

Zusammenfassung

1. Einleitung

Es ist technisch möglich Photovoltaik- und Solarthermiemodule zu einem Hybridmodul zu vereinen. Diese Kombination wird kurz PVT genannt. Dabei können grundsätzlich zwei Systeme unterschieden werden: Solarthermiemodule, die mit einigen Reihen PV-Plättchen bestückt sind oder PV-Module, deren Rückseite aus wassergefüllten Rohren bestehen, die die Wärme vom PV-Modul abführen können, um so den Wirkungsgrad der PV-Zellen zu steigern.

2. PVT – Technologie

Entwickler versuchen die Vorzüge beider Systeme zu einer perfekten Ergänzung zusammen zu führen. Dabei liegt die Krux der PVT in den teilweise gegenläufigen Zielen von PV und Solarthermie. Hierbei ist entscheidend, welche Energie primär mit dem Kollektor genutzt werden soll:

Strom

Photovoltaikanlagen nutzen den fotoelektrischen Effekt zur Umwandlung von Strahlungsenergie in Strom. Je höher die Strahlungsintensität ist, desto mehr Strom kann umgewandelt werden. Für den Wirkungsgrad spielen noch eine Reihe weiterer Faktoren eine Rolle. Steigt beispielsweise bei starker Sonneneinstrahlung die Temperatur des Moduls an, so sinkt der Wirkungsgrad der Zellen. Pro °C Aufheizung liegt der Verlust zwischen 0,33 und 0,5%. Um diesem Problem entgegenzuwirken können, sind an der Rückseite des PV-Moduls Wasserschläuche angebracht um die Wärme vom Modul abzutransportieren. Diese Wärme kann mit einem Pufferspeicher genutzt werden und so zur Warmwasserbereitung beitragen. Durch die Wärmebildaufnahme der Abbildung 1 wird der Unterschied zwischen einem normalen und gekühlten PV-Modul deutlich. Jedoch ist dieser Effekt nur im Sommer zu spüren. Aufgrund niedriger Außentemperaturen in der Übergangszeit und im Winter ist am PV-Modul keine Kühlung notwendig. Da die Schläuche auch nicht direkt bestrahlt werden, findet keine Erwärmung statt. Somit kann die Wärme nur in den Sommermonaten zusätzlich genutzt werden und kann keinesfalls als vollständige Wärmeversorgung gelten. Der Nutzen dieses Systems liegt vor allem in der Wirkungsgradsteigerung und der Möglichkeit im Winter den Schnee auf den Modulen abzutauen.

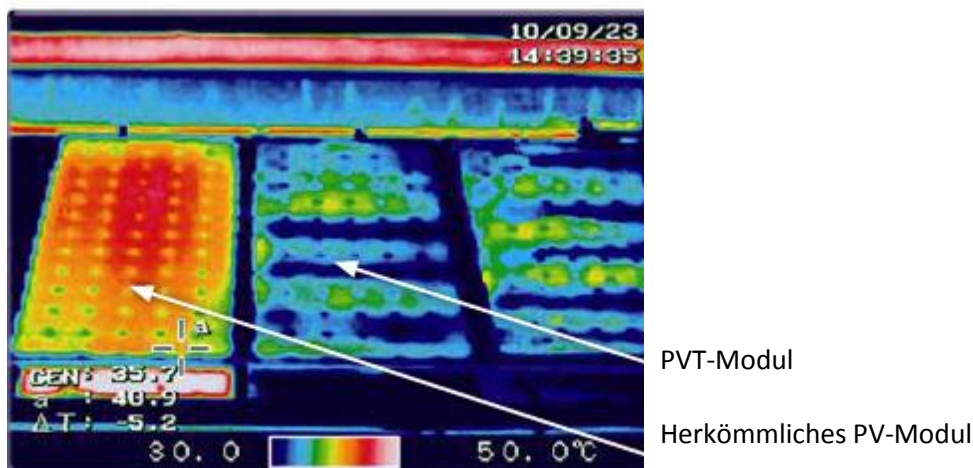


Abbildung 1: Vergleich von PV-Modulen: links ohne Kühlung, rechts mit Kühlung (PVT)
(Quelle: PA-ID)

Wärme

Ein PVT-Modul basierend auf der PV-Technik, kann nur einen geringen Teil zur Wärmeversorgung beitragen. Soll das Augenmerk auf die Wärmeversorgung gerichtet werden, sollte PVT basierend auf Solarthermie installiert werden. Dabei ist das Grundsystem ein Solarthermiemodul auf das zusätzlich PV-Plättchen angebracht und verschaltet werden. Die Anzahl der PV-Plättchen variiert bei den Herstellern. Die PV-Zellen nehmen einen geringen Anteil der Wärmeenergie weg, der zusätzliche Nutzen durch die Stromgewinnung ist jedoch höher.

