

Solaranlage mit Wärmepumpe

Erfordert eine differenzierte ganzheitliche Betrachtungsweise

1. Einleitung

Sowohl eine Sonnenenergieanlage wie auch eine Wärmepumpenanlage weisen einen sehr stark temperaturabhängigen Wirkungsgrad auf. Sie arbeiten dann am effizientesten (am wenigsten nicht erneuerbarer Zusatzenergieverbrauch), wenn ihre physikalischen und zeitlichen Randbedingungen konsequent berücksichtigt werden.

Eine taugliche Wärmequelle für die Wärmepumpe muss ausserhalb des Systems (also des Hauses) liegen. Interne Wärmequellen sind meistens grundsätzlich fraglich und viel zu begrenzt.

Werden verglaste Sonnenkollektoren mit einer Wärmepumpe kombiniert, treten sie nicht nur als Partner, sondern auch als Konkurrenten auf. Das Konzept, mit den Sonnenkollektoren nicht nur direkt Warmwasser und Heizwärme zu erzeugen, sondern auch die Wärmepumpen-Kaltseite (Gewinnungsseite) zu beliefern, führt in den allermeisten Fällen dazu, dass als Folge der gut gemeinten Idee der Zusatzenergiebedarf (Strom) massiv ansteigt.

Damit ein möglichst grosser Nutzen entsteht, ist es sinn-

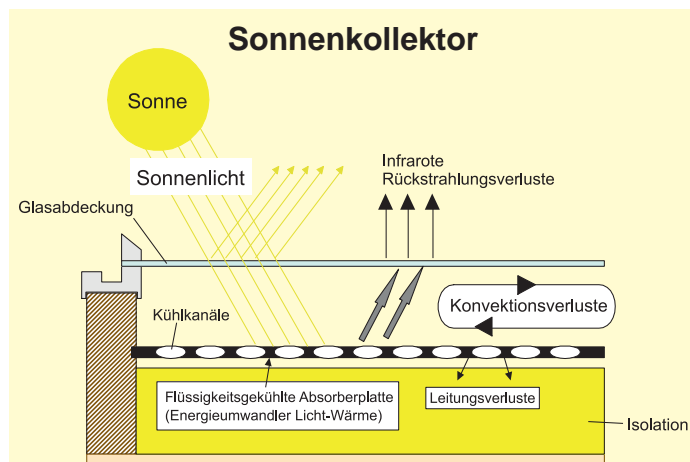
voll und nötig, Wärme für Heizung und Warmwasser in erster Priorität mit den verglasten Sonnenkollektoren und dann mit der Wärmepumpe zu erzeugen.

Je besser die Dämmung des Hauses ist, desto grösser wird der relative Anteil des Energieaufwandes für die Warmwasseraufbereitung. Die Arbeitszahl der Wärmepumpe bei hohen Arbeitstemperaturen wird dadurch im Verhältnis wichtiger.

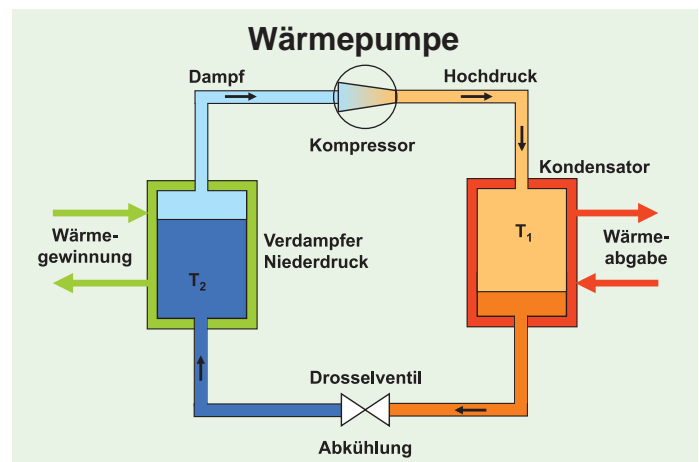
Das Thema «Sonnenenergie und Wärmepumpe» erweist sich bei näherer und intensiverer Betrachtungsweise als komplex und häufig völlig situationsabhängig. Was im Einzelfall angemessen und vertretbar ist, kann in der Verallgemeinerung absolut falsch sein.

Dieser Fachartikel ist bewusst sehr ausführlich gehalten. In der Praxis trifft man häufig haarsträubende Lösungen an, die nur auf den ersten Blick intelligent aussehen. Sie sind häufig viel zu komplex. Viele Anlagen nutzen oft das Energiesparpotential bei weitem nicht aus und sind im Betrieb problematisch (Schwitzwasserprobleme, verkürzte Lebensdauer etc.).

2. Gegenüberstellung der Energiegewinnung



1. Ein Sonnenkollektor heizt, wenn die Sonne scheint. Diese Wärmequelle muss genau dann genutzt werden, wenn sie vorhanden ist.
2. Je besser der Kollektor gekühlt wird, d.h. je kälter der Absorber ist, desto besser ist seine Heizleistung. Entscheidend für den aktuellen Wirkungsgrad ist die Differenz zwischen mittlerer Kollektor- und Aussen-temperatur sowie die Stärke der solaren Einstrahlung.
3. Damit man den Ertrag einer Sonnenenergieanlage nutzen kann, wenn die Sonne nicht oder zu wenig scheint, muss die Wärme gespeichert werden. Durch diese Speicherung soll die Kollektor-Arbeitstemperatur so wenig wie möglich ansteigen.
4. Eine effiziente Sonnenenergieanlage besteht nicht nur aus einem guten Sonnenkollektor, sondern ist ein durchdachtes Gesamtsystem, das den Bedürfnissen des Sonnenkollektors entgegenkommt.



1. Sofern eine Wärmepumpe eine verlässliche (belastbare) Wärmequelle hat, kann sie bei Bedarf ein- und ausgeschaltet werden. Eine verlässliche, langfristig belastbare Wärmequelle ist die allererste Voraussetzung für einen sorgenlosen Betrieb der Wärmepumpe!
2. Die Wärmepumpe ist eine Carnot-Maschine, d.h. ihre Leistungsziffer (Wirkungsgrad) ist abhängig von der Verdampfungstemperatur und der Kondensationstemperatur des Kältemittels. Neben der Kondensationsenergie fällt auch etwa 10% der Heizleistung als separat nutzbare Heissgasenergie mit einer höheren Temperatur von z.B. 60°C an. Je geringer die Differenz zwischen Kondensations- und Verdampfungstemperatur, desto besser ist die Leistungsziffer. Auf welche Art eine möglichst tiefe Kondensationstemperatur (Nutzwärme) und eine möglichst hohe Verdampfungstemperatur (Quelle)

Kollektorertragstabelle

Quelle: SPF

erreicht werden, spielt für die Wärmepumpe absolut keine Rolle.

