



Fotos: B. Linnig

## Zu Unrecht im Abseits

Mit Solarthermie neue Potenziale erschließen

von Jörg Linnig

Aufgrund des geringen Heizwärmebedarfs und der vergleichsweise hohen Speicherkapazität eignen sich Passivhäuser besonders gut für die Nutzung von regenerativen Energien. Dabei kann die Wärmeversorgung über weite Teile des Jahres z. B. mit Photovoltaikanlagen und Luftwärmepumpen erfolgen. Allerdings verbleibt hierbei immer eine Versorgungslücke in den Zeiten geringer Solareinstrahlung. Teilweise kann dieses Loch über Windenergie in Verbindung mit Wärmepumpen gedeckt werden, aber eben nicht vollständig. Das, was diese Lösung so attraktiv macht, ist, dass sie einfach und vergleichsweise preiswert zu sein scheint. Nachteilig ist, dass hier exergetisch hochwertiger Strom zur Wärmeerzeugung eingesetzt wird. In der Regel liegt die Jahresarbeitszahl bei derartigen Wärmepumpen deutlich unter drei. Das kommt daher, dass der Anteil an benötigter Wärme im höheren Temperaturbedarf, beispielsweise für die Warmwasserbereitung, höher ist als der für die Heizung. Zudem orientiert sich die Vorlauftemperatur bei gängigen Anlagenkonzepten ohnehin am höchsten Temperaturniveau.

Ein Grundgedanke für die Entwicklung von kostengünstigen Passivhäuser war es, Gebäude so zu konzipieren, dass sie über den ohnehin benötigten Luftwechsel auch gleichzeitig beheizt werden können. Hierfür sind jedoch meist eher höhere Vorlauftemperaturen erforderlich. Diese sind für eine Wärmepumpe ungünstig. Daher ist es sinnvoll, die in der Vergangenheit ins Abseits geratene Solarthermie wieder mehr in den Fokus zu rücken.

Insbesondere durch das hier vorgestellte Konzept kann nachgewiesen werden, dass die Gesamteffizienz einer Wärmepumpe in Verbindung mit einer thermischen Solaranlage deutlich gesteigert werden kann. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine exergetische Anlagenplanung und eine angepasste Anlagenhydraulik. Diese Hydraulik unterscheidet sich von den Komponenten nur geringfügig. Hinsichtlich der Regelungstechnik und Wirkweise sind die Unterschiede allerdings erheblich.

### Vorteile der Solarthermie

Ein wesentliches Argument für den Einsatz von thermischen Solaranlagen ist deren höhere Flächeneffizienz. So können auf Basis einer jährlich durch Sonne eingestrahltener Energiemenge von etwa 1000 kWh/(m<sup>2</sup>a) etwa 350-550 kWh/(m<sup>2</sup>a) in Wärme umgesetzt werden. Mittels der Photovoltaik können etwa 90-150 kWh/(m<sup>2</sup>a) an Elektrizität umgewandelt werden. Um mit

einer Photovoltaikanlage in Verbindung mit einer Wärmepumpe die gleiche Wärmemenge zu erzeugen, sind daher Wärmepumpen mit einer mittleren Jahresarbeitszahl von ca. 2,5-6 erforderlich, um an die Flächeneffizienz der Solarthermie heranzureichen.

Bei der Biomasse liegt der spezifische Solarertrag bei 4-14 kWh/(m<sup>2</sup>a). Während Solarthermie und Photovoltaikanlagen im Wesentlichen um Dachflächen konkurrieren, konkurriert die Biomasse mit Anbauflächen für die Nahrungsmittelherstellung.

Eine reine Fokussierung auf die Photovoltaik und die Nutzung aller geeigneten Dachflächen dafür ist möglicherweise kontraproduktiv. Im Vergleich beider Techniken haben sowohl die Solarthermie als auch die Photovoltaik ihre Stärken und Schwächen.

