

Anforderungen an einen mit Biomasse betriebenen Dampferzeuger für ein Hybridsystem bestehend aus Kraftwärmekopplung mit Dampfmaschine und Photovoltaikanlage

Autor: Dipl.-Phys. Dr.-Ing. Klaus Brinkmann



Lehrgebiet Elektrische Energietechnik

Feithstraße 140, Philipp-Reis-Gebäude, D-58084 Hagen, fax: +49/2331/987 357,

e-mail: klaus.brinkmann@fernuni-hagen.de

Rückfragen bitte an: Dr.-Ing. Klaus Brinkmann, Adresse: siehe oben

Einleitung: Regenerative Energiequellen, wie Wind- und Sonnenenergie, sind in ihrer Verfügbarkeit sowohl tages- als auch jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Zusätzlich unterliegen sie auch lokalen meteorologischen und damit stochastischen Bedingungen.

Somit unterscheidet sich eine Energieversorgung mit Hilfe dieser Quellen von der bisherigen, vornehmlich fossilen Versorgung, insbesondere durch deren Steuerbarkeit. Aufgrund der zeitlich und räumlich gegebenen Verfügbarkeiten erneuerbarer Energien, ist eine regenerative Energieversorgung mehr auf dezentrale Einheiten und auf eine Verknüpfung mehrerer unterschiedlicher, sich ergänzender Versorgungseinheiten auszurichten. Diese Verknüpfungen nennt man dann Hybridsysteme. Ein solches Hybridsystem hat der Autor während des Siebten Symposiums vorgestellt /3/. Dieses besteht aus einer Photovoltaikanlage, die mit einer mit Biomasse zu betreibenden Dampfmaschine für eine Kraft-Wärme-Kopplung kombiniert werden soll. Damit könnte z.B. ein *durchschnittlicher privater Haushalt* in Deutschland sowohl mit Strom, als auch mit Wärme ganzjährig autark versorgt werden /1/, /4/, /5/.

Zusammenfassend ist es das Ziel dieses Beitrags, die Möglichkeit eines derartigen Versorgungssystems aufzuzeigen und die Frage aufzuwerfen, bzw. zu klären, ob ein vorzugsweise mit fester Biomasse betriebener *Dampferzeuger*, dem sich bei diesem Einsatz ergebenden *Anforderungsprofil* gerecht werden kann.

Dabei müssen die Lastganglinien für Strom und Wärme mit dem Angebot an Sonnenenergie für die Photovoltaik-Anlage korreliert werden. Je nach Größe der Photovoltaikanlage ergibt sich ein veränderter Jahresverlauf für das verbleibende Strom-Wärme-Verhältnis, welches dann für die Kraft-Wärme-Kopplung mit Dampfmaschine ausschlaggebend ist.

Aufbau des Hybridsystems: Das folgende Schema (Abb. 1) zeigt die wesentlichen Komponenten des Hybridsystems. Hierbei bildet der *Dampfzeuger* die *Schnittstelle zur Umsetzung von Biomasse-Energie in Dampfenergie*, zum Betrieb der Kraft-Wärme-Kopplung. Eine wichtige Voraussetzung zur Energiewandlung mit hohem Gesamtwirkungsgrad, ist eine ausreichende Anpassungsfähigkeit des Dampfzeugers an das Anforderungsprofil der Strom- und Wärme-Verbraucher im privaten Haushalt.

