Flächenverbrauch der Photovoltaik

[latexpage]

Um den Flächenverbrauch für photovoltaische Energiegewinnung realistisch abzuschätzen, gehen wir von den existierenden PV-Anlagen in Deutschland aus. Nach den Informationen des Fraunhofer Instituts wurden 2020 in Deutschland durchschnittlich **926 kWh pro installiertem kWp** erzielt (50 TWh bei 54 GWp installierter Leistung), das sind durchschnittlich 10,5% der installierten PV-Leistung. Ein gängiges Modul mit 1,7 m^2 Fläche hat aktuell die Leistung 345-400 Wp. Pro m^2 Kollektorfläche ergibt sich demnach eine erwarteter Jahresertrag von 188-218 kWh. Verteilt auf die 8766 Stunden des Jahres ergibt sich also **ein theoretischer Durchschnittsertrag von 21,4-24,9 $\frac{W}{m^2}$**.

Diese Überlegungen beziehen sich auf die aktive Kollektorfläche. Die Landnutzungsfläche ist um mindestens einen Faktor 2 größer, weil die Kollektoren zur besseren Ausbeute schräg gestellt werden und demzufolge zur Vermeidung von Abschattung entsprechende Abstände bleiben müssen. Solange die Solarkollektoren auf Dächern montiert sind, spielen diese Überlegungen eine untergeordnete Rolle, aber bei Freilandanlagen entsteht auch bei Solaranlagen das Problem des Flächenverbrauchs. Demzufolge kann bei einer großflächigen Anlage in unseren Breitengraden höchstens von einem Durchschnittsertrag von **10,7-12,5 $\frac{W}{m^2}$** Bodenfläche ausgegangen werden.

An dem konkreten realen Solarparkprojekt in Werneuchen, Brandenburg, lassen sich diese Werte überprüfen:

Nach Herstellerangaben werden auf 164 ha 465 000 Module mit

einer gesamten installierten Leistung von 187 MW gebaut (pro Modul 402 W installierte Leistung, also modernste Hochleistungsmodule). Ein Modul mit $1.7 m^2$ Fläche beansprucht demnach etwa $3.5 m^2$ Bodenfläche, etwas mehr als die doppelte Modulfläche. **Der Boden-Flächenbedarf für 1kW installierte Leistung ist also $8.8 m^2$.**
Nach der oben beschriebenen offiziellen Stastistik des Fraunhofer Instituts über die gesamte solare Stromproduktion in Deutschland ergibt sich **ein erwarteter Ertrag von 926 kWh/Jahr für jedes installierte kW**, das ist ein durchschnittlicher Ertrag (der aber nicht gleichmäßig verteilt anfällt) von etwa 106 Watt für jedes installierte kW. **Um 1 kW mittlerer Dauerleistung zu erzeugen, müssen also 9.5 kW physisch installiert werden, mit einem Boden-Flächenbedarf von $83.6 m^2$**. Für das volatile Äquivalent eines nicht-volatilen, grundlastfähigen AKW mit 1.5 GW Leistung werden demnach 125 km^2 Bodenfläche benötigt.

Lösung der Volatilität durch Speicherung

Die durchaus signifikanten Verluste der kurzfristigen (Tag/Nacht) Speicherung mit Batterien (etwa 10% bei max. 1 Tag Speicherung) sollen in dieser groben Betrachtung vernachlässig werden. Realistisch können bei mehrtägiger Speicherung aufgrund der Leckströme nur 60-75% der eingesetzten Energie wieder gewonnen werden. Für eine langfristige Energiespeicherung kommen Batterien aus Material- und Kostengründen ohnehin nicht in Frage.
Wenn ein Anteil der solar erzeugten Energie über einen längeren Zeitraum, also chemisch gespeichert werden muß, ist aufgrund der Wandlungsverluste nach Wasserstoff und ggf. Methan mit einem deutlich höheren „Primärverbrauch“ an Energie zu rechnen.
Vereinfachend gehe ich von der Annahme eines – für die Herstellung und Wieder-Verstromung von Methan realistischen – Wirkungsgrades von 25% aus, mit dem 1/4 der zu erzeugenden Energie über einen längeren Zeitraum gespeichert werden muß,

während 3/4 der Jahresenergie direkt oder mit kurzfristiger Batteriespeicherung verbraucht wird. Dies führt in der Summe zum 1.75-fachen Primärverbrauch. Die zusätzlichen 75% sind der Preis für die „Grundlastfähigkeit“.

Demzufolge hat jedes kW an saisonbereinigter, grundlastfähiger Dauerleistung einen Boden-Flächenbedarf von $146 m^2$.

Das Äquivalent von einem grundlastfähigen AKW der Leistung 1.5 GW beansprucht demnach eine Landfläche von etwa $ 220 km^2$, oder 147 km^2 Landverbrauch für jedes GW grundlastfähiger PV-Energie.

Die aktuelle Planung der Energiewende sieht einen Ausbau der Solarenergiegewinnung mit einer gesamten installierten Leistung von 200 GW vor. Das bedeutet einen **Gesamtflächenbedarf von 1760 km^2**, etwa 0,5% der Gesamtfläche Deutschlands bzw. knapp 1% der landwirtschaftlichen Nutzfläche. **Der durchschnittliche volatile Ertrag davon sind etwa 21 GW, bei Berücksichtung von kurz- und langfristiger Speicherung zum Ausgleich der Volatilität verbleiben noch 12 GW grundlastfähige Leistung, gerade mal 20% der aktuell benötigten elektrischen Energie von durchschnittlich 57 GW**.