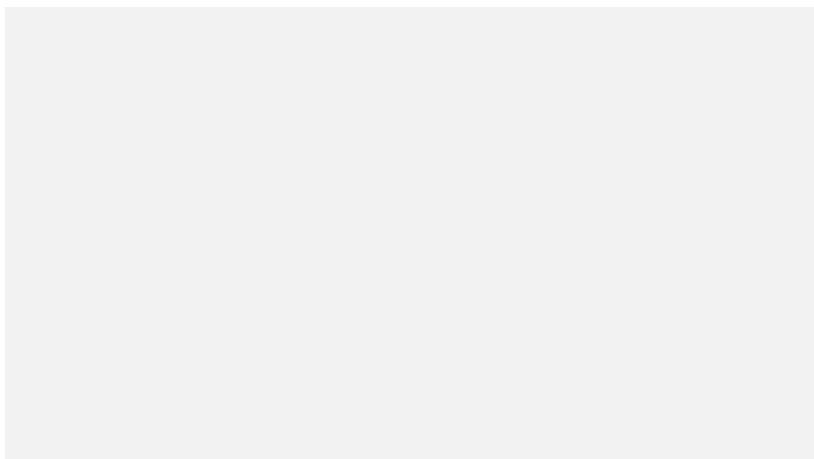
So konnten die ZHAW-Forscher auch ermitteln, ob man seinen Ertrag mit den kleinen Boxen wirklich steigern kann. Die Ergebnisse zeigen, dass das in ganz bestimmten Situationen geht. Allerdings erreicht man nicht annähernd das, was die Hersteller versprechen.

### **Nur in speziellen Situationen sinnvoll**

Bei Photovoltaik-Anlagen, die beispielsweise aufgrund von Bäumen unter einer mittleren Verschattung leiden, kann man mit einzelnen Leistungsoptimierern an den stark verschatteten Modulen den höchsten jährlichen Ertragszuwachs von bis zu zwei Prozent im Vergleich zum "Wechselrichter-only"-System erzielen. Ist die Verschattung dagegen etwa durch große, entfernte Gebäude stark, kann man einen Ertragszuwachs von bis zu vier Prozent erzielen, wenn jedes Modul mit eigenem Leistungsoptimierer ausgestattet ist.

[Eine Studie der Universität Süddänemark](#) aus dem Jahr 2019 kommt zu einem ähnlichen Ergebnis. Getestet wurde hier auf einem kleinen, bodenmontierten Photovoltaik-Feld mit 42 Modulen im Süden Dänemarks.

Verschattungssituationen haben die Verantwortlichen mit halbtransparenten Decken und Pfählen simuliert. Auch hier zeigte sich: Nur in sehr wenigen Szenarien könne man von den Optimierern profitieren – und zwar, wenn die Module eines Strings unterschiedlich ausgerichtet sind oder komplette Module über einen großen Teil des Tages im Schatten liegen. Die Ertragssteigerungen könnten dann zwischen einem und drei Prozent liegen.



Die Züricher Hochschule für Angewandte Wissenschaften hat drei Szenarien untersucht und verglichen: ein System nur mit String-Wechselrichter, ein System mit Leistungsoptimierern, und ein System mit Leistungsoptimierern und einem Wechselrichter. Nur in sehr speziellen Verschattungssituationen waren die Systeme mit Optimierern im Vorteil. In herkömmlichen, leichten Verschattungssituationen etwa aufgrund eines Schornsteins, waren die Systeme mit Optimierern im Nachteil. Auf diesen Fall nur mit Wechselrichter erreichen könnte.

(Bild: ZHAW)

Liegt allerdings eine schwache Verschattungssituation vor, etwa durch ein Lüftungsrohr oder einen Schornstein auf dem Dach, verliert man durch die Leistungsoptimierer eher. Auch hierin stimmen die Forscher von ZHAW und der Universität Süddänemark überein. Verantwortlich dafür sind die Wandlungsverluste der Optimierer, die den Ertrag dann insgesamt drosseln. Baumgartner gibt zu bedenken: "Entscheidend für den maximalen Jahresertrag ist doch nicht, dass irgendwann am Tag mal ein langer Schatten auf die Anlage fällt, zum Beispiel am Morgen mit wenig Sonne. Entscheidend ist, dass er das nicht in der Zeit zwischen 11 und 15 Uhr tut, wo sie das meiste aus Ihrer Anlage herausholen können." Statt 15 bis 25 Prozent, sind es also eher ein bis vier Prozent – und auch das nur in speziellen Situationen. Dafür nimmt man dann höhere Installationskosten und das Risiko eines teuren Tauschs in Kauf.

