

1. Technik

A) Anlagentypen

Der häufigste Solarthermie-Anlagentyp in Deutschland ist die **Trinkwarmwasser-Anlage** (Kollektorfläche ca. 5m² und Speicher ca. 300l), dessen solarer Deckungsgrad (prozentualer Anteil der solaren Nutzwärme am Gesamtbedarf) typischerweise 60% aufweist. Damit kann der Warmwasserbedarf im Sommer komplett gedeckt werden. Der spezifische Energiebetrag der Anlage liegt bei ca. 350 kWh/m²a und die Kosten bei ca. 5-10 Cent/kWh.

Der zweithäufigst eingebaute Anlagentyp in Deutschland ist die **Kombianlage** für Trinkwassererwärmung und Raumheizung (ca. 15m² und 1000l), für die ein Niedertemperatur-Heizungssystem benötigt wird. Der typische solare Deckungsgrad beträgt 25%. Der spezifische Energieertrag fällt mit ca. 250 kWh/m²a deutlich geringer aus als bei der Trinkwarmwasseranlage aufgrund der Überdimensionierung und den ungenutzten Überschüssen im Sommer. Die höchsten solaren Erträge werden in den Übergangsmonaten März-April und September-Oktober erreicht. In Ballungsgebieten eignen sich diese Anlagen kaum, weil das Platzangebot für die zusätzlich benötigte Heizenergie-Quelle begrenzt ist. Die Kosten betragen ca. 5-10 Cent/kWh.

Mittelgroße Anlagen (20m² - mehrere 100m²), die sich u.a. auf Mehrfamilienwohnhäusern, Wohnheimen und Krankenhäusern befinden, sind i.d.R. rein zur Trinkwassererwärmung. Seitens der Energie- und Kosteneffizienz sind diese großen Anlagen sehr lohnenswert, doch aus strukturell organisatorischen Gründen gibt es sehr wenige hiervon. Der spezifische Energiebetrag liegt bei ca. 350-400 kWh/m²a; durch Saisonspeicher kann der Wirkungsgrad noch erhöht werden. Die Anlagen kosten ca. 5-10 Cent/kWh; aber i.d.R. weniger als Trinkwarmwasser- und Kombi-Anlagen.

Anlagen mit **hohen Deckungsraten** (> 50%, ca. 30-40m²) werden auf Sonnenhäusern installiert, die einen geringen Primärenergiebedarf zw. 5-15 kWh/m²a aufweisen, aber im Kontrast zu Passivhäusern eine Heizanlage benötigen. Die Speicher sind typischerweise ca. 5-9m³ groß, aber mittlerweile sind auch kleinere Speicher von ca. 1,5-3m³ möglich, wenn das Gebäude selbst als Speicher genutzt wird (solarthermische Bauteilaktivierung). Die nach Süden geneigte Dachfläche sollte bis zu zwei Drittel mit Solarthermie bestückt werden und zu einem Drittel mit Photovoltaik. Bei einem neuartigen Finanzierungs- und Vermietungsmodell mit Pauschalmieten und Energieflatrate zahlen Mieter*innen nur die Energie, die das Haus nicht selbst produziert.

Bei großen Solar-Anlagen für **Industrielle Prozesswärme** können bei günstigen Randbedingungen, z.B. Industrieprozessen mit relativ geringer Temperatur sowie hohem Sommerverbrauch, Erträge von ca. 400 kWh/m²a erzielt werden. In Deutschland gibt es 33 Anlagen; vorrangig im Bereich der

Trocknung, Fahrzeugreinigung, Gasdruckregelung, Tieraufzucht und Brauerei. Das solare Potential für industrielle Prozesswärme liegt mit 20 TWh bei 3,6% des gesamten Wärmebereichs. Die Kosten liegen bei ca. 4-5 Cent/kWh.

Bei (Fern-)Wärmenetzen ist der solare Ertrag abhängig vom Temperaturniveau in den Netzen; bei geringem Temperaturniveau können Erträge von 400-500 kWh/m²a erzielt werden. Der solare Deckungsgrad kann 20% erreichen, mit saisonalen Speichern (z.B. Erdbeckenspeicher mit Schutzfolie oder Erdwärmespeicher in der grundwasserleitenden Aquifer-Schicht) auch mehr. In Ballungsgebieten sind Wärmenetze mit großen Solarkollektorfeldern am Stadtrand eine sehr gute Lösung. In Dänemark gibt es ca. 120 Beispiele für Wärme-Einspeisung aus großen Solar-Anlagen in Wärmenetze, für die jeweils Wärmeübergabestationen benötigt werden. Die Kosten betragen ca. 2,5-3,5 Cent/kWh.