3. Für den Betrieb der Wärmepumpe gibt es günstige Zeiten, z.B. höhere Aussentemperatur am Tag bei

Luft-Wasser-Wärmepumpe oder besser verfügbarer Strom (Tarif) in Schwachlastzeiten. Um dies auszunutzen, wird die Wärme gespeichert. Eine Pufferung verlängert auch die Laufzeitintervalle des Aggregats. Durch die Wärmespeicherung soll die Leistungsziffer aber möglichst nicht verschlechtert werden.

4. Für den Betrieb der Wärmepumpe (Kompressor) braucht es Strom. Strom ist keine Primärenergie, sondern wird aus anderen Energieformen mehr oder weniger effizient bereitgestellt.
5. Eine effiziente Wärmepumpenanlage ist nicht nur eine gute Wärmepumpe, sondern ein durchdachtes Gesamtsystem, das die Möglichkeiten ausschöpft und den Bedürfnissen der Wärmepumpe entgegenkommt.

Carnot-Wirkungsgrad/Leistungsziffer

$$\text{COP} = \frac{T_{\text{Warm}}}{T_{\text{Warm}} - T_{\text{Kalt}}} = \frac{28^{\circ}\text{C} + 273^{\circ}\text{C}}{28^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}} = 13.1$$

* T in absoluten Temperaturen (Kelvin)

Praktisch realisierbare Leistungsziffern bewegen sich im Bereich von etwa 50% des theoretisch möglichen Wertes.

3. Warum Warmwasserproduktion mit der Wärmepumpe?

In sehr gut wärmegedämmten Häusern ist der Anteil des Jahresenergieaufwandes für Warmwasser relativ hoch und kann durchaus über 50% steigen.

Eine rein elektrische Warmwasseraufbereitung würde in diesem Fall mehr Strom verbrauchen als die Wärmepumpe für die Bereitstellung der Heizwärme.

Dies würde den Nutzen der Wärmepumpe doch stark relativieren. Andererseits wird es in diesem Fall wichtig, dass die Wärmepumpe im höheren Arbeitstemperaturbereich eine immer noch akzeptable Arbeitszahl aufweist.

Fremdenergiebedarf eines Einfamilienhauses für Heizung und Warmwasser

	konventionell	mit Wärmepumpe	mit Sonne und Wärmepumpe (ca. 25 m ² Kollektoren)
Warmwasser	4000 kWh	1200 kWh	300 kWh
Heizung	8000 kWh	bis unter 2000 kWh	bis unter 1000 kWh
Total	12000 kWh	unter 3200 kWh	unter 1300 kWh

4. Vergleich von Anlagekonzepten

a) Anlagen ohne Nachheizung der Wärmepumpen-Kaltseite

Hier geht es darum, dass in erster Priorität mit den Sonnenkollektoren effizient Warmwasser und Heizwärme erzeugt wird. Was noch fehlt, wird mit der Wärmepumpe effizient nachgeheizt.

Voraussetzung dazu ist eine auch längerfristig belastbare Wärmequelle für die Wärmepumpe.

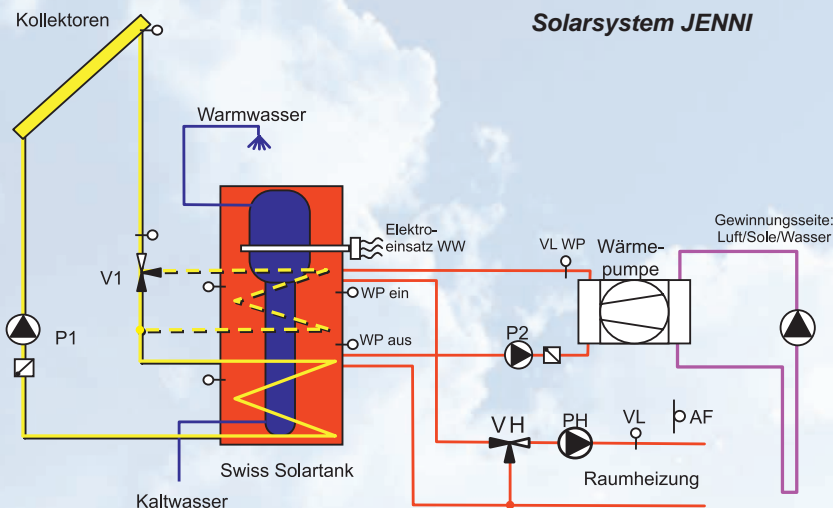
Belastbare Wärmequellen stellen dar (Aufzählung in absteigender Qualität):

Energiequelle	typische Gewinnungstemperatur
Wärme aus Tiefenbohrung	individuell, evtl. ohne Wärmepumpe
In genügender Menge vorhandenes Grundwasser	8 – 15°C
Genügend dimensionierte Erdsonden	0 – 10°C
Genügend grosses Erdregister	0 – 10°C
Luft	-15 – +25°C
Abwärme (kann je nach vorhandenem Temperaturniveau recht hochwertig sein)	individuell

Der Wärmepumpenbetrieb darf die Effizienz der Sonnenkollektoren nicht beeinträchtigen. Konkret bedeutet dies, dass z. B. im untersten Bereich des Speichers ein Teil ausschliesslich für die Sonnenkollektoren reserviert wer-

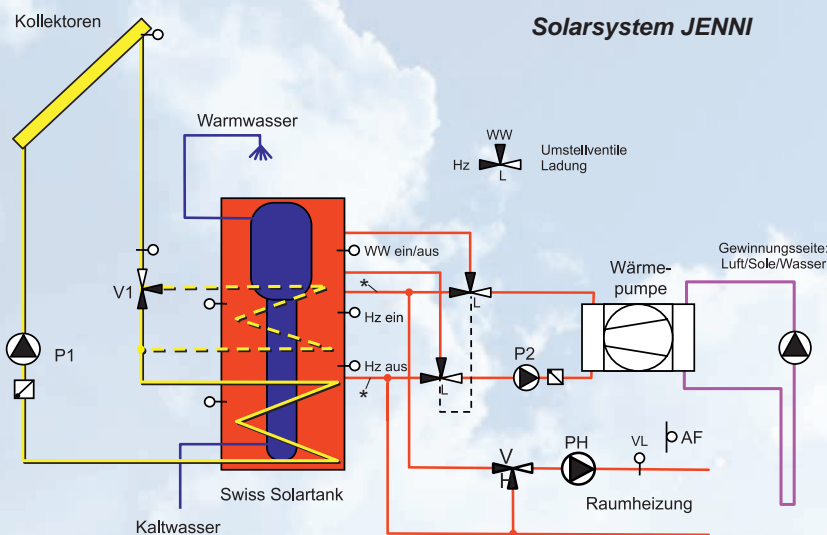
den muss. Es darf also nicht der ganze Speicher mit der Wärmepumpe aufgeladen werden. Alles andere ist falsch und sei die Anlage noch so komplex und intelligent erklärt.

