

Faktenpapier

Stromgestehungskosten (LCOE) von Photovoltaik-Anlagen

Mit Hilfe der LCOE-Methode (engl. Levelized Costs of Electricity) können Stromerzeugungskosten verschiedener Technologien miteinander verglichen werden. Stromgestehungskosten sagen jedoch nichts über die Wirtschaftlichkeit einer konkreten Anlage aus. Hierfür ist eine Wirtschaftlichkeitsrechnung erforderlich.

Definition und allgemeine Berechnung

Stromgestehungskosten sind die jährlichen Durchschnittskosten für Errichtung und Betrieb einer Stromerzeugungsanlage im Verhältnis zur durchschnittlichen jährlichen Stromerzeugung jener Anlage. Für die Berechnung wird die Kapitalwertmethode angewandt.

$$LCOE = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{M_{t,el}}{(1+i)^t}}$$

- › LCOE in Euro/kWh
- › I_0 Investitionsausgaben in Euro
- › A_t jährliche Gesamtkosten in Euro im Jahr t
(= fixe + variable Betriebskosten
(+ Restwert/Entsorgung der Anlage))
- › $M_{t,el}$ produzierte Strommenge im jeweiligen Jahr in kWh
- › i realer kalkulatorischer Zinssatz in %
- › n wirtschaftliche Nutzungsdauer in Jahren
- › t Jahr der Nutzungsperiode (1, 2, ...n)

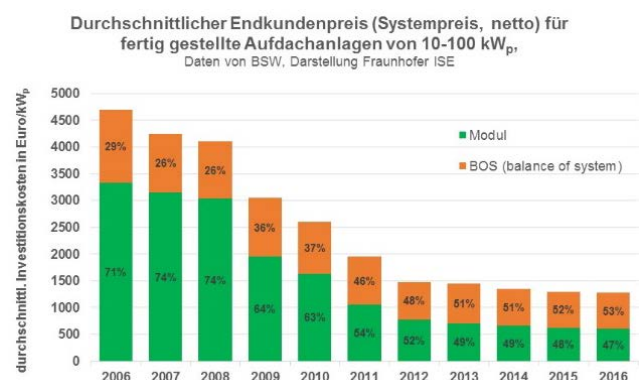
Die Stromgestehungskosten einer PV-Anlage hängen von einer Reihe von Parametern ab. Je nach Zusammenspiel der Parameter liegen die Kosten höher oder niedriger. In der Folge werden die wichtigsten Parameter benannt und erläutert: Investitionskosten, Betriebskosten, Standort bzw. Einstrahlung, Finanzierung und Laufzeit der Anlage.

Investitionskosten in Euro/kW_p

Die Investitionskosten umfassen sämtliche Kosten von Komponenten und zur Installation der PV-Anlage. Aufgrund des technischen Fortschritts sowie von Skalen- und Lerneffekten fielen die Investitionskosten seit 2006 im Mittel um ca. 13 Prozent pro Jahr – insgesamt um 75 Prozent.

Dachinstallierte PV-Anlagen (Euro/kW _p)		PV-Ausschreibungen (Euro/kW _p)
klein (< 10 kW _p)	groß (10-1.000 kW _p)	Ausschreibung (> 750 kW _p)
1.300-1.800	1.000-1.700	600-800

Rund die Hälfte der Investitionskosten entfallen auf den Preis des PV-Moduls (in der Grafik grün). Je größer die Anlage umso höher ist dieser Anteil.



Weitere Kosten fallen für die Systemtechnik an, so genannte BOS-Kosten (balance of system) wie beispielsweise Wechselrichter (11 %), Montagesystem (7,5 %) oder Netzanbindung (6 %). Diese Kosten sind in der voranstehenden Grafik orange gekennzeichnet.

Betriebskosten

Die jährlichen Betriebskosten für Versicherung, Wartung, Instandhaltung, Reparatur und Zählergebühr eines PV-Kraftwerks sind mit ca. 1 Prozent der Investitionskosten vergleichsweise niedrig.