Thermosyphon-Systeme (Volumen von ca. 80-300l) funktionieren ohne Pumpen, allein durch die Einstrahlung der Sonne. Wenn das Kollektorfluid erwärmt wird, strömt es durch die Abnahme der Dichte nach oben in den Speicher. Während dieses System in Deutschland kaum zur Anwendung kommt, sind in Europa 41% der installierten Solar-Leistung Thermosyphon-Systeme. In Griechenland erreichen sie eine solare Deckungsrate von 80-90% des Trinkwassers; Regularien schreiben die Installation einer Solar-Anlage mit einer Deckungsrate von über 60% vor.

Weitere Anlagen im Niedertemperaturbereich sind **Luftkollektor-Anlagen** (Luft wird als Wärmeträger genutzt), **Schwimmbadabsorber** (Schwimmbadwasser wird erwärmt beim Durchströmen der Absorber) und **PVT-Anlagen** (Strom und Wärme zugleich erzeugt). Anlagen im Hochtemperaturbereich sind **Parabolrinnenkollektoren** (verspiegelte parabolförmige Rinnen mit mittig liegendem Absorberrohr) und **Fresnel-Kollektoren** (flache Spiegel, die dem Lauf der Sonne folgen und einen festmontierten Absorber erhitzen).

Die Randbedingungen (Temperatur, Einstrahlung, Lastprofil) entscheiden darüber, welche Anlagen am besten geeignet sind. Wirkungsgrad-Kennlinien (abhängig vom Temperaturniveau) sind eine Möglichkeit, um Solarkollektoren zu vergleichen. Je geringer das Temperaturniveau, desto höher ist der Kollektorwirkungsgrad. Ein geschichteter Speicher, weist einen höheren Wirkungsgrad als ein durchmischter Speicher auf. Wenn der Kollektor eine Temperatur erreicht, bei der die Abstrahlung genauso hoch ist wie der Wärmeeintrag ist die Stagnationstemperatur erreicht.

B) Markt & Kosten

Die Neuinstallation von Solarthermie erreichte 2008 ihr Maximum; seitdem schrumpft der Markt um ca. 10% im Jahr. Insgesamt sind 2,4 Mio. Solarthermie-Anlagen (Stand 2019) in Deutschland installiert; das entspricht 6% der deutschen Haushalte. Die globalen Wachstumsraten für Solarthermie betragen nur 18% bis -1%, hingegen für PV 75% bis 21% und für Windkraft 20% bis 10%. 2019 wurden in Deutschland wieder mehr Anlagen als in den Vorjahren gebaut, ein Grund könnte in der FFF Bewegung und dem wachsendem Klimabewusstsein liegen, ein anderer in den etwas verbesserten Förderbedingungen.

Im Kostenvergleich zw. Solarthermie und PV zeigt sich mittels Erfahrungskurven, dass die Kostensenkung in der Solarthermie vergleichbar ist zur Photovoltaik. Erfahrungskurven bilden die spezifischen Systemkosten über die installierte Kapazität ab, also das Verhältnis der Kosten zu den Produktionszahlen. Die absoluten Kosten für solarthermische Anlagen sinken im Vergleich zu PV nicht so stark, weil die installierte Leistung geringer ist.

2. Herausforderungen der Wärmeversorgung

A) Strukturelle Rahmenbedingungen

Während bei Strom ganzjährig ein relativ konstanter Bedarf besteht, kommt es bei der Raumwärme zu saisonalen Bedarfsunterschieden zwischen Sommer und Winter um den Faktor 10.

Die Stromnetze sind bundesweit sehr gut ausgebaut und es kann auch dezentral erzeugter Strom eingespeist werden. Im Wärmebereich nutzen nur 13,9% der deutschen Haushalte Fernwärme(netze). Dezentrale Einspeisung findet fast gar nicht statt; hierfür würden auch zusätzliche Wärmeübergangsstationen gebraucht werden.

Bei dezentraler Nutzung und Installation von Solarthermie-Anlagen müssen die jeweiligen Heizungsanlagen angepasst werden.

B) Förderpolitik

Der Endenergieverbrauch an Wärme ist mehr als doppelt so hoch wie an Strom. Dem steht die vielfach kleinere Fördergeldmenge für erneuerbare Wärme, durch das Marktanzreizprogramm (MAP) im Vergleich zur relativ hohen Fördersumme für Strom durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gegenüber. Förderung für effiziente Nutzung fällt im Wärmebereich mit dem KfW-Programm höher aus als im Strombereich mit dem Programm von BMWi und BMU; gleicht aber nicht den Fördervorsprung für erneuerbare Energien im Strombereich aus.

C) Ökonomische & politisch rechtliche Rahmenbedingungen

Mit Anreizsystemen, Verordnungen, Forschungsgeldern und Bürger-Energiegenossenschaften können gute Rahmenbedingungen für erneuerbare Wärme und Solarthermie geschaffen werden, doch auch die Energie-Tradition eines Landes spielt eine wichtige Rolle. Dies wird am Beispiel von Dänemark (67% Fernwärme, >50% Windstrom) deutlich.