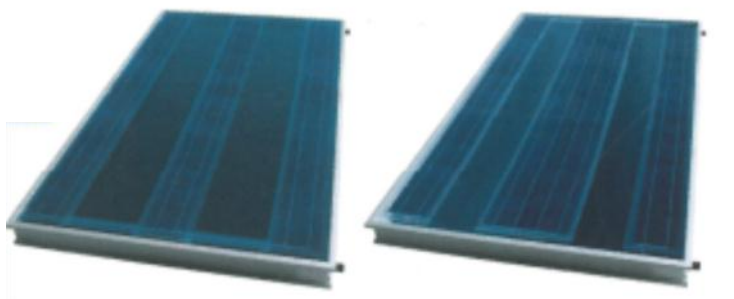


Abbildung 2: Beispiel eines Solarthermiemoduls, bestückt mit PV-Zellen (Quelle: SunWin)

3. Installationskosten

Da sich die Kosten für PVT-Module bei den verschiedenen Herstellern stark unterscheiden und die Anlagen individuell angepasst werden können, liegen keine Faustzahlen für die Installationskosten vor. Generell kann gesagt werden, dass die Kosten für eine PVT-Anlage höher sind als für eine separate PV- oder Solarthermieanlage, da noch Kosten für den Wechselrichter bzw. Speicher hinzukommen.

4. Material und Methodik

In einem Neubaugebiet soll eine PVT-Anlage beispielhaft für ein Passivhaus und ein Niedrigenergiehaus ausgelegt werden. Die Dimensionierung der Anlage erfolgt mit Hilfe des Simulationstools PolySun. Mit Polysun können komplexe Systemkombinationen verschiedener erneuerbarer Energien, wie beispielsweise PV kombiniert mit Wärmepumpe oder Solarthermie kombiniert mit Pelletkessel simuliert werden. Es besteht auch die Möglichkeit eine PVT-Anlage zu simulieren. Die Parameterdateien einiger Hersteller sind hinterlegt. Jedoch kann nur der Typ „PV als Hauptmodul“ simuliert werden. Von den Herstellern mit Solarthermie als Hauptmodul liegen noch keine Daten vor.

Die Parametrierung der Anlage erfolgt in mehreren Schritten:

- allgemeine Angaben zum Projekt (Name, Firma, Ort)
- Standortauswahl (Demoversion: nur Rapperswil (Schweiz))
- Auswahl der Solaranlage und ihrer Komponenten
- Angaben zum Warmwasserbedarf
- Angaben zum Gebäude
- Auswahl des Kollektors und Speichers
- Zusatzheizgerät
- Wechselrichter
- Kabelverluste
- Prüfung

Fazit: Laut aktuellem Stand das einzige Simulationsprogramm auf dem Markt, mit dem PVT-Anlagen simuliert werden können. Nach kurzer Einarbeitung ist der Umgang recht einfach. Sind genaue Angaben unbekannt, macht das Tool Vorschläge.

5.1 Vergleich von kombinierten und getrennten Solarsystemen

Für das Passivhaus wurde mit dem Simulationstool Polysun eine PVT-Anlage (20 m²) mit der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme auf gleicher Fläche verglichen (Abbildung 3). Als Datengrundlage der PVT-Anlage diente das Modul der Firma Solarzentrum Allgäu (PVT basierend auf PV); für die Simulation der getrennten Module wurde auf Standardmodule zurückgegriffen.

Der direkte Vergleich der beiden Anlagen ist schwer, da Strom- und Wärmeerträge miteinander verglichen werden. Der Vergleich pro m² zeigt jedoch, dass PVT höhere Stromerträge als die normale PV-Anlage erzeugt (ca.20%). Durch die Kühlung der PVT-Module kann nur ein geringer Beitrag zur Wärmeversorgung geleistet werden (ca. 15% solarer Deckungsgrad). Jedoch ist so der zusätzliche Nutzen des PVT Moduls bestätigt: Steigerung der Stromerträge mit zusätzlicher Option Warmwassern. Der Unterschied der CO₂-Einsparungen fällt sehr gering aus. Es kann somit keine Variante als ‚klimafreundlicher‘ bewertet werden.

Die geschätzten Investitionskosten für PVT sind aufgrund der Systemkomplexität höher als für die getrennte Erzeugung. Hier ist eine weitere genaue Kosten-Nutzen-Analyse notwendig.