Das lohnt sich kaum, zeigt ein grobes Beispiel: Wir gehen von einer Anlage mit zehn Kilowatt Spitzenleistung aus, die ohne Optimierer eine jährliche Leistung von rund 10.000 Kilowattstunden Strom liefert. Nun nehmen wir an, dass sie mit Optimierern hinter jedem Modul drei Prozent mehr Leistung bringen könnte. Das sind etwa 300 Kilowattstunden mehr. Je nachdem, wie man es sieht, sind das theoretisch 300 Kilowattstunden mehr, die man einspeisen könnte. Dabei beträgt die Einspeisevergütung für kleine Dachanlagen bis zehn Kilowatt Spitzenleistung momentan 8,11 Cent (Stand März 2024) – macht 24 Euro im Jahr. Bei zehn Jahren wären das immerhin 240 Euro. Wobei die Perspektive hier unsicher ist, da die Einspeisevergütung tendenziell sinken wird. Man kann es aber auch so sehen, dass man 300 Kilowattstunden mehr erzeugt, die man dem Stromanbieter nicht für 26 Cent pro Kilowattstunde (Neukundenpreis, März 2024) abkaufen muss. Der Betrag klingt besser, denn das entspräche immerhin einer theoretischen Einsparung von knapp 80 Euro im Jahr. Und 800 Euro in zehn Jahren. Natürlich ist es aufgrund individueller Gegebenheiten und wechselnder Umweltbedingungen schwierig, konkret vorherzusehen, was eine PV-Anlage zu welchem Zeitpunkt wirklich leisten kann – unser Beispiel ist deshalb nur exemplarisch zu betrachten.

### **Das Problem der Fachbetriebe**

Die echten Leistungsdaten finden sich in den kommerziellen PV-Planungstools nicht wieder. Denn die arbeiten eben mit den Datenblatt-Agaben der Optimierer-Hersteller. Sie liefern daher keine sauberen Ergebnisse. Die Konsequenz: "Selbst der Praktiker, der schon seit 20 Jahren Anlagen installiert, wird Ihnen nicht seriös sagen können, ob ein Optimizer wirklich die besseren Erträge bringt", so Baumgartner.

Natürlich haben die PV-Optimierer auch ein paar Punkte auf ihrer Habenseite. Das ist in erster Linie die Sicherheit. Im Fehler- oder Brandfall regeln sie die Spannung jedes einzelnen Moduls herunter – wichtig etwa für Feuerwehrlente. Auch das könnte man freilich anders lösen, etwa mit einem Not-Ausschalter für die Anlage außen am Haus oder im Hauswirtschaftsraum.

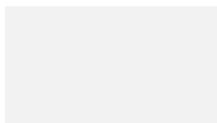
Nicht zuletzt befriedigt die All-Optimizer-Lösung voyeuristische Bedürfnisse, in dem man nun für jedes einzelne Modul genau nachvollziehen kann, wie es arbeitet und was es an Ertrag bringt. Das kann aufgrund der hohen Kosten einer Anlage durchaus beruhigend wirken.

### **In der Praxis und Alternativen**

Die Werbebotschaften der Optimierer-Hersteller verfangen offenbar hervorragend. Es gibt Schätzungen, wonach etwa 30 Prozent aller Anlagen mittlerweile mit der Technik arbeiten. Das ist entschieden zu viel, ist auch Peter Bachmann vom Photovoltaikanbieter Solarwatt überzeugt. Er verantwortet dort das Produktmanagement und das umfasst etwa Module, Speicherlösungen, Leistungselektronik und Energiemanagement. Er geht davon aus, dass man Optimierer in bis zu zehn Prozent aller Fälle sinnvoll einsetzen könnte. Nämlich dann, wenn Module so stark verschattet sind, dass etwa die integrierten Bypass-Dioden nicht mehr arbeiten können. Dann wäre es der Leistungsoptimierer, der das gesamte Modul aus dem String nehmen würde.