In Dänemark wurde seit Beginn der Ölkrise in den 1970er Jahren im Bereich erneuerbarer Energien geforscht und investiert, um die Versorgungssicherheit zu verbessern und die Abhängigkeit vom Öl zu verringern. Es gibt eine hohe fossile Besteuerung, sowie Steuerbefreiungen für erneuerbare Energien wie beispielsweise Biomasse. Mit dem ersten Wärmegesetz von 1979 wurden die Kommunen verpflichtet, einen Plan für die Wärmeversorgung vorzulegen. Seit 2013 sind Öl- und Gasheizungen im Neubau verboten; seit 2016 dürfen alte fossile Kessel nicht mehr gegen neue umgetauscht werden. Wärmenetzeunternehmen sind generell gemeinnützig und dürfen keine Gewinne abwerfen.

3. Technologie-/ Konzeptvergleich

A) Randbedingungen

Im Wärmebereich gibt es folgende drei Ansätze für die CO₂-Einsparung:

1. Effizienzmaßnahmen (z.B. Passivhäuser) 2. Elektrifizierung (z.B. Wärmepumpen) und 3. aktive Wärmebereitstellung (z.B. Wärmenetze). Diese drei Ansätze können sich im konkreten Einzelfall sowohl ergänzen als auch ausschließen.

B) Vergleich Solarthermie mit Photovoltaik (PV) + Wärmepumpe (WP)

Es können keine allgemeingültigen Aussagen getroffen werden, ob sich Solarthermie oder PV+WP eher lohnt. Aussagen zu konkreten Fällen sind möglich, wenn die richtigen Werte miteinander verglichen werden.

Die Performance Ratio einer PV Anlage (Verhältnis zwischen maximalem Ertrag und tatsächlichen Ertrag mit Berücksichtigung Verschattung, Verschmutzung, Leitungs- und Wechselrichterverluste) kann nicht mit den Mittelwerten einer Solarthermie-Anlage verglichen werden. Ein guter Vergleichswert sind Jahresarbeitszahlen (tatsächliche Energieproduktion eines eingebauten Gerätes über einen längeren Zeitraum). Es sollten eher Systemwirkungsgrade (Wirkungsgrad der gesamten Anlage) als Komponentenwirkungsgrade (Wirkungsgrad der einzelnen Komponenten) miteinander verglichen werden. Ferner sollten jeweils Anlagen gleichen Alters und gleichen Entwicklungsstandes miteinander verglichen werden.

In einer Studie aus Innsbruck wurden die Energieerträge (kWh/m²) von Solarthermie und PV + WP auf Mehrfamilienhäusern verglichen, die direkt nebeneinander stehen. Der Energieertrag der Solarthermie-Anlage war in jedem Monat und in jedem Jahr höher als von PV+WP; nur die Höhen-Differenzen fielen über die Jahre verschieden aus.

Bei Industrieprozessen ist die Auswahl der Technologie abhängig von: Standort, Prozesstemperatur, PV-Preisen, Lebensdauer, Vor- und Rücklaufemperatur, Material, technischen Kennwerten, Finanzierungskosten, Zinsen und Anlagengrößen. Aus der Studie „Techno-Economic Comparison of Solar Thermal and PV for Heat Generation in Industrial Processes“ geht hervor, dass umso geringer der Anteil der Betriebsstunden und umso höher die solare Einstrahlung ist, desto effizienz- und kostengünstiger ist Solarthermie.

Beim Vergleich des „materiellen/stofflichen“ Lebenszyklus hat Solarthermie eine günstigere Position gegenüber PV+WP, da weniger seltene Erden, Metalle und Elektronik eingesetzt wird.

4. Fazit

Solarthermie sollte einen kleinen aber wichtigen Beitrag zur zukünftigen defossilisierten Wärmeversorgung leisten. Dieser könnte bei einem Fernwärmeanteil von 40% im Sektor Privathaushalte bei einer solaren Deckungsrate von 8% liegen. Im Bereich der Prozesswärme könnten 3,6% des Wärmebedarfs durch solare Anlagen abgedeckt werden. Wichtig ist, jetzt die richtigen Weichenstellungen in Infrastrukturmaßnahmen (Wärmenetze, Sanierung), Förderung der Technologien und die Abschaffung von falschen Anreizen zu setzen. Beim Vergleich Solarthermie zu PV + WP sind die Ergebnisse stark von Parametern wie Prozesstemperatur, Betriebszeiten und Einstrahlung abhängig. Beide Technologien können je nach Randbedingungen klar im Vorteil sein.