

Ertrag, Performance, Wirtschaftlichkeit Parametervariationen in der Anlageoptimierung kleiner und mittlerer PV-Anlagen

Wie wählt man das Auslegungsverhältnis?

Zahlenmäßig sind die meisten PV-Anlagen im Bereich der kleinen und mittleren Anlagen registriert: 2–10 kWp. Die hier vorgestellte Untersuchung betrachtet eine Anlage mit 5 kWp. Man kann davon ausgehen, dass die dargestellten Zusammenhänge bis zu einer Anlagengrößen von etwa 30 kWp übertragbar sind. Bei größeren Anlagen sind die Berechnungen individuell anzupassen.

1. Auslegungsverhältnis: Festlegung wie viele Module auf einen Wechselrichter verschaltet werden. Relation von „Generatorleistung“ zu „Wechselrichterleistung“. Was unter dieser Relation zu verstehen ist, und was als Ober- bzw. Untergrenze sinnvoll ist, darüber ist sich die Fachwelt keineswegs einig.

Definition hier:
Quotient aus P_{PV} (unter STC) und $P_{WR-DC-max}$

2. Bei Anlagen mit guten Einstrahlungsverhältnissen (Standortdaten) deckt sich das technische Optimum beim Auslegungsverhältnis $P_{PV} / P_{WR-DC-max} = (1,0 \text{ zu } 1,15)$ nicht mit dem wirtschaftlichen Optimum bei $P_{PV} / P_{WR-DC-max} = (1,0 \text{ zu } 1,0)$. Eine technisch, wie wirtschaftlich optimierte Anlage sollte über einen sehr weiten Bereich von Ausrichtung und Neigung ein $P_{PV} / P_{WR-DC-max}$ zwischen (1,0 zu 1,10) und (1,0 zu 0,90) aufweisen.

3. Bei Anlagen, die deutlich aus der Südausrichtung abweichen, setzt man bisher Wechselrichter mit kleinerer Leistung ein. Zieht man wirtschaftliche Gesichtspunkte hinzu, erzielt man einen maximalen Kapitalwert auch bei starker Abweichung aus der Südausrichtung bei einem Auslegungsverhältnis von :

$$P_{PV} / P_{WR-DC-max} = (1,0 \text{ zu } 1,0)$$

Zielsetzung und Motivation

Da bei einer PV-Anlage mit steigender Performance der Ertrag steigt, wurden zahlreiche Bestrebungen gestartet, Anlagen mit optimierter Performance zu planen. Für Anlagenbetreiber ist neben einem guten Ertrag die Wirtschaftlichkeit eine zweite wichtige Größe.

Ist bei fester Generator-Nennleistung P_{PV} ein Wechselrichter mit viel zu kleiner Leistung (P_{WR}) installiert, so bedeutet dies nennenswerte Ertragseinbußen und damit Verluste bei den Einnahmen durch Leistungsbegrenzung. Bei zunehmend größerem P_{WR} (und festem P_{PV}) sind zunächst geringere und schließlich keine Ertragseinbußen durch Leistungsbegrenzung zu beobachten.

Trotz des Ansatzes, dass Wechselrichter mit zunehmendem P_{WR} höhere Investitionskosten bedeuten (siehe Grafik unten), ist zunächst eine zunehmend verbesserte Wirtschaftlichkeit darstellbar. Schließlich steigen bei zu großen Werten für P_{WR} die Investitionskosten durch die anteilig höheren Kosten des Wechselrichters, der Ertrag kann aber nicht weiter relevant gesteigert werden. Die Wirtschaftlichkeit verschlechtert sich nach Durchschreiten eines Maximums wieder.

Es wird dargestellt bei welchem Auslegungsverhältnis P_{PV} zu $P_{WR-DC-max}$ ein technisches Optimum im Sinne von maximalem Ertrag vorliegt, und bei welchem Auslegungsverhältnis ein wirtschaftliches Optimum im Sinne von maximalem Kapitalwert vorliegt. Dabei zeigt sich, dass die beiden Optima nicht deckungsgleich sind.

Technisch Eingabedaten der Anlage

- Simulation mit PVscout (1.9) und PV*Sol 3.0 (R7)
- Installationsort Nürnberg, Wetterdatensatz Nürnberg, DWD 1981 - 2000
- Ausrichtung, Neigung siehe Darstellung
- Anlagennennleistung 5,06 kWp
- Module: polykristalline Beispiel-Module
- Wechselrichter: eta-euro: 96,2%, transformatorlos, $P_{WR-DC-max}$ variiert in Stufen von 3,2 bis 7,4 kW. Kosten des WR und der Anlage über die Leistung: siehe Grafik unten. Lediglich die Leistungswerte wurden für die Berechnung variiert. Alle anderen Kenngrößen des Wechselrichters (Spannungen, Ströme, MPP-Anpassung, ...) sind bei jeder $P_{WR-DC-max}$ Leistungsstufe unverändert.

Wirtschaftliche Eingabedaten der Anlage

- Berechnungen mit PV-Profit 2.2.6
- Spezifischer Jahresertrag aus technischer Simulation der Anlage, variiert über die P_{WR} Leistungsstufen
- Inbetriebnahme März 2010, EEG-Vergütung, keine Eigenstromnutzung
- Investitionskosten 3.000 Euro pro kW bei $P_{PV} / P_{WR-DC-max} = (1,0 \text{ zu } 1,05) = 0,95$
- Bei den jeweiligen Leistungsstufen sind die Investitionskosten des Wechselrichters immer passend zur Stufe mit 500 Euro pro kW $P_{WR-AC-nenn}$ angesetzt, siehe Grafik
- Berücksichtigung von Betriebskosten
- Betrachtung vor Steuern
- Finanzierung ohne Fremdkapital (zur besseren Veranschaulichung, keine Einflüsse durch Kreditzinsen)
- Kalkulationszinsfuß 6%

Grafik:
Kosten des Wechselrichters (WR) und der Anlage über die Leistung $P_{WR-DC-max}$ des WR