Es existieren verschiedene Standard-Anlagentypen (Auszug aus unserer Broschüre «Wärmepumpenanlagen mit Sonnenenergie, 2009»)



Standard 1: Anschluss der Wärmepumpe mit 2 Leitungen

Zu einfache Anlage! Die Wärmepumpe stellt die Heizwärme mit der gleichen Temperatur wie für das Warmwasser bereit. Das senkt die Leistungsziffer.



Standard 3: Anschluss der Wärmepumpe mit 4 Leitungen



Anlage mit drei klar getrennten Temperaturzonen:

- Zuerst, mit der tiefsten Temperatur, Vorwärmzone für Heizung und Warmwasser, reserviert für eine optimale Sonnenenergienutzung.
- In der Mitte gleitend nachladbare Zone für die Heizung. Dieser Bereich wird nur so hoch nachgeladen, wie die Heizung gerade verlangt. Das Warmwasser wird im integrierten Boiler mit vorgewärmt.
- Zuoberst der ausschliessliche Bereich für die Bereitstellung des Warmwassers. Nach Bedarf wird mit den

beiden synchron laufenden Ventilen die Wärmepumpe auf den Warmwasserbereich umgestellt und das Warmwasser auf die erforderliche Temperatur nachgeladen. Weil die Zone von unten vorgewärmt ist, reichen relativ kurze Nachladezeiten in der oberen Zone aus.

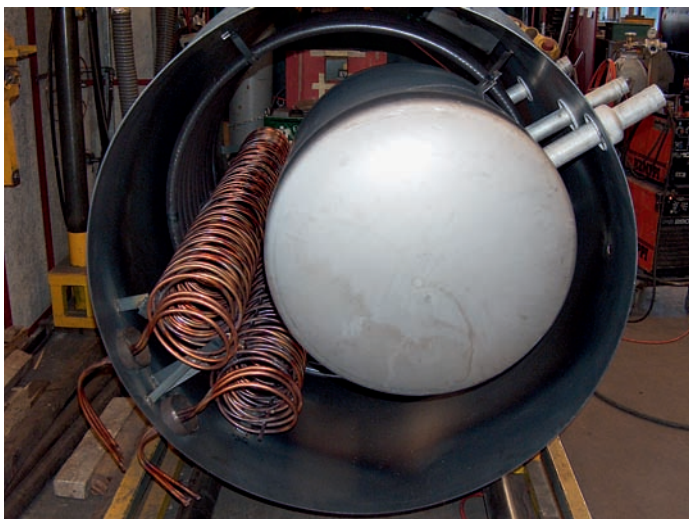
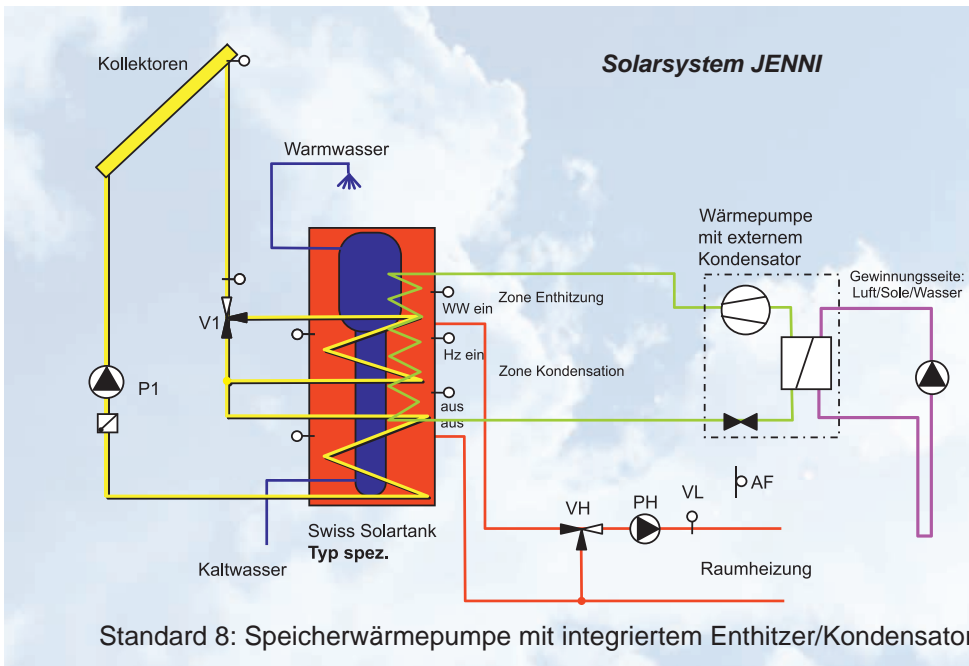
Voraussetzung für einwandfreie Funktion:

- Ein für saubere Temperaturschichtung (auch mit den relativ grossen Umwälzmengen über die Wärmepumpe) konzipierter und korrekt angeschlossener Speicher. Die Grössen der jeweiligen Temperaturzonen müssen der

aktuellen Situation (Warmwasserbedarf, Heizleistung, Leistung der Wärmepumpe etc.) angepasst werden.

- Damit die Wassermenge über die Wärmepumpe nicht in Abhängigkeit der Heizlast variiert, müssen die gemeinsamen Leitungen (* auf Zeichnung Seite 4) zum Speicher möglichst kurz sein. Sie dürfen keinen grossen Druckabfall aufweisen.

Mit Standard 3 kann Warmwasser mit Vorrang aufbereitet werden. Abgesehen von der optimierten Leistungsziffer erweist sich dies bei zu schwach ausgelegten Wärmepumpen (kommt in der Praxis häufig vor) als sehr grosser Vorteil.



Speicher Swiss Solartank mit integriertem Boiler, Solar- und Wärmepumpen-Tauscher

Anlage mit ebenfalls drei Temperaturzonen:

- Zuunterst Vorwärmzone für Heizung und Warmwasser, reserviert für eine optimale Sonnenenergienutzung.
- In der Mitte gleitend nachladbare Zone für die Heizung sowie Warmwasservorwärmung. Dieser Bereich wird von der Raumheizung entladen und mit der Wärmepumpe auf der benötigten Temperatur gehalten. Die Wärme einbringung erfolgt über einen im Speicher integrierten Kältemittelkondensator, der durch die maximale Temperaturkopplung eine tiefstmögliche Kondensationstemperatur garantiert (Bedingung 1 für hohe Arbeitszahl der Wärmepumpe).
- Zuoberst der Warmwasserbereich. Die Beladung dieser Zone erfolgt durch Abtragung von Heissgasenergie

während des Kompressorbetriebs. Die Heissgasenergie beträgt ca.10% der Energie, die durch das Kältemittel transportiert wird. Dies ermöglicht das Anheben der Warmwasserzone auf Komforttemperatur ohne jegliche Einbusse in der Arbeitszahl der Wärmepumpe.