Wichtiger als der reine Vergleich einzelner Energiewandler, wie z. B. der Photovoltaik und der Solarthermie, ist die Betrachtung schlüssiger Gesamtkonzepte. Bislang werden solarthermische Anlagen üblicherweise als Vorwärmesysteme betrachtet und ausgelegt. Ein Zusatz-Wärmeerzeuger erzeugt die höheren Temperaturen, die dann auf das jeweilige Nutzenniveau heruntergemischt werden. Auch wenn Komponenten für sich betrachtet hocheffizient sind, ist der Gesamtnutzen suboptimal. Dieses klassische Anlagenkonzept basiert letztlich auf dem Prinzip einer zentralen fossilen Feuerung auf hohem Tempera-

turniveau. Durch den Einsatz neuer Technologien und insbesondere durch die Nutzung von regenerativer Energie ist daher ein komplettes Umdenken erforderlich. Die Grundidee ist die Entmischung von Temperaturniveaus. Hierbei zielt die Anlagenplanung auf die Nutzung einer möglichst hohen Temperatur im Bereich der regenerativen Energiequellen und einer geringstmöglichen Nacherwärmung mit fossilen oder anderen exergetisch hochwertigen Energieträgern, wie z. B. Elektrizität, auf das jeweilige Nutzniveau ab. Zudem muss verhindert werden, dass Temperaturen auf ein Nutzniveau heruntergemischt (Mischerschaltung) werden. Stattdessen sollte die Wärmeenergie möglichst dort entnommen werden können, wo das Temperaturniveau bereits der benötigten Solltemperatur entspricht (Einspritzschaltung). An diesem Punkt besteht allerdings noch Entwicklungsbedarf. Ein weiterer Aspekt, der in der klassischen Anlagenplanung regelmäßig missachtet bzw. unterschätzt wird, ist das Problem von ungewollten Rücklauftemperaturenanhebungen durch hydraulisch schlecht konzipierte Abnahmesysteme. Selbst gut ausgelegte Wärmesenken können bei fehlender Abnahme zu erheblichen Rücklauftemperaturenanhebungen führen. Diese verursachen eine Durchmischung im Speicher und damit eine Umwandlung von Exergie in Anergie.

### Exergetisch optimierte Anlagenplanung

Grundsätzlich geht es um eine Trennung von Exergie und Anergie durch einen möglichst gut geschichteten Speicher unter Aufrechterhaltung möglichst hoher Temperaturdifferenzen. Dies gilt sowohl für die Wärmequellen (Wärmeerzeuger) als auch für die Wärmesenken (Wärmeabnehmer oder im Volksmund Verbraucher).

- Regenerative Energien werden möglichst oberhalb der geforderten Mindestsolltemperatur durch eine Regelung auf Zieltemperatur nutzbar gemacht.
- Auf der Bedarfsseite wird die Wärmeenergie möglichst auf Nutzniveau entnommen. Bei nicht ausreichender Temperatur wird Wärmeenergie auch höherem Temperaturniveau beigemischt (Einspritzschaltung). Um regenerative Energie bedarfsorientierter nutzen zu können, ist es erforderlich, die Energie hinsichtlich ihres Temperaturniveaus von unten nach oben anzupassen.
- Fehlende Energie (Exergie) nur so wenig wie möglich ergänzen: Nachheizen mit nicht regenerativen Energiequellen erfolgt nur auf das geringstmögliche erforderliche Temperaturniveau.
- Vermeidung von Rücklaufanhebungen auch bei fehlender oder sehr geringer Abnahme in der Anlage
- Speicherung von höher temperierter Energie (Exergie) auf das für die jeweilige Nutzung erforderliche Temperaturniveau in Kurzzeitspeichern
- Speicherung von Wärmeenergie auf niedrigerem Temperaturniveau (Anergie) in großen saisonalen Speichern