Energieversorgung für Sommer und Winter

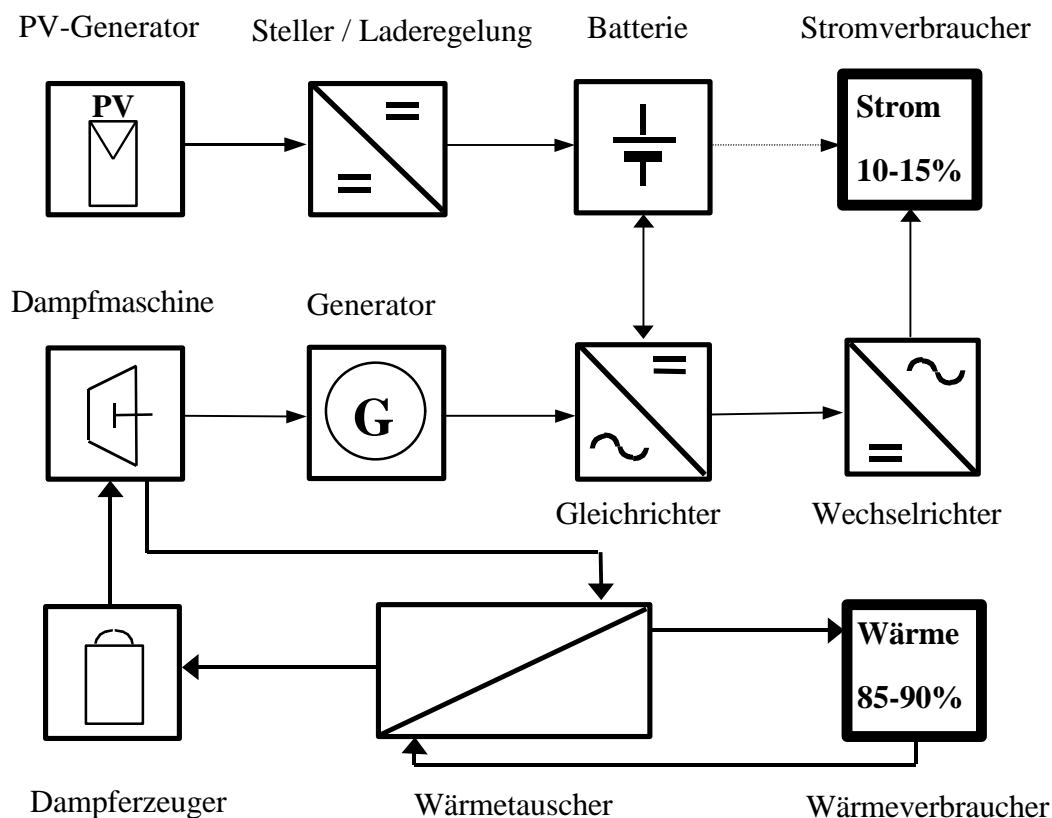


Abb. 1 Vereinfachtes Verfahrensschema des Hybridsystems

Das hier vorgestellte Hybridsystem stellt ein spezielles komplexes Kraft-Wärme-Kopplungs-System mit unterschiedlicher Betriebsführung für Sommer- und Winterverhältnisse dar. Für dessen Auslegung müssen deshalb die Haushaltsverbräuche mit den entsprechenden Lastganglinien erfaßt werden und mit dem verfügbaren Energieangebot der Photovoltaikanlage korreliert werden. Für die Auslegung eines derartigen Systems ist von den hiesigen klimatischen Verhältnissen und einem durchschnittlichen privaten Haushalt in Deutschland als Energieverbraucher ausgegangen worden /2/, /3/, /5/.

Anforderungen an den Dampferzeuger: Für den *durchschnittlichen privaten Haushalt* in Deutschland mit 2,2 Personen und 80 m² Wohnfläche läßt sich ein Jahresstromverbrauch von 3146 kWh feststellen, wobei etwa zwei Drittel davon als Grundbedarf angesehen werden.

Eine Umrechnung der ermittelten Zusammenhänge auf *allgemeine Haushalte* in Deutschland, kann mit Hilfe eines Skalierungsfaktors vorgenommen werden:

$$z \equiv \frac{\text{Jahresverbrauch Haushalt}}{3146 \text{ kWh/a}} \quad (1)$$