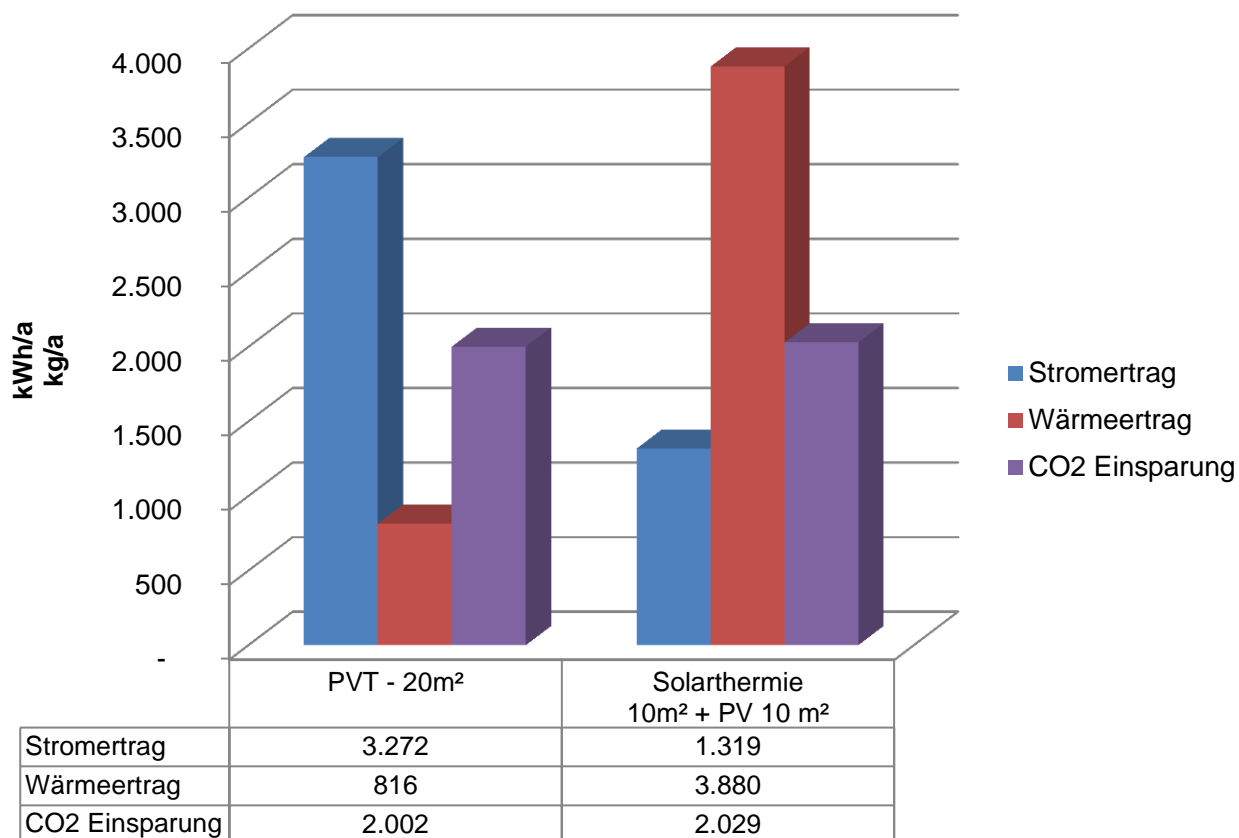


Abbildung 3: Vergleich einer PVT-Anlage mit getrennter Nutzung von PV und Solarthermie auf gleicher Dachfläche im Passivhaus (*Berechnungen Polysun, eigene Darstellung*)

5.2 PVT-Module mit unterschiedlicher Installationsfläche

Mit Polysun wurde verglichen wie sich die Steigerung der PVT-Fläche auf den Strom- und Wärmeertrag der Anlage auswirkt (Abbildung 4).

Es ist zu erkennen, dass mit steigender Modulzahl der Stromertrag proportional steigt. Der Wärmeertrag hingegen steigt mit größerer Installationsfläche nur äußerst geringfügig. Diese Beobachtung ist plausibel, da das PVT-System auf PV aufbaut und hier auch das primäre Ziel liegt. Der solare Deckungsgrad (DG) des Systems liegt bei unter 20%. Besonders in den Wintermonaten ist der Beitrag der Solarthermie sehr gering (ca. 30 Wh im Monat), da eine Kühlung der PV-Module nicht notwendig ist. Soll die PVT-Anlage auch zur Heizungsunterstützung dienen, muss auf ein komplexeres System mit Wärmepumpe (60% DG möglich) oder Eisspeicher zurückgegriffen werden. Um die staatliche Förderung für Solarthermie zu erhalten, reicht der Deckungsgrad der PVT-Anlage aus.