Voraussetzungen für einwandfreie Funktion:

- Ein für saubere Temperaturschichtung konzipierter und korrekt angeschlossener Speicher.
- An die Verhältnisse angepasste Dimensionierung des internen Enthitzer/Kondensators und der entsprechenden Temperaturzonen.

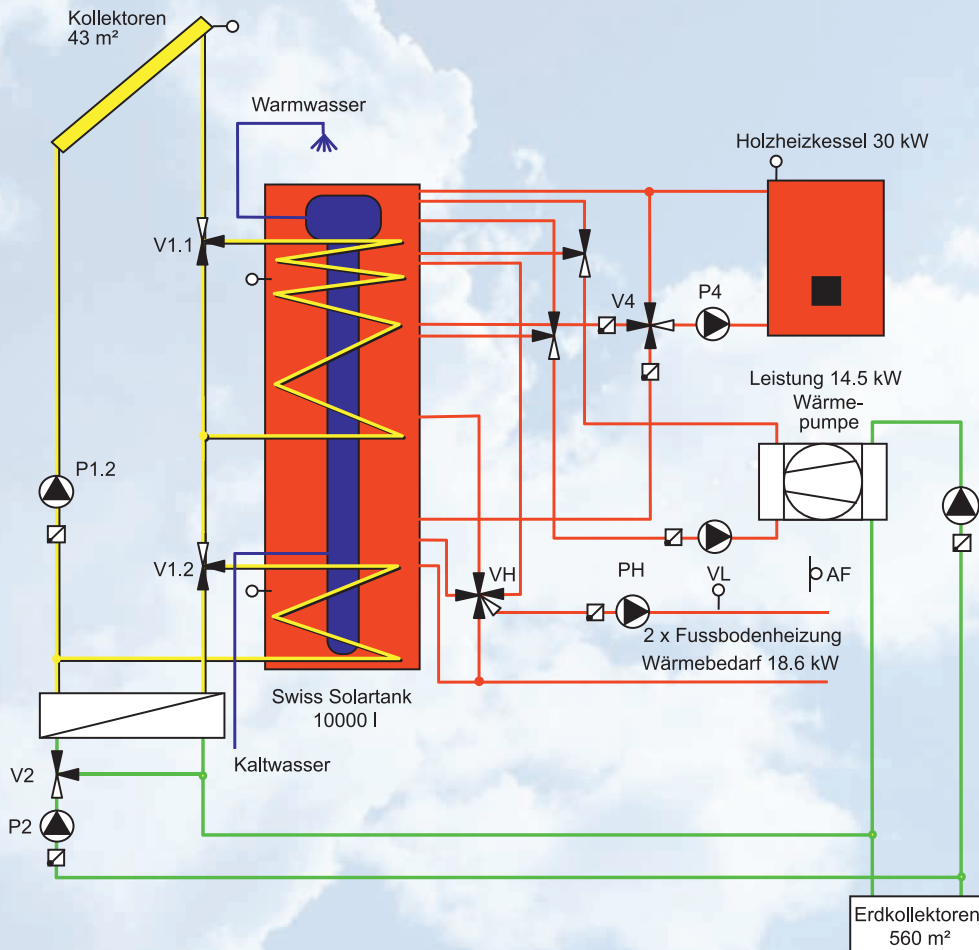
b) Anlagen mit Nachheizung der Wärmepumpen-Kaltseite

Der Gedanke, solare Wärme durch Einbezug einer Wärmepumpe zu veredeln, ist nicht neu. Er hatte in früheren Zeiten mit den kollektorspezifisch tieferen Wirkungsgraden noch eher eine Bedeutung.

Wenn heute solche Anlagen wieder vermehrt propagiert werden, sehen wir dies im Zeichen eines Marketings

à la «je komplizierter, desto besser verkaufbar» und nicht wirklich im Bestreben um physikalisch und energetisch abgestimmte, praxistaugliche Lösungen.

Oder anders gesagt: Das Verständnis des Unterschieds von Temperatur und Energie ist auch im 21. Jahrhundert noch nicht Allgemeingut.



Beispiel einer Anlage mit Erdregister, unterstützt durch einen verglasten Kollektor

Die Idee ist die folgende:

- Sobald die Solaranlage Überschüsse produziert, werden diese zur Aufladung des Erdreichs verwendet, alternativ auch bei schwacher Einstrahlung.
- Bei arbeitender Wärmepumpe kann der Kollektor das Erdregister direkt stützen.
- Durch den Stützbetrieb sowie durch die im Erdreich gespeicherte Wärme (= höhere Quelltemperatur) erhöht sich die Leistungsziffer der Wärmepumpe.
- In der Praxis rechnet man oft sogar mit einer reduzierten Auslegung für das Erdregister, da ja ein solarer Wärmeertrag miteingerechnet wird.

Zu diesem Grundkonzept sind fast unzählig viele Varianten (z.B. Wärmegewinnung nur von Sonnenkollektoren, Kombination mit anderen Wärmequellen, Kaltseite angepeist aus dem untersten Speicherteil usw.) denkbar.

Sie haben die folgenden Punkte gemeinsam, die wirklich beachtet werden sollten:

1. Der verglaste Kollektor, der den Speicher aufwärmt, erzeugt ohne Wärmepumpen-Betrieb direkte Nutzwärme, die im Gesamtsystem eingespart ist.
2. Wenn der Kollektor die Wärmepumpen-Kaltseite beliefert, fehlt während dieser Zeit der solare Direktertrag. Die Frage ist also, ob dieser fehlende solare Direktertrag durch die höhere Wärmepumpen-Leistungsziffer kompensiert werden kann. Hier spielt mit hinein, dass einerseits der Kollektorwirkungsgrad wegen der tiefen Arbeitstemperatur hoch ist, andererseits wegen des fehlenden Direktertrags die Wärmepumpe länger arbeiten muss. Unter dem Strich ist der effektive Nutzen relativ gering. Meistens wird im Effekt ein höherer Stromverbrauch für die Wärmepumpe resultieren (siehe nachfolgendes Rechnungsbeispiel)!
3. Es macht aus unserer Sicht grundsätzlich nur Sinn, effektive Überschüsse oder anderweitig nicht nutzbare Restwärme dem Erdspeicher und der Wärmepumpe zuzuführen.