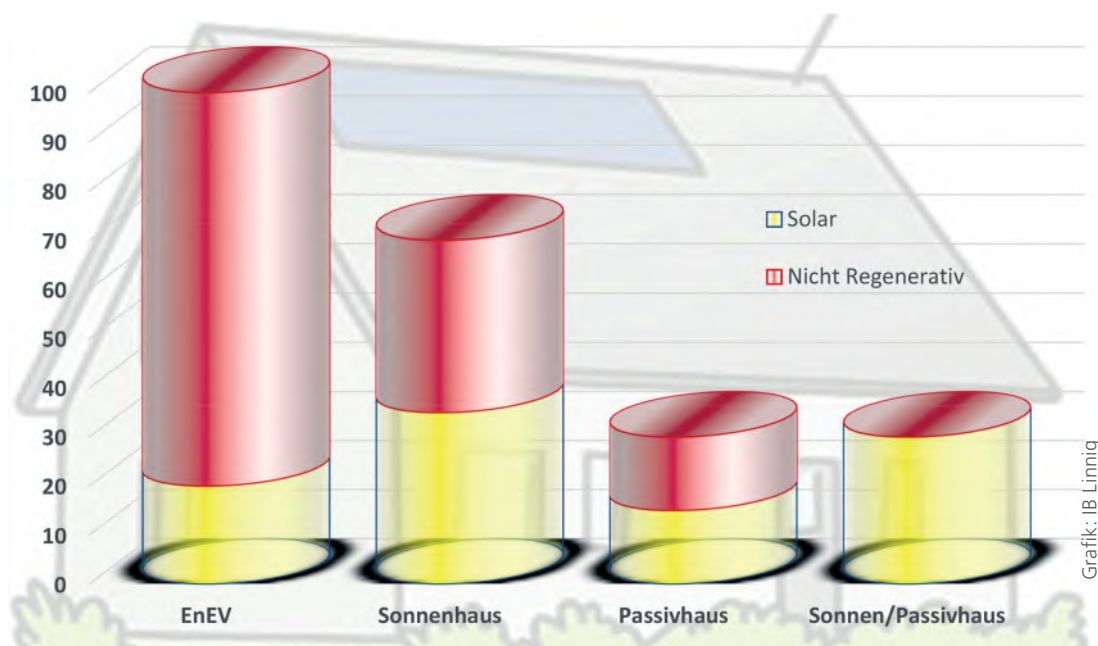
### Umsetzung am Beispiel Weinert

Beim nachfolgend vorgestellten Projekt Weinert wurde die Anlagenplanung so umgesetzt, dass die Wärmeerzeugung vorrangig über eine 20 m<sup>2</sup> große Vakuumröhren-Kollektoranlage in Verbindung mit einem 800-l-Speicher mit innenliegender Wärmepumpe und Direktkondensation (Prototyp) sowie einem 10-m<sup>3</sup>-Eisspeicher, der nicht nur als Wärmequelle für die Wärmepumpe, sondern gleichzeitig als Niedertemperaturspeicher (Anergiespeicher) dient, realisiert wurde. Zusätzlich gibt es noch einen 20-m<sup>2</sup>-Solarabsorber, der mit verbaut werden musste, weil die Firma Viessmann den von uns als Niedertemperaturspeicher genutzten Eisspeicher ansonsten nicht ausgeliefert hätte.



Üblicherweise arbeiten Wärmepumpen und Sonnenkollektoren parallel. Dies bedeutet, dass sowohl der thermische Kollektor als auch die Wärmepumpe zunächst auf niedrigem Temperaturniveau miteinander konkurrieren. Beide Techniken verlieren so an Effizienz. Im Gegensatz hierzu wird die Wärmepumpe im vorliegenden Fall sozusagen als Vorwärmssystem für die solarthermische Kollektoranlage genutzt. Vakuumröhren-Kollektoren arbeiten auch bei hohen Temperaturen vergleichsweise effizient. Die Wärmepumpe kann hierdurch im Wesentlichen bei niedrigem Temperaturniveau mit hohen Arbeitszahlen betrieben werden. Durch die Direktkondensation ist auch in Bezug auf das Kältemittel eine sehr große Spreizung an der Wärmepumpe möglich. Hierdurch kann der im Heizgas enthaltene Exergieanteil genutzt werden. Bei einstufigen Kondensatoren wird der Anteil an Exergie praktisch auf die Kondensatortemperatur heruntergemischt und damit zu Anergie abgewertet. Wie in der nachstehenden Abbildung zu entnehmen, hat das Kältemittel eine Spreizung von 30-40 Kelvin.