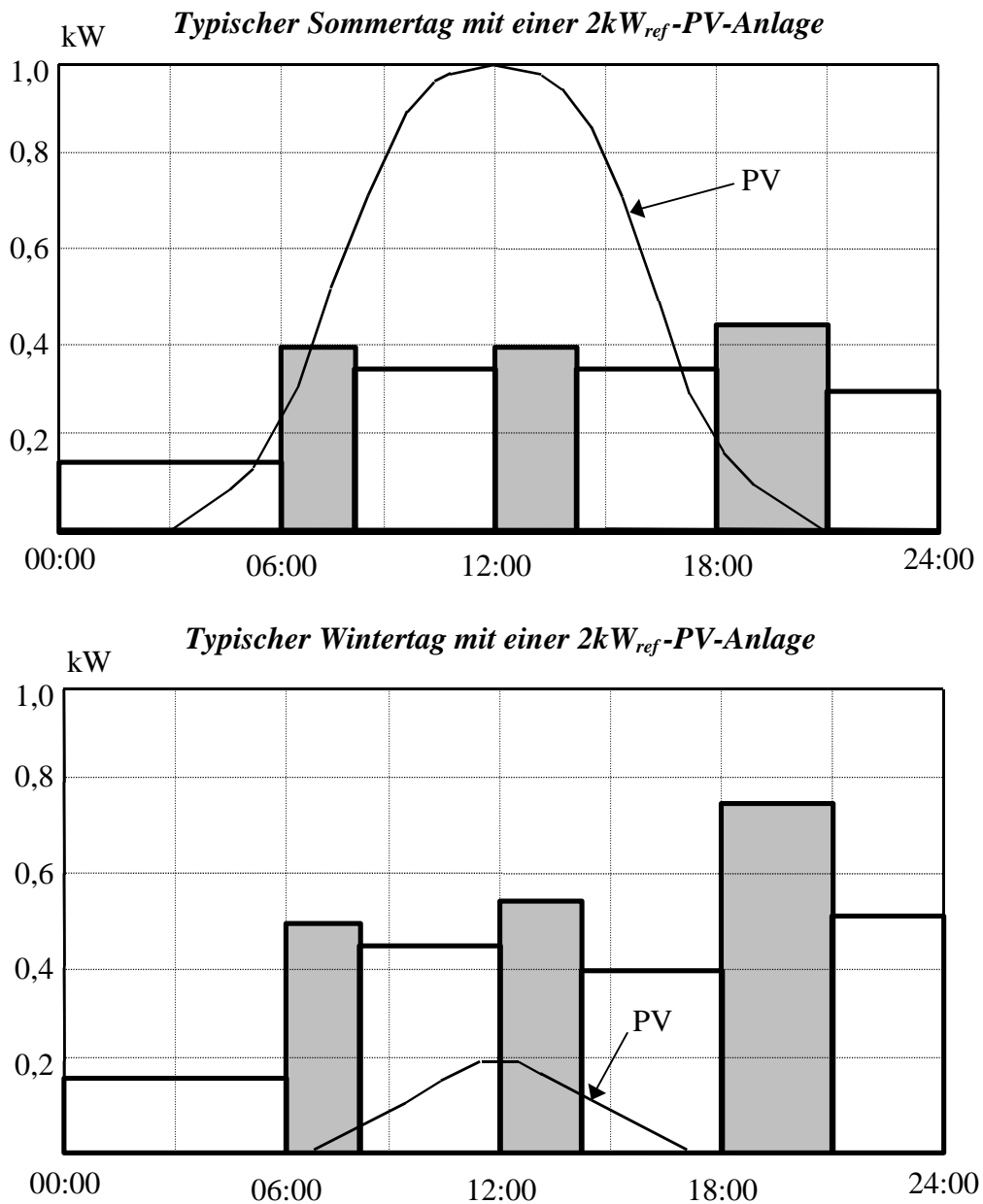


Abb. 2 Durchschnittlicher Haushalt mit einer 2 kW_{ref}-PV-Anlage /5/

Abb. 2 zeigt typische Tagesverläufe des Stromverbrauchs eines Haushalts im Vergleich zur Energiegewinnung über eine $2 \text{ kW}_{\text{ref}}$ -PV-Anlage. ($1 \text{ kW}_{\text{ref}} \equiv 1 \text{ kWp} / \text{Performance-Ratio}$) /5/. Im Durchschnitt beträgt der Mittelwert für den täglichen Stromverbrauch einer typischen **Sommerwoche** **7,439 kWh** und für eine typische **Winterwoche** **10,123 kWh**. Aufgrund der relativ geringen Schwankungen um diese Mittelwerte im Laufe der Woche können diese Angaben als ausreichend für eine Charakterisierung angesehen werden.