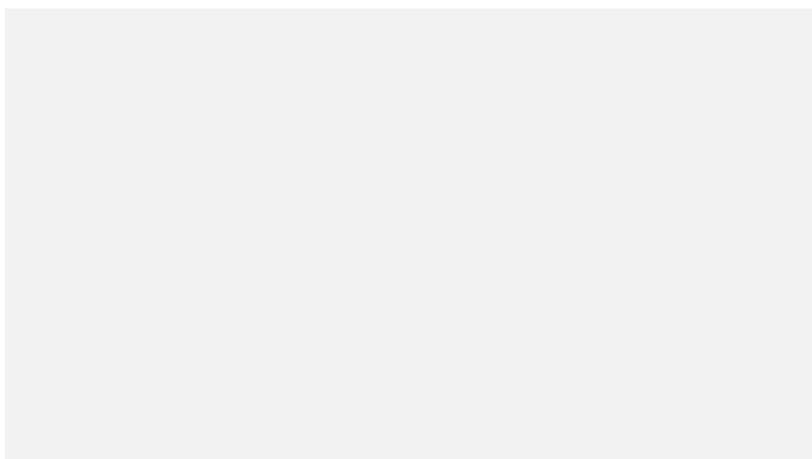
"Ist dazu noch das Dach des Kunden sehr klein oder aufgrund von Gauben und mehreren Dachflächen kompliziert und er will wirklich alles herausholen, würden wir ihm eher die Empfehlung zu Leistungsoptimieren geben – allerdings nur gezielt an den von der starken Verschattung betroffenen Modulen", so Bachmann. Würde er eine solche Situation bei einer üppig großen Anlage entdecken, würde er eher empfehlen, die stark verschatteten Module wegzulassen und so die Kosten insgesamt zu minimieren und damit die Wirtschaftlichkeit zu steigern.

### **Lesen Sie auch**



#### **☒ Solardachziegel: Für wen die Technik interessant ist, was sie kostet und leistet**

Will man eine Anlage über verschiedene Dachflächen verlegen – etwa auf einem Walmdach, wie es bei Stadtvillen in Neubaugebieten beliebt ist – würde er zu einem Wechselrichter raten, der mit mehreren MPP-Trackern und entsprechend mehreren Strings arbeitet. Denkbar wäre auch, besonders stark verschattete Module mithilfe von Mikro-Wechselrichtern im eigenen String zu betreiben. Grundsätzlich mahnt Bachmann an, dass die exakte Planung der Anlage entscheidend ist. "Es ist immer ein Abwägen von Wirtschaftlichkeit und Nutzen. Das ist sehr individuell.



Leistungsoptimierer sollen verhindern, dass ein verschattetes Modul die gesamte Anlage mit nach unten zieht. Dabei haben Module he

(Bild: [Solar Goat](#)/Shutterstock)

Leistungsoptimierer würden manche Betriebe auch deshalb gerne nutzen, weil sie den Eindruck erweckten, man müsse nicht mehr so genau planen, so Bachmann. Gleichzeitig könnten sie dank der Technik schlicht und ergreifend mehr verdienen.

### **Fazit**

PV-Leistungsoptimierer sind umstritten. Im Netz reichen die Einschätzungen von "entscheidend bei der Effizienzsteigerung" bis hin zu "überflüssig, wie Kühlschränke am Nordpol". [Letzteres sagt übrigens Systemtechnik-Spezialist SMA](#). Die Antwort liegt irgendwo dazwischen. Der Artikel zeigt, dass die Technik für typische Standardanlagen nichts bringt – im Gegenteil, aufgrund von Wirkungsverlusten können sie im schlimmsten Fall den gesamten Ertrag drücken. In komplizierten Verschattungssituationen und auf kleinen Dächern können sie immerhin einen kleinen Nutzen haben.

Ob der allerdings den finanziellen Mehraufwand und die komplexere Installation rechtfertigt, muss man ganz genau abwägen. Endverbrauchern fehlen dazu schlicht die Möglichkeiten. Doch auch Fachbetriebe haben nicht immer die optimalen Tools, um saubere Ertragsprognosen zu liefern.

Sowohl Professor Dr. Baumgartner als auch Solarwatt-Mann Bachmann plädieren dazu, nicht zu viel komplexe Leistungstechnik in einer Anlage unterzubringen. Robustheit statt Over-Engineering sollte die Devise lauten. Das reduziert das Risiko der Unwirtschaftlichkeit. ([ssi](#))

Das digitale Abo für IT und Technik.



Hat Ihnen der Artikel gefallen?

Dann testen Sie heise+ im kostenlosen Probemonat und freuen Sie sich auf noch mehr brandaktuelles IT- und Tech-Wissen.

[1 Monat gratis testen](#)

**heise online**

**Newsletter**

Keine News verpassen! Jeden Morgen der frische Nachrichtenüberblick von heise online

**E-Mail-Adresse**

Ausführliche Informationen zum Versandverfahren und zu Ihren Widerrufsmöglichkeiten erhalten Sie in unserer [Datenschutzerklärung](#).