

Photovoltaik mit und ohne Batterie

Immer wieder wird behauptet, dass Atomstrom besonders teuer und Ökostrom bei weitem günstiger sei. Das gibt Anlass, beide Stromkosten aus neutraler Sicht zu vergleichen. Dabei werden nicht, wie von Fraunhofer und anderen Instituten, Ergebnisse oder die veraltete LCOE Formel verwendet, sondern die

Ausrichtung mit PV-Modulen belegt. Der Überschuss-Strom ins Netz einspeist und Dunkelflauten aus dem Netz und ggf. mit einer Batterie überbrückt.

Für seine PV Installation

Sonne liefert, also Bedarf und Produktion übereintreffen. Das sind im Beispiel 2.000 Kilowatt-Stunden im Jahr zu € 295,83. Den anderen Teil - 2.800 kWh - liefert er ins Netz und

was € 450 im Jahr ausmacht.

Zusammengefasst zahlt er im Jahr in €

Verbrauch aus Eigenproduktion	295,83	
Netzbezug	450,-	
Herstellkosten für Einspeisung	<u>414,20</u>	1.160
Abzüglich Erlös aus Einspeisung	<u>- 224</u>	
also insgesamt		€ 936 p.a.

Bezogen auf seinen Jahresbedarf von 3.500 kWh, kostet ihn die einzelne Kilowattsunde 26,7 Cent, da er keinen Speicher nutzt.

Speicher gibt es in

€. Umgelegt auf die 70.000 kWh während der 20 Jahre wird jede kWh mit 14,3 Cent beaufschlagt.

Damit kostet unseren Betreiber die kWh insgesamt 41 Cent, 20 Jahre lang. Das ist nicht günstiger als der Strom aus dem öffentlichen Netz

zweiten Teil werden die Kosten des Atomstroms dargestellt.

Kernenergie mit einem aktiven SMR

Ob Photovoltaik oder Atomstrom günstiger ist, kann man nur beurteilen, wenn man für beide transparent darlegt, welche Kostenelemente einbezogen und wie sie bewertet sind. In Ergänzung zu der PV-Kalkulation wird hier die gleiche Methodik für einen typischen Reaktor der neu aufkommenden SMR Riege vorgestellt. Aus der Vielzahl von weltweit 80 SMR¹-Konzepten nehmen wir hierzu den HTR-PM in China. Er basiert auf Entwicklungen in Deutschland und ist als einziger bereits in der kommerziellen Produktion. Bei den anderen handelt es sich

MWh Strom. Damit kann neben Stromgeneratoren auch die Erzeugung von Wasserstoff, Kraftstoff, Stahl, Zement mit günstiger Hochwärme versorgt werden. Um die Wirtschaftlichkeit vertretbar abzuschätzen, ist eine realistische Vorausberechnung unerlässlich. Die sieht so aus:

- Man verwende höhere Mathematik
- Die vier Grundrechenarten reichen aus
- Bekannte Werte fest verankert
- Risiken der Vorsicht werden beachtet
- einige Daten werden aufgrund früherer Erfahrungen hergeleitet
- wo diese nicht verfügbar angenommen (educated guesses)

1. Vorgaben – alle Beträge in USD oder Euro:

- Mit einem 100 MW_{el} Modul werden bei 8.000 Jahres-Betriebsstunden 800.000 MWh erzeugt.
- In einer Tonne Uran (10^4 sind 28,6 Mio. MWh_t Spalt-Energie enthalten. Nur 2,64 Mio. MWh_t Wärme-Energie gewonnen.
- Mit dem Wirkungsgrad von 43% entstehen 343.200 MWh_e an Strom. Da wir nur 800.000 MWh_e erzeugen, sind 456.800 MWh_e für Wasserstoffkosten im Jahr.
- Bei einem Marktpreis von 250.000,- pro Tonne Uran sind die Wasserstoffkosten im Jahr 114.200.000,-.

2. Kapital, Investition bei Umbau eines früheren Fossilkraftwerkes

- für die Planungs-Phase werden 10 Mio. veranschlagt.
- Die Investition für den Umbau des Turbinen-Generatorsatzes beträgt 100 Mio. Ein Wärmetauscher kostet 50 Mio.
- Die Stromlieferung durch Umbau oder Ersatz des vorhandenen Turbinen-Generatorsatzes wird mit 20 Mio. veranschlagt.
- Zum Anschluss ans Stromnetz sind 6 Mio. vorgesehen
- Für Systeme zur Wasserstoffherstellung sind 100 Mio. veranschlagt. Dies ist mit keinem herkömmlichen LWR vergleichbar.

¹ Kleiner modularer Reaktor

² MW_t = Megawatt thermisch,

³ MWe = Megawatt elektrisch

⁴ SM = Schwermetall d.h. Thorium und Uran

Zu erwarten ist, dass einige Sicherungssysteme komplett entfallen. Das senkt die gesamte Investition und die Wartung.

f. Für Besonderheiten und U [REDACTED] plant.

g. Die Finanzierung der gesa [REDACTED]

Der Gesamtbetrag der Investition e [REDACTED] MWe angenommen. Dieser Wert entspricht den Kraftwerkskosten [REDACTED] le, ökologische und Kernkraftwerke werden diese Kosten berichten [REDACTED] und der chinesische HTR-PM⁶ berichten von dieser Größenordnung. Zwar ist bei down-scaling eine Kostenerhöhung üblich. Sie wird aber beim inhärent sicheren TRISO Design durch Wegfall der meisten Sicherheitseinrichtungen kompensiert. Laut Westinghouse entfallen bei heutigen LWR bis zu 70% der Errichtungskosten auf die Sicherheit.

3. Laufender Betrieb

C. Kapitalkosten pro Jahr 19 Mio.

h. Bei [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED] Beschaffung, Behandlung p.a. 2,1 Mio.

j. Die Kosten des SM wurden schon oben zu knapp 180.000 errechnet.

k. Für die Herstellung der beschichteten Partikel wird -mangels konkreter Angaben – vorerst der doppelte Betrag und

l. ebenso [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED] Investition – 2 %, hier knapp 6 Mio.

G. Stilllegung, Rückbau, Abriss, Dekontamination

o. Ist bei dieser Technik in den ersten 100 Jahren nicht erforderlich. Auch danach wird der Standort weiter für gleichartige Anlagen genutzt. In dieser Zeit wird echtes Recycling durch Transmutation [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED] errechnen sich so auf 48,5 Mio.

6. Bezieht man diese auf die Produktionsmenge (800.000 kWh) so kostet eine Kilowattstunde nicht ganz 7 Cent am Ausgang zum Netz.

Subventionen sind hier nach den [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED] einfachen Rechenmodell festgehalten. Man kann leicht Veränderungen – zum Beispiel im Thoriumpreis oder den Baukosten – berücksichtigen.

⁵ Prof. K. Knizia in atw 47. Jhg, Februar 2002 „Der THTR-300 – eine vertane Chance?“

⁶ Zuoyi Zhang, Abu Dhabi 1.November 2017: the status of HTR-PM, a 200 Mwe high temperature, gas cooled reactor demo plant, constructed in China,