4. Wenn ein normaler Erdspeicher auf mehr als 15°C geladen wird, wird das Erdreich ausgetrocknet, was sich kontraproduktiv auswirkt (kleinere Kapazität des Erdspeichers, schlechte Wärmeleitung). Im Prinzip macht es nur Sinn, den Erdkollektor während des Wärmepumpen-Betriebs zu stützen oder im Frühling kurz zu regenerieren (z.B. zum Auftauen). Ein unverglaster Kollektor oder ein Luftwärmetauscher wären für diesen Zweck aber besser geeignet, weil diese auch aus der Umgebungsluft Energie gewinnen können.
5. Durch zu hohe Temperaturen vom Sonnenkreis können Schäden am Erdspeicher entstehen (Kunststoffrohre). Die Temperaturen zum Erdspeicher sollten so oder so maximal 20°C betragen. Das erfordert eine aktive Regelung des Ladekreises.
6. Der verglaste (isolierte) Kollektor kann eigentlich nur die solare Einstrahlung in Wärme umsetzen, Wärme aus der Umgebung kann er nur schlecht und mit Nachteilen aufnehmen. Wenn die Wärmepumpe, resp. das Erdregister, aus dem verglasten Sonnenkollektor Wärme bezieht, wird sofort mehr Energie entzogen als die Einstrahlung auf das Kollektorfeld beträgt. Das be- deutet, dass die Kollektortemperatur unter die Umgebungstemperatur sinkt. Es bildet sich Kondenswasser bis sogar Eis am Absorber. Damit am Kollektor und am Dach keine Schäden auftreten, muss die Kollektor-Rücklauftemperatur bezogen auf die Umgebung aktiv geregelt werden (die Problematik gilt analog auch für unverglaste oder Unterdach-Kollektoren).
7. Häufig weisen solche Projekte zuwenig belastbare Wärmequellen für die Wärmepumpe auf. Die grösste Energiemenge wird während einstrahlungsarmer Perioden benötigt, d.h. das Vorhandensein einer solaren Unterstützung garantiert keine Erhöhung der Quellskapazität.
8. Bei der Installation ist sehr wichtig, dass die Ventile im Sonnenkreislauf gegen den Speicher hin absolut dicht schliessen (ist alles andere als selbstverständlich) und die Wärmetauscheranschlüsse syphoniert werden. Wenn durch Fehlfunktionen Wärme aus dem Speicher ungewollt auf die Wärmepumpenkaltseite fliesst, wird die Wärmepumpe im Effekt zur Elektroheizung.

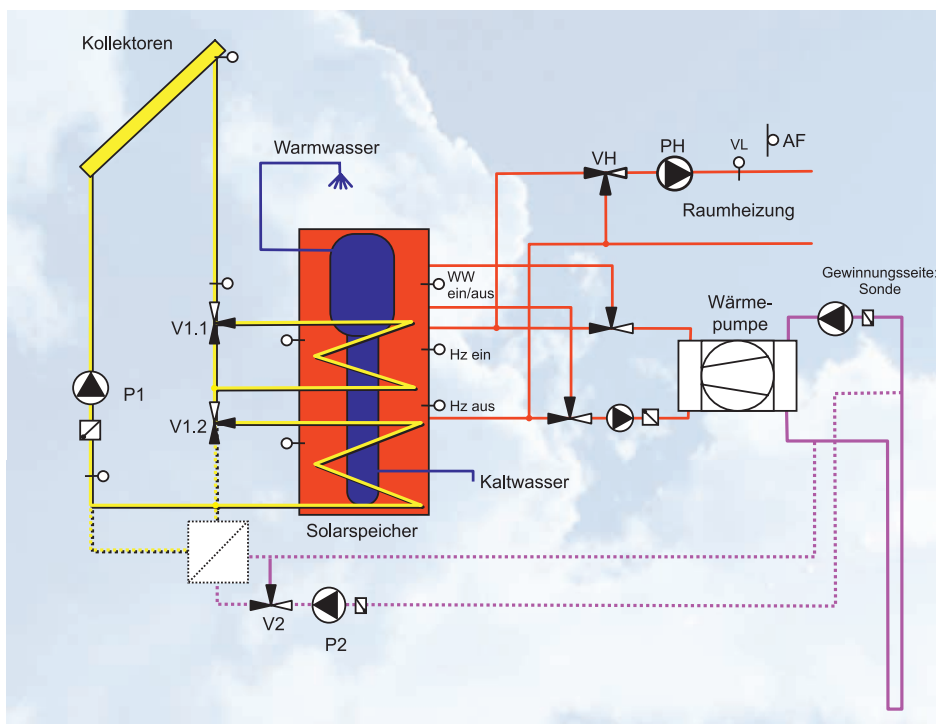
Jedes Teil, welches an einer Heizungsanlage nicht vorhanden ist und nicht benötigt wird, kann nie defekt gehen und damit auch nicht zu energieverwuchernden Fehlfunktionen führen.

Josef Jenni

5. Beurteilung einer Anlage ohne und mit Nachladung der Erdsonde

Was es in der Praxis bedeutet, wenn die solare Wärme einerseits immer direkt verwendet wird oder andererseits in den Monaten November bis Februar via Wärmepumpe «veredelt» wird, möchten wir anhand eines Anlagenbeispiels mit folgender Abschätzung darstellen:

- Einfamilienhaus Q_H 5 kW bei -8°C
- Warmwasser 160l à 60°C/Tag
- 30 m² Sonnenkollektoren HFK, 45° geneigt, Richtung Süd
- Standort Stuttgart
- Speicher 5000l
- Wärmepumpe mit Erdsonde (Erdtemperatur ca. 10°C)



Monatserträge in kWh je m² Kollektorfläche bei unterschiedlichen Arbeitstemperaturen

Koll. Temp.	Jan kWh/m ²	Feb kWh/m ²	Mrz kWh/m ²	Apr kWh/m ²	Mai kWh/m ²	Jun kWh/m ²	Jul kWh/m ²	Aug kWh/m ²	Sep kWh/m ²	Okt kWh/m ²	Nov kWh/m ²	Dez kWh/m ²	Jahr kWh/m ²
10°C	31	49	67	86	103	101	113	114	86	57	35	24	866
20°C	26	43	58	75	90	88	99	102	76	48	28	20	752
30°C	22	38	50	66	78	75	87	90	67	41	24	17	652
40°C	18	33	43	57	67	65	76	79	58	35	19	14	564
50°C	15	28	36	50	58	55	66	69	50	29	16	11	483
60°C	12	24	30	43	49	46	57	61	43	24	12	8	409
80°C	6	16	20	31	33	31	41	44	30	16	7	4	280

Quelle: SPF

Monatsbilanzen für den Wärmebedarf und Solarertrag bei Direktnutzung (ohne Sondenladung):

Objekt:

Speicher **swiss solartank**® l
 max. E-Inhalt Speicher kWh
 Koll Fläche m²
 Neigung °
 Wärmebedarf Q_H kW bei LTS Kolleortyp
 Vollbetriebsstunden h ° Südabweichung (+W/-O)
 Warmwasserbedarf l/Tag, 60°C ΔT = 50K °C

Manko: kWh
Überschuss: kWh

Solarer Deckungsgrad %
Kollektorertrag kWh/m²

	Tage	Koll Temp. °C	Kollektor kWh/m ²	Kollfläche kWh	Wärmebedarf kWh	WW kWh	Total kWh	Fehlbetrag kWh	SP Saldo kWh	Ende Monat Tsp °C
Januar	31	30	22.0	660	1740	288	2028	1368	0	30.0
Februar	28	35	35.5	1065	1503	261	1763	698	0	30.0
März	31	40	43.0	1290	1303	288	1591	301	0	30.0
April	30	55	46.5	1395	911	279	1191	-204	204	65.2
Mai	31	80	33.0	990	346	288	634	-356	349	90.0
Juni	30	100	18.6	558	100	279	379	-179	349	90.0
Juli	31	100	27.5	824	14	288	303	-521	349	90.0
August	31	100	29.0	871	23	288	311	-560	349	90.0
September	30	90	24.2	725	240	279	519	-205	349	90.0
Oktober	31	50	29.0	870	820	288	1108	238	110	49.0
November	30	40	19.0	570	1349	279	1628	1058	0	30.0
Dezember	31	30	17.0	510	1640	288	1928	1418	0	30.0
Total				10328	9989	3396	13385	4734		

Eine detaillierte Beschreibung zur Berechnung von Sonnenenergieanlagen mit hohem solarem Deckungsgrad finden Sie auf www.jenni.ch/hdg.htm oder in unserem Buch «Das Sonnenhaus» Seiten 46 und 78.

Auswertung:

Im Direktbetrieb der Solaranlage fehlt eine Wärmemenge von 4734 kWh/Jahr.

Da die Solaranlage von März bis Oktober praktisch eine Volldeckung erbringt, betrachten wir im Weiteren nur die sonnenarmen Monate November bis Februar.

Nimmt man jetzt an, dass in den Monaten November bis Februar die Kollektoren die Wärmepumpen-Kaltseite beliefern, steigt in dieser Zeit der Kollektorertrag (bedingt durch die tiefere Arbeitstemperatur) von 2805 kWh auf 4170 kWh:

	Kollektor heizt Speicher		Kollektor stützt Sonde	
Monat	Arbeitstemperatur	Kollektorertrag	Arbeitstemperatur	Kollektorertrag
November	40°C	19 kWh/m ²	10°C	35 kWh/m ²
Dezember	30°C	17 kWh/m ²	10°C	24 kWh/m ²
Januar	30°C	22 kWh/m ²	10°C	31 kWh/m ²
Februar	35°C	35.5 kWh/m ²	10°C	49 kWh/m ²
Ertrag				
pro m ²	93.5 kWh		139 kWh	
total 30 m ²	2805 kWh		4170 kWh	

In der Annahme, dass durch die solare Unterstützung der Sonde deren Arbeitstemperatur deutlich höher liegt, erhalten wir folgende Arbeitszahlen:

Anlage	Sonde °C	Heizung °C	Verdampfung °C	Kondensation °C	Arbeitszahl
1 solar direkt	5 / 0	35 / 40	- 5	42	3.35
2 solar via Sonde	8.5 / 3.5	35 / 40	- 1.5	42	3.62

Der Ausfall der direkt solar an den Speicher gelieferten 2805 kWh hat zur Folge, dass der Zusatzwärmebedarf übers Jahr von 4734 kWh um 2805 kWh auf 7539 kWh steigt. Mit der Wärmepumpe müssen jetzt also anstelle von 4734 kWh 7539 kWh erbracht werden. Dies wirkt sich in einer bedeutend längeren Laufzeit der Wärmepumpe aus:

Anlage	Lieferung Wärmepumpe kWh	aus Sonde kWh	in Sonde kWh	Laufzeit Wärmepumpe ca. h	Strom Wärmepumpe kWh	Strom Umwälzpumpen kWh	Strom total kWh
1 solar direkt	4734	3321	–	1000	1413	200	1613
2 solar via Sonde	7539	5446	4170	1500	2078	300	2378

Fazit:

Wenn von November bis Ende Februar die Sonnenkollektoren ihre Wärme (Niveau 10°C) an die Wärmepumpe abgeben, wird der Nachheizbedarf für die Wärmepumpe um ca. 50% erhöht. Die Wärmepumpe läuft rund 50% länger, die Leistungsziffer steigt maximal um 10%.

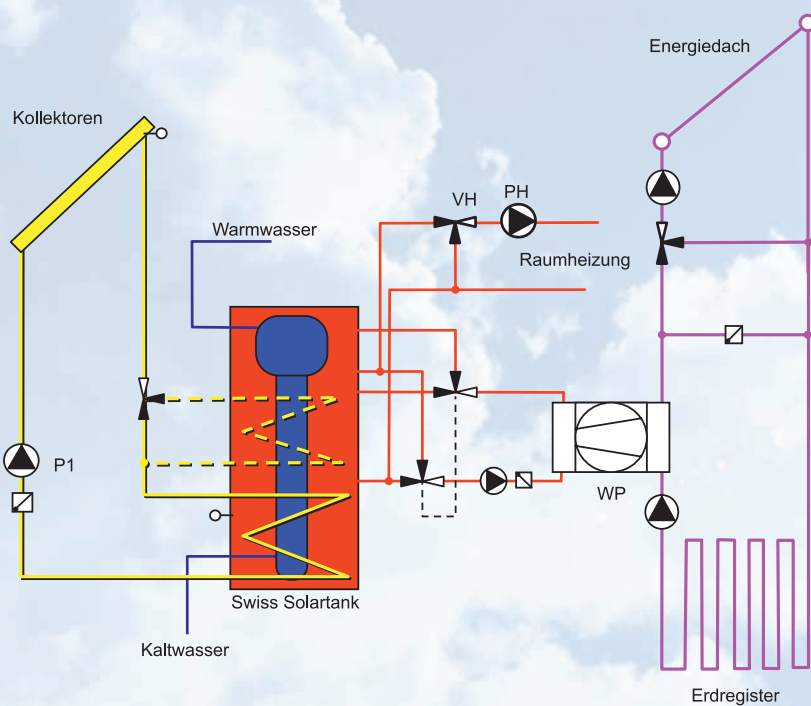
Die Wärmepumpe mit Umwälzpumpen braucht ca. 50% mehr Strom.

Je früher der Kollektor im Herbst auf Sondenladung umgestellt wird, desto katastrophaler die Verhältnisse. Der Besitzer wird aber im Glauben gelassen, er hätte eine gute Anlage mit allen Raffinessen.