## Unterschiedliche Standards und solare Deckungsanteile



Die meiste Energie wird zwar im Bereich der Kondensations-temperatur abgegeben. Allerdings entscheiden manchmal wenige Grade unter- oder oberhalb des geforderten Nutztemperaturniveaus darüber, ob überhaupt nachgeheizt werden muss. Durch die spezielle Hydraulik wird der Sonnenkollektor so geregelt, dass er immer eine gewünschte Zieltemperatur erreicht, wenn die Einstrahlung dies zulässt. Dies ist im vorliegenden Fall eine Minimaltemperatur (Anlagensolltemperatur) von 50 °C. Wird diese Temperatur im oberen Speicherbereich überschritten, erhöht sich automatisch die Zieltemperatur für die Solaranlage, um eine möglichst hohe Temperaturdifferenzierung im Speicher zu erzielen. In der vorliegenden Anlage konnte die Wärmepumpe inkl. Hilfsstrom so eine mittlere Arbeitszahl von etwa 4,8 erreichen. Die Systemarbeitszahl hingegen liegt im Mittel bei 6,1. Die Systemarbeitszahl ergibt sich aus dem Verhältnis der in den Pufferspeicher eingespeicherten Energie im Verhältnis zu der eingesetzten elektrischen Energie für die Wärmepumpe und der Hilfsenergie für die Wärmepumpe und die Solaranlage. Da der Puffer innerhalb der thermischen Gebäudehülle steht, kommen die Speicherverluste zumindest teilweise dem Gebäude wieder zugute. Da nicht alle Speicherverluste im Gebäude nutzbar sind, kann die Systemarbeitszahl bezogen auf die tatsächliche abgegebene Nutzenergie auf etwa 5,8 abgeschätzt werden.

Das Gebäude hat als KfW-55-Haus mit 180 m<sup>2</sup> Wohnfläche einen gemessenen spezifischen Heizwärmebedarf von 39,3 kWh/(m<sup>2</sup>a). Ungewöhnlich ist an diesem Projekt jedoch der geringe Warmwasserbedarf. Dieser liegt bei 1,7 kWh/(m<sup>2</sup>a). Im Vergleich hierzu liegt der Ansatz gemäß EnEV bei 12,5 kWh/(m<sup>2</sup>a).

### Quo vadis?!

Die Diskussion, ob ein Sonnenhaus besser ist als ein Passivhaus oder umgekehrt, wie sie in der Vergangenheit zum Teil geführt wurde, ist völlig sinnlos. Der Königsweg ist, Passivhäuser so zu bauen, dass sie durch den Einsatz von Solarthermie auch gleichzeitig als Sonnenhaus realisiert werden und die Energie-

versorgung zu mehr als 50 % regenerativ gedeckt wird. Dies bietet nach Auffassung des Autors ein Maximum an Resilienz, da die Abhängigkeit von externen Versorgungsstrukturen maximal reduziert ist. Aufgrund des hohen Dämmstandards ist dies beim Passivhaus vergleichsweise einfach. Ein geringerer Standard führt bei dem hier vorgestellten Konzept zu deutlich höheren Investitionskosten und verringert die Wirtschaftlichkeit. Darüber hinaus werden größere Dachflächen für die Energiegewinnung und mehr Grundfläche für den Anlagenspeicher benötigt, sodass das Konzept bei einem schlechteren Gebäudeenergiestandard immer schwieriger bis gar nicht mehr realisierbar ist.

Keinesfalls sollten wir uns bei der Entwicklung zukunftsfähiger Konzepte irgendwelchen Ideologien verschreiben oder uns möglichen neuen Ideen verschließen. Was wir brauchen, sind Lösungen, bei denen der Fokus nicht auf Effizienz, sondern auf dem Nutzen liegt.



DIPL. ING. JÖRG LINNIG

Inhaber des Ingenieurbüros EUKON. Der Ingenieur entwickelt Konzepte zur energieeffizienten Versorgung von Gebäuden mit Energie und Wärme und kombiniert dabei gerne das Beste aus unterschiedlichen Philosophien zu erfolgreichen neuen Lösungen.  
www.eukon.de