kW	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10
%	84	10,9	3,28	1,98	0,54	<0,15	<0,05	< 0,05	-	-

Tabelle 1 gemessene Klassenaufteilung des Leistungsbedarfs eines Haushalts /5/

Wie man erkennen kann, ist eine Stromversorgung allein mit Hilfe der PV-Anlage nur im Sommer möglich, wenn man von saisonalen Speicherkonzepten absieht. Somit hat der Dampferzeuger im Sommer (d.h. Mitte April bis Mitte August) in der Regel nur die Aufgabe, die Warmwasser-Erzeugung zu gewährleisten. Der Grundenergiebedarf für **Warmwasser** kann näherungsweise als unabhängig von der Jahreszeit betrachtet werden. Er beträgt durchschnittlich **15,4 kWh/Tag**. Das mittlere **jährliche Verhältnis von Strom- zu Wärme-Verbrauch** beträgt für private Haushalte in Deutschland derzeit ca. **0,11**.

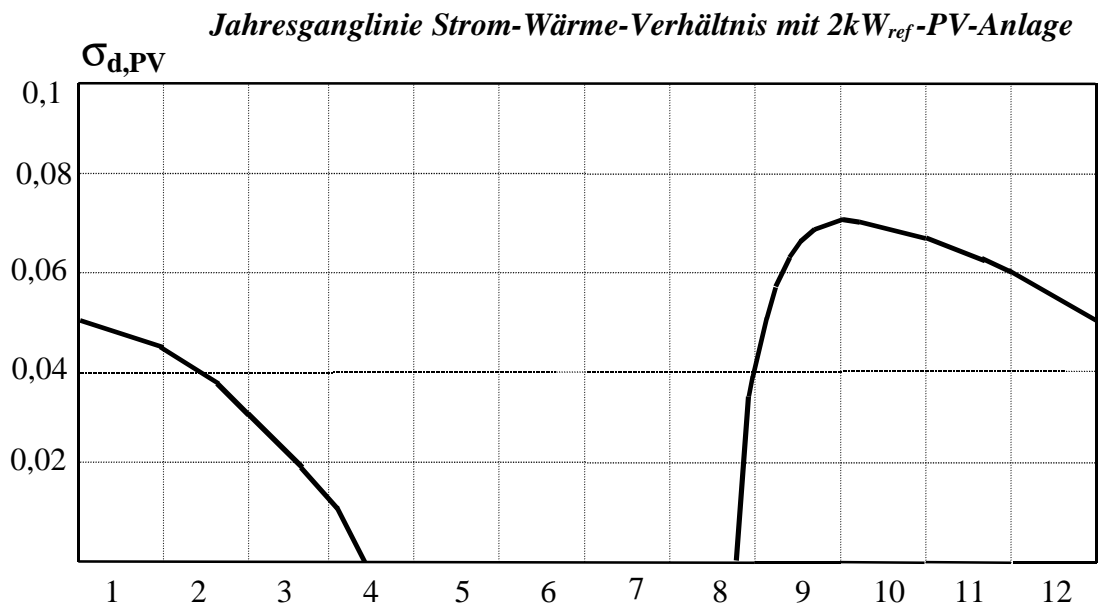


Abb. 3 Verbleibendes Strom-Wärme-Verhältnis mit $2 \text{ kW}_{\text{ref}}$ -PV-Anlage

Die obige Abbildung zeigt das verbleibende Strom-Wärme-Verhältnis während eines Jahres unter Berücksichtigung der Stromproduktion mit Hilfe der PV-Anlage.

Aus dem zeitlichen Zusammenspiel der beteiligten Strom- und Wärmeverbraucher einerseits, der Photovoltaikanlage andererseits, wird dann über diese daraus ableitbaren Lastganglinien ein Anforderungsprofil für den mit Biomasse (vorzugsweise in fester Form) betriebenen Dampferzeuger erkennbar. Maßgeblich dafür ist ein repräsentativer Wintertag (Abb. 4).