6. Nachladung der Wärmepumpe-Kaltseite mit Dach- oder Luftregistern

Eine früher oft realisierte Variante ist die Wärmegewinnung/Unterstützung mittels Energiedach (Wärmepumpe

als alleinige Heizung oder ergänzt mit einer Standard-Kollektoranlage).



Das luftumspülte Energiedach (Kunststoffrohre, Kupferrohre) lässt sich gegenüber der Umgebungsluft in einem gewissen Grad unterkühlen und nimmt Wärme aus der Umgebung auf. Ertragsmässig entspricht dieses Konzept einer etwas optimierten Luft-Wasser-Wärmepumpe, da tagsüber das Erdregister regeneriert werden kann und somit die Quelltemperatur in der Nacht höher sein kann als die Umgebungstemperatur.

Ein Unterdachregister profitiert von einer gewissen Kollektorwirkung der Ziegeleindeckung (Wärmestau). Für das Beladen des Erdreichs ist das weniger effizient, da im Unterdachbereich ohne sehr gute Kopplung an die Ziegel nicht so gute Wärmeflusswerte erreicht werden wie an der Aussenluft. Wird der Unterdachkollektor zu stark abgekühlt, bildet sich Schwitzwasser, was zu Bauschäden führen kann.

7. Ungeschickte Varianten der solaren Stützung von Wärmequellen

Da es wie erwähnt von der Grundidee aus viele Varianten gibt, seien hier ein paar schlechte Ideen erwähnt:

- **Laden einer einzelnen Erdsonde in der Annahme, Energie für den Winter einzulagern:**
Ein Aufspeichern von Wärme rund um eine Einzelsonde ist illusorisch. Die von einer Einzelsonde an das Erdreich abgegebene Energie bleibt zu wenig gut erhalten. Sobald die Ladung aufhört, kühlt sich die Sonde sehr rasch wieder auf die ursprüngliche Temperatur ab.
- Anders sieht es aus, wenn ganze Überbauungen oder Grossverbraucher mittels Wärmepumpe und ganzen Sondenfeldern beheizt werden. Hier kann das Erdsondenfeld mit der Zeit (z.B. ab 1 bis 2 Jahren) immer mehr ausgehungert werden. In diesem Fall ist eine angemessene Nachladung der Sonden sinnvoll und notwendig. Im Einfamilienhausbereich kann man diese Variante aber getrost vergessen, da die Verhältnisse ums Einfamilienhaus zu kleinräumig sind.
- Das Verwenden der **untersten Speicherzone als Wärmequelle für die Wärmepumpe**, um den oberen Speicherteil aufzuladen wird im Zeichen eines optimierten

Kollektor- und Wärmepumpenwirkungsgrades propagiert. Der leicht vergrösserte Kollektorertrag reicht in der Praxis nie aus, um ein Wintermanko wirklich zu decken und den Strombedarf zu senken. Aus physikalischen Gründen (Schwitzwasserbildung) darf der Speicher sowieso nicht unter die Raumtemperatur ausgekühlt werden. Vergessen Sie's!

- **Aktive Wärmerückgewinnung aus Abwasser** bis in die Nähe des Gefrierpunktes bedeutet eine sehr tiefe Verdampfungstemperatur in der Wärmepumpe und damit eine schlechte Leistungsziffer. Die Verdampfungstemperatur ist das Mass. Woher die Wärme kommt und ob man sie Wärmerückgewinnung nennt (was gut tönt) spielt für die Wärmepumpe keine Rolle. In den meisten Fällen schneidet sogar eine simple Luftwärmepumpe, die mit viel weniger Aufwand installiert werden kann, besser ab.

Wenn grosse Mengen des Abwassers stark ausgekühlt werden und zu kalt in die Abwasserreinigungsanlage gelangen, ist dies nicht förderlich für deren Betrieb. Als Anwendung ausserhalb der Prozesse in der Abwas-

serreinigungsanlage selber (z.B. Abkühlen des Abwassers eines Mehrfamilienhauses) sind einerseits die Abwasser- (und damit Energie-)mengen zu gering und andererseits Probleme in den Leitungen (Ablagerungen, Verstopfungen) nicht auszuschliessen.

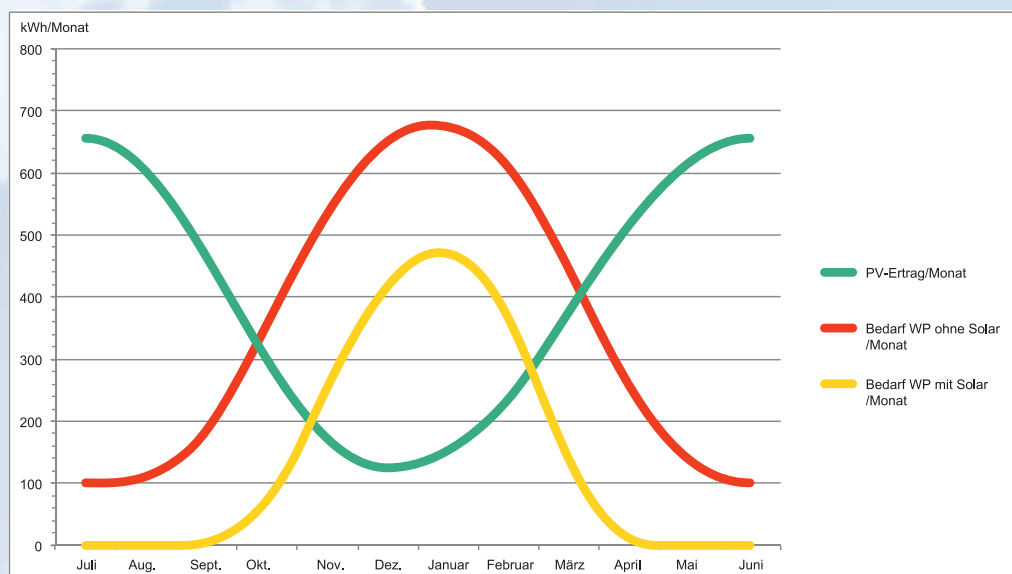
- Abenteuerliche **interne Wärmequellen** sind meist viel zu begrenzt, werden total überschätzt, haben viele Nebenprobleme und können aus der Wärmepumpe eine Elektroheizung machen.

8. Photovoltaik und Wärmepumpe

Solarstrom und Wärmepumpe sind zwei technisch völlig unabhängige Systeme. Die Wärmepumpe läuft mit «jedem» Strom gleich gut. Ob der Strom vom eigenen Dach,

einer externen Photovoltaikanlage oder einem Kohlekraftwerk kommt spielt für die Wärmepumpe keine Rolle.