Standortbedingungen

Die Sonneneinstrahlung ist der wesentlichste Standortparameter für PV-Kraftwerke: Standorte in Deutschland verfügen über eine jährliche Globalstrahlung (horizontal) im Bereich zwischen 950 im Norden und 1.150 kWh pro m² im Süden. Dies entspricht einer Solarstrahlung zwischen 1.100 und 1.300 kWh/(m²a) auf einer 30° Grad nach Süden geneigten PV-Anlage. Nach Abzug von Verlusten innerhalb der PV-Anlage werden jährliche Stromerträge zwischen 950 und 1.140 kWh pro installierter kW_p erzielt.

Weitere Standortparameter sind z. B. Umgebungstemperatur und Windgeschwindigkeit, die sich auf die Modultemperatur auswirken. Grundsätzlich nimmt die Leistung von PV-Modulen mit steigenden Temperaturen ab, was zu Ertragsverlusten führt (rund 0,4 % pro Kelvin, Basis 25°C). Auch die Abschattung des PV-Moduls spielt eine Rolle. Der Aerosolgehalt der Luft wirkt sich zudem auf die Modulverschmutzung aus.

Finanzierung

Die Finanzierungsbedingungen für PV-Kraftwerke sind im Vergleich zu anderen Energieerzeugungstechnologien günstiger: Ausschlaggebend sind neben dem allgemein niedrigen Zinsniveau auch das vergleichsweise geringe projektspezifische Risiko (Ausfallrisiko). Die Fördermöglichkeiten, beispielsweise durch die KfW, wirken zudem flankierend.

Annahmen für eine Berechnung

Folgende Annahmen wurden für die Berechnung der Stromgestehungskosten für PV-Kraftwerke (PV klein, PV groß) an norddeutschen Standorten zu Grunde gelegt:

- › Investitions- und Betriebskosten: siehe oben
- › Globalstrahlung: 1.000 kWh/(m²a)
- › Laufzeit: 25 Jahre

› Finanzierungsparameter

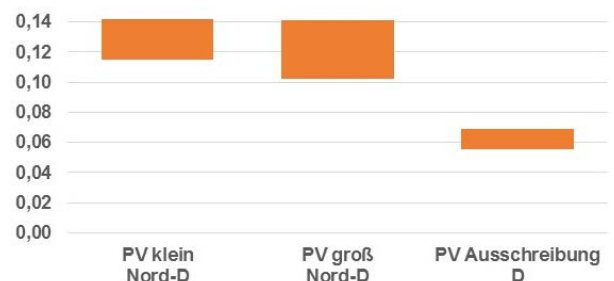
- › Eigen-, Fremdkapitalanteil: 20 % : 80 %
- › realer kalkulatorischer Zinssatz (gewichtete Gesamtkapitalkosten (WACC)): 2,4 % PV klein, 2,8 % PV groß
- › jährliche Degression Stromoutput: 0,2 %

Ergebnis

Die Stromgestehungskosten für PV-Kleinanlagen in Norddeutschland liegen zwischen 0,115 und 0,142 Euro/kWh. Damit liegen sie deutlich unterhalb der durchschnittlichen Stromkosten für Haushalte (0,292 Euro/kWh). Würde eine Lebensdauer von 30 Jahren zugrunde gelegt, reduzierten sich die Stromgestehungskosten um ca. 7 % (PV klein, PV groß).

Bei den ersten beiden nationalen Ausschreibungen für Solaranlagen (> 750 kW) im Jahr 2017 lag der durchschnittliche Zuschlagswert der Gebote bereits bei 0,069 bzw. 0,056 Euro/kWh. Grund hierfür dürften insbesondere die geringeren spezifischen Investitionskosten großer Anlagen sein. Den Zuschlag haben vor allem Freiflächenanlagen erhalten.

Stromgestehungskosten für PV-Anlagen in Euro/kWh



Literatur

- AEE (2015): Stromgestehungskosten verschiedener Erzeugungstechnologien
Agora (2015): Current and Future Cost of Photovoltaics
BDEW (2017): BDEW-Strompreisanalyse Februar 2017, Haushalte und Industrie
BNetzA: (2017): Ergebnisse der EEG Ausschreibung für Solaranlagen vom 01. Februar / 01. Juni 2017
Fraunhofer ISE (2017): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland
Fraunhofer ISE (2013): Stromgestehungskosten erneuerbarer Energien

© Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen GmbH, September 2017