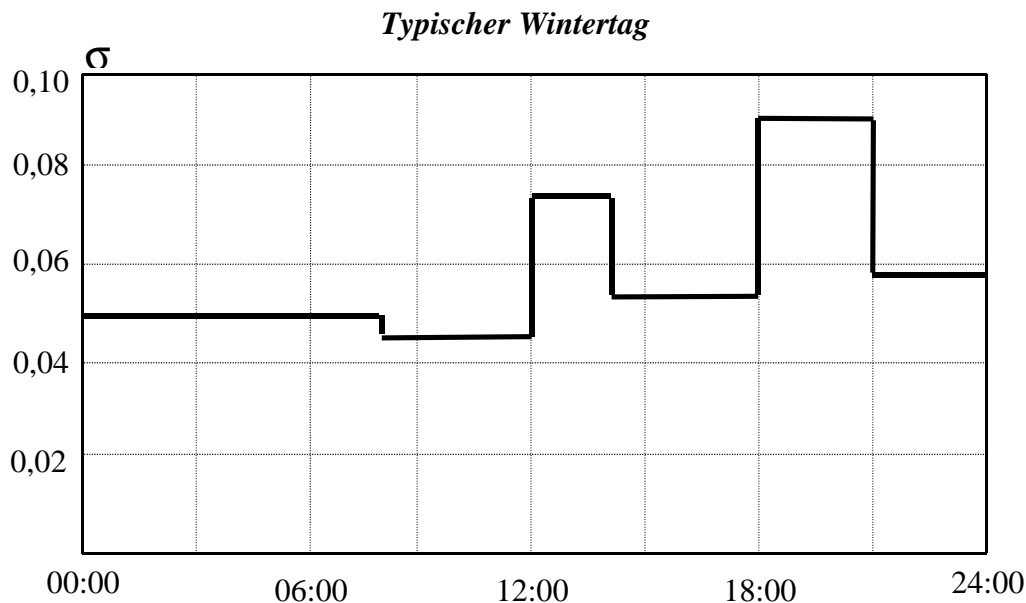


Abb. 4 Strom-Wärme-Verhältnis eines Haushalts im *Winter*

Setzt man für die *Dampfmaschine* einen mittleren *Wirkungsgrad* von **10%** an, so reicht für einen privaten Haushalt eine Maschine mit einer mechanischen Leistung von **z * 1,7 kW** aus. Demzufolge ergibt sich für den *Dampferzeuger* eine erforderliche Leistung von **z * 17 kW**.

Referenzen:

- /1/ "PV-Generator linked to a Piston-Type Steam Engine with Combined Heat and Power as a Hybridsystem for a completely self-sufficient Energy-Supply" K. Brinkmann
2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Vienna Austria, 6-10 July 1998
- /2/ "Physical Analysis of a Hybridsystem consisting of a PV-Generator linked to a Piston-Type Steam Engine with Combined Heat and Power for a completely self-sufficient Energy-Supply"
K. Brinkmann, *11. Internationales Sonnenforum 1998, 26.-30. Juli' 98 Köln*
- /3/ "Kombinierte Nutzung von Biomasse und Sonnenenergie zum Betrieb eines Hybridsystems bestehend aus Kraftwärmekopplung mit Dampfmaschine und Photovoltaikanlage", K. Brinkmann
Siebtes Symposium Biobrennstoffe und umweltfreundliche Energietechnik 11. und 12. 11. 98 Deggendorf
- /4/ "Simulation eines Hybridsystems bestehend aus Kraftwärmekopplung mit Dampfmaschine und Photovoltaikanlage" K. Brinkmann, R. Taubner,
14. Symposium Photovoltaische Solarenergien 10. bis 12. 03. 99 Staffelstein
- /5/ "Systemtechnische Untersuchung eines Hybridsystems bestehend aus Photovoltaikanlage und Dampfmaschine mit Kraft-Wärme-Kopplung" K. Brinkmann,
Dissertation 1999 FernUniversität Hagen / Fachbereich Elektrotechnik