Energieangebot und Bedarf von Photovoltaik und Wärmepumpe in kWh je Monat, (Wärmepumpe mit und ohne Unterstützung durch thermische Sonnenkollektoren)



Solarzellen erzeugen den Strom vor allem im Sommer. Der Strom wird dann anderweitig genutzt, z.B. in heissen Zeiten, wenn viele Klimaanlage laufen und als Folge von Wassermangel die konventionelle Stromerzeugung zurückgeht.

Die Aussage «Photovoltaik und Wärmepumpe: die ideale Kombination» ist in erster Linie eine PR-Aussage eines geschäftstüchtigen Verkäufers aber ohne viel Substanz. Es geht darum den Kunden zu beruhigen, damit er trotz schlechtem Gewissen eine Wärmepumpe kauft. Ein wesentlich besserer Zusammenhang besteht, wenn grössere Wärmeverbraucher mit Wärmekraftkopplungsanlagen heizen und dann im Winter am meisten Strom erzeugen wenn geheizt wird, also genau dann, wenn auch die Wärmepumpen am meisten Strom benötigen.

Auf Wohnbauten sind Solarwärmanlagen i.d.R. energetisch klar die sinnvollere Wahl als Solarstromanlagen, weil einerseits bei geringeren Investitionskosten mehr direkt nutzbare Energie produziert werden kann. Andererseits ist man weniger auf problematisch erzeugten Winterstrom angewiesen, um die Wärmepumpe zu betreiben (Winterstrom wird in Europa zu einem bedeutenden Teil mit Atom-, Kohle- und Gaskraft produziert). Stattdessen kann

man mit einer Solarwärmanlage die Energie im eigenen Speicher lagern und ist damit unabhängiger und wesentlich umweltfreundlicher.

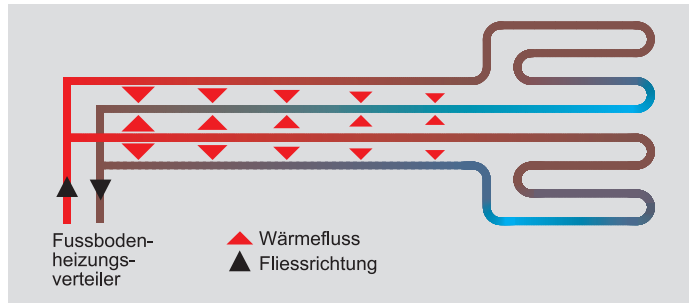
Prädestiniert für die Installation von Solarstromanlagen sind Flächen, in deren Nähe keine Solarwärmenutzung möglich ist, respektive Flächen, bei denen noch ein angemessener Platz für Solarwärmenutzung übrig bleibt, z.B. Industriedächer, Dächer von Bauernhäusern oder anderen Nutzbauten.

Ein Einfamilienhausbesitzer, der eine Photovoltaikanlage, z.B. als Kapitalanlage, installieren will, sollte sich besser an einer grösseren Gemeinschaftsanlage, die an einem optimalen Standort steht, beteiligen. Damit erzielt er einen höheren Energieertrag (und bessere Rendite). Optimale Standorte sind beispielsweise höher gelegene ländliche Regionen, mit wenig durch Smog reduzierter Strahlung, weniger Nebel und höherer Leistung durch tiefere Ausstemperaturen. Die erzielbaren Mehrerträge gegenüber einer PV-Anlage in der Stadt sind beträchtlich.

Weitere Informationen: www.jenni.ch/pdf/Medienmitteilung_PV-Solar-Thermie.pdf

9. Allgemeine Installationshinweise

Für Sonnenheizungen und Wärmepumpen, aber auch für andere zukunftsfähige Heizsysteme wie Abwärmerückgewinnung oder Fernwärmeanlagen, bieten Niedertemperaturheizungen enorme Vorteile. Sehr wichtig ist das konsequente Sorgetragen zu tiefen Rücklauftemperaturen, indem Bypässe oder andere Rücklaufhochhaltungen vermieden werden.



Damit eine Fussboden- oder Wandheizung eine möglichst tiefe Arbeitstemperatur erreicht, muss diese komforta-

bel ausgelegt werden. Genauso wichtig ist aber auch, dass die Wärme von den Heizungsrohren wirklich in den Wohnraum und nicht von der Vorlaufleitung zur Rücklaufleitung fließt. Gerade bei Niedrigenergiehäusern kann diese «negative Wärmerückgewinnung» bedeutender werden als die effektive Wärmeabgabe und damit zu einer beachtlichen Anhebung sowohl der Vorlauf- als auch der Rücklauf-temperaturen führen. Zur Vermeidung dieser Problematik empfiehlt sich daher, die Vorlauf- und Rücklaufleitungen möglichst auseinander zu halten und nicht über längere Strecken parallel zu führen. Wenn dies nicht möglich ist, kann die Vorlaufleitung isoliert werden.

Die Nutzung der Wärmequelle erfolgt häufig unterhalb der Umgebungstemperatur, was zu Schwitzwasser an den entsprechenden Installationen führt. Die Installation der Gewinnungsseite muss schwitzwasserbeständig (z. B. Kunststoffleitungen) und entsprechend gedämmt ausgeführt werden.

10. Schlussbemerkungen

Beim Bau und der Planung von Wärmepumpenanlagen – speziell im Zusammenhang mit einer Sonnenenergieanlage – ist eine ganzheitliche Betrachtung nötig. Hat die Wärmepumpe eine genügend belastbare Wärmequelle? Mit welchen Arbeitstemperaturen läuft sie? Füttert sich die Wärmepumpe nicht selber? etc.

Lassen Sie sich durch die alleinige Steigerung der Leistungsziffer oder den höheren Ertrag der Kollektoren nicht blenden und lassen Sie die grundsätzlich längere Laufzeit der Wärmepumpe nicht ausser acht.

Wir hoffen, mit diesem Beitrag zu effizienteren Wärmepumpen- und Sonnenenergieanlagen, die weniger nicht erneuerbare Energie (Strom) benötigen, beizutragen.

Die Broschüre entspricht unserem derzeitigen Wissensstand, Änderungen sind vorbehalten und ein Ableiten eines Rechtsanspruchs ist ausgeschlossen.

Josef Jenni

Jenni Energietechnik AG, Oberburg



Bestellen Sie unser Fachbuch «**Das Sonnenhaus**»: www.jenni.ch / info@jenni.ch / Tel. 034 420 30 00

Erneuerbare Energien:
Sonne, Holz, WRG, Nah-/Fernwärme...



Jenni Energietechnik AG

Lochbachstrasse 22 / Postfach
CH-3414 Oberburg bei Burgdorf

T ++41 (0)34 420 30 00 / F ++41 (0)34 420 30 01
info@jenni.ch / www.jenni.ch