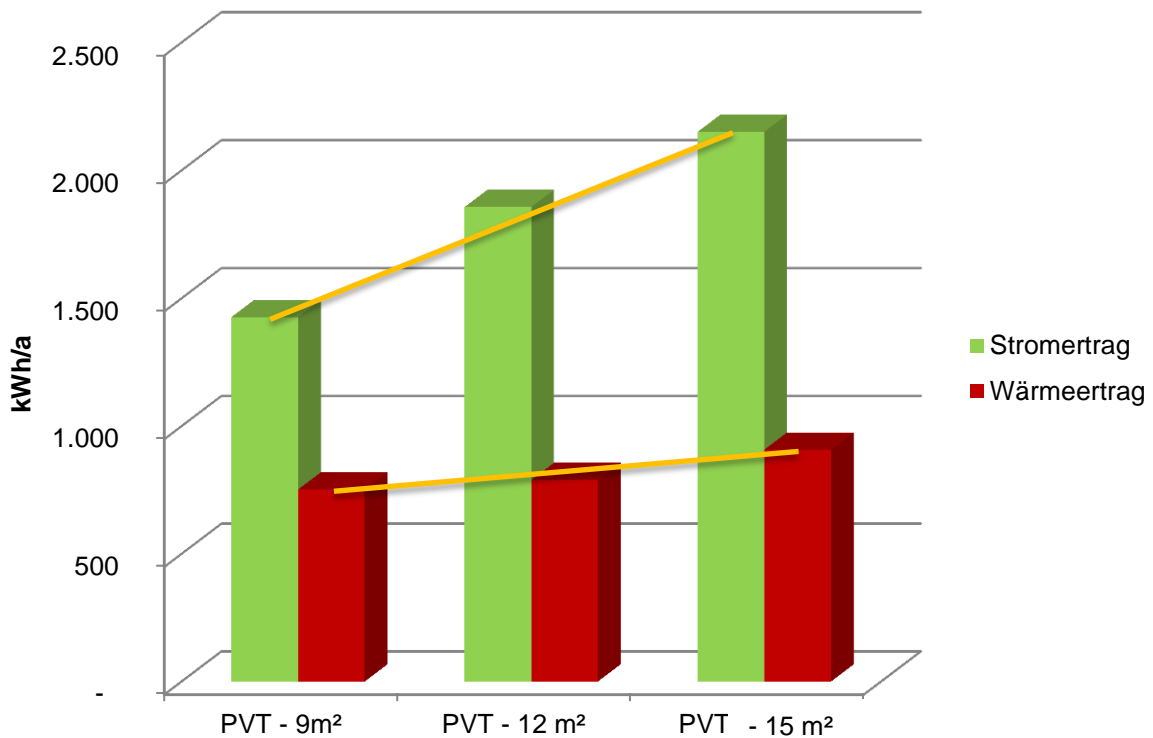


Abbildung 4: Vergleich der Erträge von PVT-Modulen auf unterschiedlicher Fläche (*Berechnungen Polysun, eigene Darstellung*)

6. Hypothesen

Verifizierung der Hypothesen

1.) PVT ist technisch reif

PVT-Anlagen sind nicht nur bereits auf dem Markt erhältlich, sondern es kann durch die Simulationen bestätigt werden, dass die Technologie auch ausgereift ist.

2.) PVT ist wirtschaftlicher als die getrennte Nutzung von PV und ST

Durch die Kühlung des PV-Moduls werden höhere Stromerträge erzielt, ob tatsächlich auch der Preis/kWh geringer ist muss anhand einer vollständigen Investitionsrechnung durchgeführt werden. Dies konnte hier nicht erfolgen, da die Datenlage bezüglich der Preise zu Komplettsystemen fehlt.

3.) PVT ist besonders gut im Passivhaus einsetzbar, da hier aufgrund des niedrigen Wärmebedarfs ein hoher Deckungsgrad erzielt werden kann

Selbstverständlich sind die zu erzielenden DG im Passivhaus höher als im Niedrigenergiehaus, jedoch sind die Wärmeerträge einer PVT-Anlage basierend auf PV nur bei 20%. Mit einer PVT-Anlage basierend auf Solarthermie oder durch die Kombination mit Wärmepumpen könnten die solaren DG noch gesteigert werden.